

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΜΑΡΙΝΑΡΙΣΜΑΤΟΣ ΜΕ CaCl_2
ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΧΟΙΡΙΝΟΥ ΚΡΕΑΤΟΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΤΩΝ
ΚΟΝΤΙΖΑ ΕΥΘΑΛΙΑ
ΚΟΥΚΟΥΦΙΚΗ ΓΕΩΡΓΙΑ

Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων
Σχολή Περιβάλλοντος
ΙΟΝΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ



Αργοστόλι Κεφαλληνίας
Οκτώβριος 2024

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΜΑΡΙΝΑΡΙΣΜΑΤΟΣ ΜΕ CaCl_2
ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΧΟΙΡΙΝΟΥ ΚΡΕΑΤΟΣ

Η πτυχιακή εργασία εγκρίθηκε από:

Το όνομα του επιβλέποντος εδώ

Το όνομα του μέλους της επιτροπής εδώ

Το όνομα του μέλους της επιτροπής εδώ

«Δηλώνω υπεύθυνα ότι η διπλωματική εργασία είναι εξ' ολοκλήρου δικό μου έργο και κανένα μέρος της δεν είναι αντιγραμμένο από έντυπες ή ηλεκτρονικές πηγές, μετάφραση από ξενόγλωσσες πηγές και αναπαραγωγή από εργασίες άλλων ερευνητών ή φοιτητών. Όπου έχω βασιστεί σε ιδέες ή κείμενα άλλων, έχω προσπαθήσει με όλες μου τις δυνάμεις να τα προσδιορίσω σαφώς μέσα από την καλή χρήση αναφορών ακολουθώντας την ακαδημαϊκή δεοντολογία και την αποφυγή λογοκλοπής».

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διατριβή διερευνά την επίδραση του μαριναρίσματος με χλωριούχο ασβέστιο στις φυσικοχημικές ιδιότητες σε ελληνικό χοιρινό μπούτι. Η μελέτη ξεκινά με την πλαισίωση της σημασίας του χοιρινού κρέατος στη διατροφή και την αναγκαιότητα καινοτόμων μεθόδων επεξεργασίας. Παρέχει μια ολοκληρωμένη επισκόπηση των ιδιοτήτων του κρέατος, ιδίως του χοιρινού, και των διαφόρων τεχνικών μαριναρίσματος, εστιάζοντας στους μηχανισμούς και τα οφέλη του χλωριούχου ασβεστίου. Η μεθοδολογία περιλαμβάνει την προετοιμασία δειγμάτων χοιρινού ποδιού που μαρινάρονται σε τρεις χρόνους (24, 48 και 72 ώρες) με διαφορετικές συγκεντρώσεις χλωριούχου ασβεστίου (0,05M, 0,01M και 0,15M) και την ανάλυση των αλλαγών στο pH, την περιεκτικότητα σε υγρασία, την ικανότητα συγκράτησης νερού, την αύξηση βάρους, την απώλεια βάρους κατά το μαγείρεμα, την απορρόφηση μαρινάδας, την απόδοση μαγειρέματος, την πρόσληψη νερού και την περιεκτικότητα σε τέφρα. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι το χλωριούχο ασβέστιο βελτιώνει σημαντικά αυτά τα ποιοτικά χαρακτηριστικά, καθιστώντας το κρέας πιο τρυφερό, γευστικό και χυμώδες. Αναλύεται ο τρόπος με τον οποίο το χλωριούχο ασβέστιο αλληλεπιδρά με τις πρωτεΐνες του κρέατος για να βελτιώσει την υφή και τη διατήρηση της υγρασίας. Η διατριβή καταλήγει στο συμπέρασμα ότι το μαρινάρισμα με χλωριούχο ασβέστιο είναι μια αποτελεσματική μέθοδος για τη βελτίωση της ποιότητας του χοιρινού κρέατος, υποδεικνύοντας πιθανές εφαρμογές στη βιομηχανία επεξεργασίας κρέατος και παρέχοντας μια βάση για μελλοντική έρευνα για τη βελτιστοποίηση των συνθηκών μαριναρίσματος.

ABSTRACT

This thesis investigates the effect of calcium chloride marination on the physicochemical properties of Greek pork leg. The study begins by framing the importance of pork in the diet and the necessity of innovative processing methods. It provides a comprehensive overview of the properties of meat, particularly pork, and various marination techniques, focusing on the mechanisms and benefits of calcium chloride. The methodology involves preparing pork leg samples marinated at three times (24, 48 and 72 hours) with different concentrations of calcium chloride (0.05M, 0.01M and 0.15M) and analyzing changes in pH, moisture content, water retention capacity, weight gain, weight loss during cooking, marinade absorption, cooking efficiency, water uptake and ash content. The results show that calcium chloride significantly improves these quality characteristics, making the meat more tender, tasty and juicy. The way in which calcium chloride interacts with meat proteins to improve texture and moisture retention is analyzed. The thesis concludes that calcium chloride marinating is an effective method for improving pork quality, indicating potential applications in the meat processing industry and providing a basis for future research to optimize marinating conditions.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Κεφάλαιο	Σελίδα
I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	9
II. ΚΡΕΑΣ	10
2.1. Ορισμοί	10
2.2. Χοιρινό κρέας	10
2.3. Δομικά χαρακτηριστικά χοιρινού κρέατος	11
2.4. Ποιότητα χοιρινού κρέατος	12
2.5. Διατροφική αξία χοιρινού κρέατος	13
2.6. Λειτουργικές ιδιότητες χοιρινού κρέατος	14
2.6.1. pH	15
2.6.2. Τέφρα	15
2.6.3. Ικανότητα Συγκράτησης Νερού	16
2.6.4. Απώλεια οπού – βάρους	16
2.6.5. Ικανότητα διόγκωσης κρέατος	17
2.7. Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά	18
III. ΜΑΡΙΝΑΡΙΣΜΑ	19
3.1. Ορισμός	19
3.2. Είδη μαριναρίσματος	19
3.2.1. Όξινο μαρινάρισμα	19
3.2.2. Ενζυμικό μαρινάρισμα	20
3.2.3. Μαρινάδες με βάση γαλακτοκομικά προϊόντα	20
3.2.4. Μαρινάρισμα με άλατα	20
3.3. Εφαρμογές και μέθοδοι	22
3.3.1. Μαρινάρισμα μέσω εμβάπτισης	22
3.3.2. Μαρινάρισμα μέσω έγχυσης	23
3.3.3. Μαρινάρισμα μέσω ανατροπής	23
3.4. Ασφάλεια τροφίμων	23
3.5. Μαρινάρισμα χοιρινού κρέατος - Μαρινάρισμα με CaCl_2	24

3.6. Σκοπός της έρευνας	25
IV. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	26
4.1. Υλικά και αντιδραστήρια	26
4.2. Προετοιμασία δειγμάτων	27
4.3. Αύξηση βάρους (%) μετά το μαρινάρισμα	27
4.4. Περιεκτικότητα σε υγρασία (%) σε μαγειρεμένα και νωπά δείγματα	27
4.5. Ενεργός οξύτητα (pH)	28
4.6. Ολική οξύτητα	28
4.7. Απώλεια βάρους κατά το μαγείρεμα (%)	28
4.8. Απορρόφιση μαρινάδας (%)	29
4.9. Απόδοση μαγειρέματος (%)	29
4.10. Πρόσληψη νερού (%)	29
4.11. Τέφρα (%)	29
V. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ	31
5.1. pH	33
5.2. Ολική οξύτητα	34
5.3. Υγρασία	35
5.4. Αύξηση βάρους	36
5.5. Απώλεια βάρους κατά το μαγείρεμα - Απόδοση	36
5.6. Πρόσληψη νερού	38
5.7. Τέφρα	39
VI. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	41
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	42

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας	Σελίδα
Πίνακας 2.1. Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά και σε ποιο βαθμό επηρεάζονται από τους παράγοντες ποιότητας	13
Πίνακας 2.2. Διατροφικά στοιχεία χοιρινού κρέατος ανά 100g	14
Πίνακας 4.1. Σκεύη, μηχανήματα και αντιδραστήρια που χρησιμοποιήθηκαν κατά την πειραματική διαδικασία	26
Πίνακας 5.1. Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων	32

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα	Σελίδα
Διάγραμμα 2.1. Φάσεις θανάτωσης χοίρων	11
Διάγραμμα 2.2. Μέθοδοι μέτρησης Ικανότητας Συγκράτησης Νερού	16
Διάγραμμα 5.1. pH	33
Διάγραμμα 5.2. Ολική οξύτητα	34
Διάγραμμα 5.3. Υγρασία	35
Διάγραμμα 5.4. Αύξηση βάρους	36
Διάγραμμα 5.5. Απώλεια βάρους κατά το μαγείρεμα	37
Διάγραμμα 5.6. Απόδοση μαγειρέματος	38
Διάγραμμα 5.7. Πρόσληψη νερού	39
Διάγραμμα 5.8. Τέφρα	40

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ι

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα διατριβή εξετάζει τη σημασία της χρήσης χλωριούχου ασβεστίου στο μαρινάρισμα και τον αντίκτυπό του στη βελτίωση της ποιότητας του κρέατος, ώστε να ανταποκρίνεται στις εξελισσόμενες απαιτήσεις της βιομηχανίας τροφίμων. Η μελέτη επικεντρώνεται στις επιδράσεις των προαναφερθέντων συνθηκών στο pH, την περιεκτικότητα σε υγρασία, τη διατήρηση της υγρασίας και τη συνολική ποιότητα του χοιρινού κρέατος.

Το χοιρινό κρέας επιλέγεται για την ευελιξία του και την ευρεία κατανάλωσή του, γεγονός που το καθιστά ιδανικό αντικείμενο για έρευνα στην επιστήμη του κρέατος. Το μαρινάρισμα, αποσκοπεί στην ενίσχυση της τρυφερότητας και της γεύσης του κρέατος με την εμβάπτισή του σε διάλυμα με διάφορα πρόσθετα. Το χλωριούχο ασβέστιο, γνωστό για την ικανότητά του να τροποποιεί τις πρωτεϊνικές δομές και να επηρεάζει τη συγκράτηση της υγρασίας, αναδεικνύεται ως ένα πολλά υποσχόμενο πρόσθετο για την απόδοση ξεχωριστών χαρακτηριστικών στο χοιρινό κρέας (Warner, 2023).

Η διατριβή επιδιώκει να διευκρινίσει την επιστημονική βάση της αλληλεπίδρασης μεταξύ χλωριούχου ασβεστίου και χοιρινού κρέατος, με στόχο να παράσχει πληροφορίες τόσο για αλλαγές στις φυσικοχημικές ιδιότητες του κρέατος. Η κατανόηση αυτών των φυσικοχημικών μεταβολών θα μπορούσε να οδηγήσει στην ανάπτυξη καινοτόμων μαγειρικών τεχνικών και να έχει επιπτώσεις στη βιομηχανία επεξεργασίας κρέατος, όπου η διατήρηση της ποιότητας των προϊόντων και της ικανοποίησης των καταναλωτών είναι ζωτικής σημασίας.

Μέσω της εξέτασης των μεταβολών των φυσικοχημικών ιδιοτήτων του χοιρινού, η μελέτη στοχεύει να συμβάλει στην ευρύτερη κατανόηση της επιστήμης του κρέατος. Η έρευνα αναμένεται να ωφελήσει όχι μόνο την επιστημονική κοινότητα, αλλά και τους μάγειρες, τους τεχνολόγους τροφίμων και τους επαγγελματίες της βιομηχανίας κρέατος που επιδιώκουν να βελτιώσουν την ποιότητα του κρέατος μέσω εναλλακτικών δημιουργικών μεθόδων μαριναρίσματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ II

ΚΡΕΑΣ

2.1. Ορισμοί

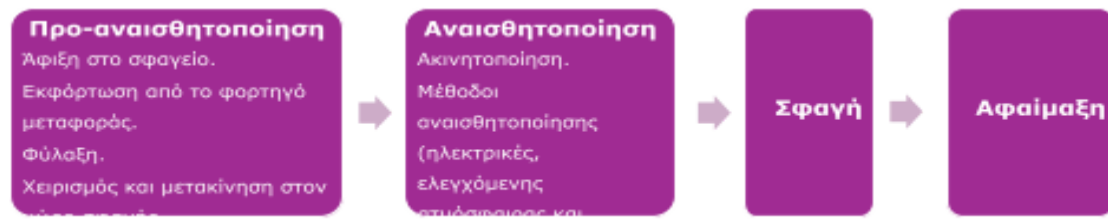
Σύμφωνα με τον κανονισμό (ΕΚ) με αριθ. 853/2004 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 29ης Απριλίου 2004 για τον καθορισμό ειδικών κανόνων υγιεινής για τα τρόφιμα ζωικής προέλευσης, στο Παράρτημα I, ο όρος «κρέας» αναφέρεται στα εδώδιμα μέρη των ζώων, όπως τα κατοικίδια οπληφόρα (τα οικόσιτα βοοειδή, οι χοίροι, τα αιγοπρόβατα και τα οικόσιτα μόνοπλα), τα πουλερικά, τα λαγόμορφα (κουνέλια, λαγοί και τρωκτικά), τα άγρια θηράματα (μικρά και μεγάλα) και τα εκτρεφόμενα θηράματα. Η ονομασία νωπό κρέας αποδίδεται στο *«κρέας το οποίο δεν έχει υποστεί καμία άλλη επεξεργασία συντήρησης εκτός από την ψύξη, την κατάψυξη ή την ταχεία κατάψυξη, συμπεριλαμβανομένου του κρέατος που είναι συσκευασμένο σε κενό αέρος ή σε ελεγχόμενη ατμόσφαιρα»*. Στο κείμενο στη συνέχεια, θα αποδίδεται ως «νωπό δείγμα» ή «νωπό».

2.2. Χοιρινό κρέας

Η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) είναι ένας από τους μεγαλύτερους καταναλωτές χοιρινού κρέατος παγκοσμίως, με σημαντικό μέρος του πληθυσμού της να καταναλώνει τακτικά προϊόντα χοιρινού κρέατος. Η ΕΕ είναι επίσης σημαντικός παραγωγός χοιρινού κρέατος, με χώρες όπως η Γερμανία, η Ισπανία, η Γαλλία, η Δανία και η Ολλανδία να συμβάλλουν σημαντικά στην παραγωγή. Κατά μέσο όρο, οι πολίτες της ΕΕ καταναλώνουν σημαντική ποσότητα χοιρινού κρέατος κατά κεφαλήν ετησίως. Αυτό διαφέρει από χώρα σε χώρα, με ορισμένες χώρες να έχουν υψηλότερα ποσοστά κατανάλωσης χοιρινού κρέατος από άλλες. Τα καταναλωτικά πρότυπα μπορεί να μεταβληθούν με την πάροδο του χρόνου λόγω παραγόντων όπως οι ανησυχίες για την υγεία, οι διατροφικές προτιμήσεις, οι πολιτιστικές επιρροές και οι οικονομικές συνθήκες. Για παράδειγμα, μπορεί να υπάρχει αυξανόμενο ενδιαφέρον για βιολογικό χοιρινό κρέας ή χοιρινό κρέας ελευθέρως βοσκής ή μείωση της κατανάλωσης λόγω ανησυχιών για την υγεία, όπως η περιεκτικότητα σε κορεσμένα λιπαρά (Guyomard et al., 2021).

Το χοιρινό κρέας με σκοπό να φτάσει στην τελική του μορφή, δηλαδή αυτή που ο καταναλωτής βρίσκει στην αγορά ως νωπό χοιρινό κρέας, πρέπει να περάσει από διάφορες διαδικασίες με πρωταρχική αυτή της θανάτωσης του ζώου. Σύμφωνα με

τον EFSA (2020), η θανάτωση των χοίρων, με σκοπό την αξιολόγηση της καλής μεταχείρισης των διαδικασιών σφαγής, έχει κατηγοριοποιηθεί στις παρακάτω τέσσερις φάσεις, όπως παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 2.1:



Διάγραμμα 2.1. Φάσεις θανάτωσης χοίρων (EFSA Panel on Animal Health and Welfare, 2020).

Στη συνέχεια τα σφάγια των χοίρων τεμαχίζονται σε ημιμόρια, ενώ η κοπή τους σε τεταρτημόρια δεν επιτρέπεται. Από τον τεμαχισμό εξαιρούνται τα χοιρίδια γάλακτος. Ακολουθώντας χωρίζονται σε χονδρά – εμπορικά κομμάτια και με τη μορφή αυτή διακινούνται στην αγορά (κρεοπωλεία). Οι διαφορετικές κοπές του χοιρινού κρέατος είναι τα μάγουλα, ο λαιμός, η σπαλομπριζόλα, η σπάλα, η μπριζόλα, το καρέ, το ψαρονέφρι, η πανσέτα, το μπούτι και το κότσι (Γεωργάκης και συν., 2002).

2.3. Δομικά χαρακτηριστικά χοιρινού κρέατος

Η μυϊκή μάζα των ζώων που προορίζονται για κατανάλωση από τον άνθρωπο κυμαίνεται συνήθως από 35% έως 60% του συνολικού σωματικού τους βάρους, με τους σκελετικούς μύες κατά μήκος της σπονδυλικής στήλης να εκτελούν εκούσιες κινήσεις και να συμβάλλουν στην κινητικότητα και τη στάση του σώματος. Αυτοί οι μύες παρουσιάζουν ποικίλα σχήματα, μεγέθη, θέσεις και λειτουργίες, αποτελούμενοι από μυϊκές ίνες που διαπλέκονται με συνδετικούς, λιπώδεις, αγγειακούς και νευρικούς ιστούς. Η ποιότητα του κρέατος επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από παράγοντες όπως οι μυϊκές ίνες, ο ενδομυϊκός συνδετικός ιστός και το ενδομυϊκό λίπος. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τη βιομηχανία κρέατος παρουσιάζει ο σκελετικός μυς, λόγω της σύνδεσής του με τον σκελετό, αν και οι καρδιακοί και οι λείοι μύες είναι επίσης σημαντικοί στα ζώα. Εντός των σκελετικών μυϊκών ινών, το σαρκοπλασματικό δίκτυο περιβάλλει τα μυοϊνίδια που στεγάζουν παχιά (μυοσίνη) και λεπτά (ακτίνη, τροπονίνη, τροπομυοσίνη) νημάτια, με πρωτεΐνες όπως η ακτίνη, η μυοσίνη και η τροπονίνη να συμβάλλουν στη σύνθεσή τους. Ο συνδετικός ιστός, συμπεριλαμβανομένου του κολλαγόνου, της ελαστίνης και της ρετικουλίνης, παρέχει κρίσιμη δομική υποστήριξη και οργάνωση στους μύες. Ο

λιπώδης ιστός, κυρίως το λευκό λίπος του κρέατος που διασκορπίζεται μεταξύ των μυών, έρχεται σε αντίθεση με το καφέ λίπος, που είναι πιο διαδεδομένο στο κρέας των νεογέννητων ζώων (Listrat et al., 2016; Aberle et al., 2020).

Οι μυϊκές ίνες του χοιρινού κρέατος είναι συνήθως μέτριας αδρότητας, γεγονός που καθιστά το χοιρινό κρέας πιο τρυφερό σε σύγκριση με το μοσχαρίσιο αλλά λιγότερο τρυφερό από τα πουλερικά. Γενικά έχει περισσότερο ενδομυϊκό λίπος και μαρμάρωση από το κοτόπουλο, και λιγότερο από το μοσχάρι. Το χοιρινό κρέας περιέχει επίσης λιγότερο συνδετικό ιστό από το μοσχάρι, ενισχύοντας την τρυφερότητά του, αν και ορισμένα τεμάχια, όπως η ωμοπλάτη ή το χοιρομέρι, έχουν περισσότερο συνδετικό ιστό και επωφελούνται από μεθόδους αργού μαγειρέματος. Επιπλέον, η περιεκτικότητα του χοιρινού κρέατος σε μυοσφαιρίνη είναι χαμηλότερη από εκείνη του βοδινού, δίνοντάς του ένα πιο ανοιχτό ροζ χρώμα, αλλά υψηλότερη από εκείνη των πουλερικών, με αποτέλεσμα να έχει πιο σκούρα απόχρωση από το κοτόπουλο ή τη γαλοπούλα (Kušec et al., 2022).

Το μαρινάρισμα μεταβάλλει σημαντικά τη δομή και τη σύνθεση του χοιρινού κρέατος μέσω διαφόρων μηχανισμών. Ενισχύει την τρυφερότητα με τη χρήση όξινων συστατικών και ενζύμων που διασπούν τις σκληρές μυϊκές ίνες και τον συνδετικό ιστό. Ορισμένες μαρινάδες ανακατανέμουν επίσης το ενδομυϊκό λίπος, το οποίο αυξάνει το μαρμάρωμα και βελτιώνει την υφή και τη γεύση του κρέατος. Με τη διάσπαση αυτών των μυϊκών ινών και του συνδετικού ιστού, το μαρινάρισμα μαλακώνει το κρέας, με αποτέλεσμα την αποδοχή του από τους καταναλωτές. (Syed et al., 2023).

2.4. Ποιότητα χοιρινού κρέατος

Η ποιότητα του χοιρινού κρέατος αποτελείται από μια σειρά χαρακτηριστικών που σχετίζονται τόσο με το ίδιο το προϊόν, όσο και με τις συνθήκες που περιβάλλουν τη χοιροτροφία και την παραγωγή χοιρινού κρέατος. Τα χαρακτηριστικά αυτά διαμορφώνονται από διάφορους παράγοντες, όπως η γενετική των χοίρων και οι μέθοδοι παρασκευής του χοιρινού κρέατος. Η συνολική ποιότητα του χοιρινού κρέατος αναπτύσσεται σε ολόκληρη την αλυσίδα εφοδιασμού, όπου υπάρχουν αλληλεπιδράσεις μεταξύ των διαφόρων χαρακτηριστικών ποιότητας. Επιπλέον, η σημασία συγκεκριμένων χαρακτηριστικών ποικίλλει ανάλογα με τους εμπλεκόμενους φορείς, από τους αγρότες έως τους καταναλωτές. Διάφορες μέθοδοι παραγωγής και μεταποίησης, αναγνωρίζονται για τις δυνατότητές τους να βελτιώσουν την ποιότητα του χοιρινού κρέατος, λαμβάνοντας υπόψη τις προτεραιότητες και τους συμβιβασμούς μεταξύ των διαφόρων χαρακτηριστικών και των ενδιαφερομένων μερών (Lebret & Čandek-Potokar, 2022).

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα του νωπού χοιρινού κρέατος είναι το γένος, το φύλο, η ηλικία, το βάρος, η διατροφή, οι συνθήκες εκτροφής, ο χειρισμός πριν από τη σφαγή, η σφαγή, η ψύξη του σφαγίου και οι συνθήκες και διάρκεια αποθήκευσης κρέατος. Πιο συγκεκριμένα, παίζουν ρόλο στην περιεκτικότητα των συστατικών του κρέατος και στο ποσοστό που αυτά καταλαμβάνουν. Παραδείγματος χάριν, τον λόγο κορεσμένων και ακόρεστων λιπαρών οξέων, το ποσοστό νερού που έχει το τελικό προϊόν, την ποσότητα των περιεχόμενων πρωτεϊνών, κ.ά. Επηρεάζουν επίσης και τις λειτουργικές, ρεολογικές και τεχνολογικές ιδιότητες των τελικών προϊόντων, όπως την Ικανότητα Συγκράτησης Νερού (ΙΣΝΕ), την τελική οξύτητα, την υγρασία, κλπ. (Debreceni et al., 2018).

Στον Πίνακα 2.1 αναφέρονται, ενδεικτικά, πως οι παράγοντες επηρεάζουν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του χοιρινού κρέατος. Η ταξινόμηση γίνεται με αριθμούς από το μηδέν (0) έως το τρία (3), με το μηδέν να αντιστοιχεί στην μη επιρροή του χαρακτηριστικού από τον παράγοντα ενώ το τρία στην μέγιστη επιρροή.

Πίνακας 2.1. Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά και ο βαθμός επίδρασης από τους παράγοντες ποιότητας (Lebret & Čandek-Potokar, 2022).

Παράγοντες	Ποιοτικά χαρακτηριστικά			
	Οργανοληπτικά	Διατροφικά	Τεχνολογικά	Αποδοχή από τον καταναλωτή
Γένος	3	2	3	3
Φύλο	3	2	1	3
Ηλικία/Βάρος	1	1	0	3
Διατροφή	2	3	2	3
Συνθήκες εκτροφής	2	2	2	3
Χειρισμός πριν από τη σφαγή	3	0-1	3	2
Σφαγή και ψύξη σφαγίου	3	0	3	2
Συνθήκες και διάρκεια αποθήκευσης κρέατος	3	2	3	3

2.5. Διατροφική αξία χοιρινού κρέατος

Το χοιρινό κρέας είναι πολύτιμη πηγή πρωτεϊνών, πλούσιο σε μέταλλα, βιταμίνες

και διάφορες βιοδραστικές ενώσεις. Η θρεπτική του σύνθεση και ιδίως το προφίλ λιπαρών οξέων, αμινοξέων και ανόργανων συστατικών, επηρεάζει επίσης σημαντικά την αξιολόγηση της ποιότητας του κρέατος. Η διαχείριση αυτών των παραμέτρων είναι ζωτικής σημασίας, καθώς οι μεταβολές σε μία από αυτές μπορεί να έχουν αλυσιδωτές επιπτώσεις σε άλλους αλληλένδετους παράγοντες. Στον Πίνακα 2.2 παρατίθενται αναφορικά η διατροφική σύσταση νωπού χοιρινού κρέατος (Ribeiro et al., 2021).

Πίνακας 2.2. Διατροφικά στοιχεία χοιρινού κρέατος ανά 100g (U.S. Department of Agriculture, 2018).

<i>Κατηγορία</i>	<i>Συστατικά</i>	<i>Περιεκτικότητα</i>
Γενικά	Νερό	57,9 g
	Ενέργεια	242 kcal
	Πρωτεΐνη	27,3 g
	Λίπος	13,9 g
	Τέφρα	1,35 g
	Υδατάνθρακες	0 g
	Σάκχαρα	0 g
Μέταλλα	Ασβέστιο, Ca	19 mg
	Σίδηρος, Fe	0,87 mg
	Μαγνήσιο, Mg	28 mg
	Φώσφορος, P	246 mg
	Κάλιο, K	423 mg
	Νάτριο, Na	62 mg
	Ψευδάργυρος, Zn	2,39 mg
	Σελήνιο, Se	45,3 µg
Βιταμίνες	Βιταμίνη C	0,6 mg
	Βιταμίνη B	60,464 mg
	Βιταμίνη A	7 IU
	Βιταμίνη E	0,29mg
	Βιταμίνη D (D2 + D3)	53 IU
Λιπαρά οξέα	Κορεσμένα	5,23 g
	Μονοακόρεστα	6,19 g
	Πολυακόρεστα	1,2 g

2.6. Λειτουργικές ιδιότητες χοιρινού κρέατος

Τα «λειτουργικά χαρακτηριστικά του κρέατος» αναφέρονται στις ιδιότητες που απορρέουν από τη σύνθεση του μυϊκού ιστού και επηρεάζουν τη συμπεριφορά του

κρέατος κατά την επεξεργασία, την αποθήκευση και την κατανάλωσή του. Τα χαρακτηριστικά αυτά ευθυγραμμίζονται στενά με τα λειτουργικά χαρακτηριστικά των πρωτεϊνών του (Γεωργάκης και συν., 2002). Στις λειτουργικές ιδιότητες συγκαταλέγονται οι παρακάτω.

2.6.1. pH

Το pH του χοιρινού κρέατος, που συνήθως κυμαίνεται από 5,3 έως 5,7, επηρεάζει σημαντικά την ποιότητά του, καθώς επιδρά στο χρώμα, την τρυφερότητα, την ικανότητα συγκράτησης νερού και τη διάρκεια ζωής. Το χοιρινό κρέας με pH περίπου 5,3 τείνει να είναι ανοιχτόχρωμο, μαλακό και εξιδρωματικό (PSE), ενώ το κρέας με pH περίπου 5,7 είναι πιο σκούρο, πιο σφιχτό και πιο ξηρό (DFD). Ιδανικά, το χοιρινό κρέας υψηλής ποιότητας βρίσκεται στη μέση αυτού του εύρους, παρουσιάζοντας ένα λαμπερό, ελκυστικό χρώμα και ικανοποιητική τρυφερότητα. Υψηλότερο pH επιτρέπει στο χοιρινό κρέας να συγκρατεί περισσότερο νερό, ενισχύοντας τον χυμώδες χαρακτήρα και την τρυφερότητα, ενώ πολύ χαμηλό pH μπορεί να οδηγήσει σε ξηρότερο κρέας και αυξημένη ανάπτυξη μικροβίων. Παράγοντες όπως το στρες πριν από τη σφαγή, ο χειρισμός, η επεξεργασία, η γενετική και η διατροφή επηρεάζουν το pH του χοιρινού κρέατος. Η διαχείριση αυτών των παραγόντων εξασφαλίζει τα βέλτιστα επίπεδα pH, συμβάλλοντας στη συνολική ποιότητα και ελκυστικότητα των προϊόντων χοιρινού κρέατος (Jankowiak, Cebulska, & Bocian, 2021). Η επίσημη μέθοδος μέτρησης του pH είναι το pH-μετρο.

2.6.2. Τέφρα

Η περιεκτικότητα του χοιρινού κρέατος σε τέφρα, που συνήθως κυμαίνεται από 1-1,5%, αντιπροσωπεύει το συνολικό περιεχόμενο ανόργανων συστατικών που απομένει μετά την πλήρη καύση του κρέατος. Αυτό το ανόργανο υπόλειμμα περιλαμβάνει βασικά στοιχεία όπως ασβέστιο, φώσφορος, κάλιο, νάτριο, μαγνήσιο, σίδηρος και ψευδάργυρος. Για τον προσδιορισμό της περιεκτικότητας σε τέφρα, το δείγμα χοιρινού κρέατος ξηραίνεται για την απομάκρυνση της υγρασίας. Το αποξηραμένο δείγμα αποτεφρώνεται σε κλίβανο στους 500-600°C για αρκετές ώρες μέχρι να μείνει μόνο στάχτη. Μετά την ψύξη σε ξηραντήρα, το υπόλειμμα τέφρας ζυγίζεται και η περιεκτικότητα σε τέφρα υπολογίζεται ως ποσοστό του αρχικού ξηρού βάρους του δείγματος. Η μέθοδος αυτή παρέχει μια ολοκληρωμένη κατανόηση της σύστασης των ανόργανων συστατικών του χοιρινού κρέατος, η οποία συμβάλλει σε διάφορα οφέλη για την υγεία και είναι ζωτικής σημασίας για τη

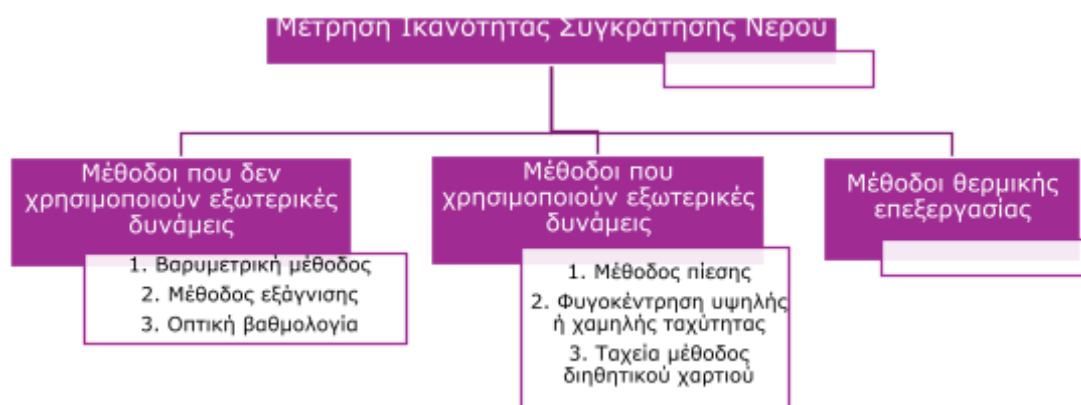
διατροφική ανάλυση, την επισήμανση των τροφίμων και τον ποιοτικό έλεγχο στη βιομηχανία επεξεργασίας κρέατος (Mukherjee, 2019).

2.6.3. Ικανότητα Συγκράτησης Νερού

Η ικανότητα συγκράτησης νερού αναφέρεται στην ικανότητα του κρέατος να συγκρατεί την εγγενή ή την προστιθέμενη υγρασία κατά τη διάρκεια της παρασκευής, της επεξεργασίας και της αποθήκευσης (Warner, 2023). Η ικανότητα συγκράτησης νερού παίζει καθοριστικό ρόλο στον καθορισμό της οικονομικής αξίας και της συνολικής ποιότητας του κρέατος. Επηρεάζει διάφορες πτυχές, όπως τη διακύμανση του βάρους κατά τη μεταφορά και την αποθήκευση, την έκταση της απώλειας οπού κατά την απόψυξη, καθώς και τη μείωση του βάρους και του μεγέθους κατά το μαγείρεμα. Επιπλέον, επηρεάζει σημαντικά τη χυμώδη γεύση, την τρυφερότητα, το χρώμα, την υφή και τη συνοχή του ωμού κρέατος, καθώς και την ποιότητα κατανάλωσης του μαγειρεμένου κρέατος (Barbera, 2019).

Σύμφωνα με την Nour (2022) τα νωπά δείγματα χοιρινού που μελετήθηκαν είχαν 75.89%, ενώ τα μαρινarisμένα με χλωριούχο νάτριο είχαν 77.60% Ικανότητα Συγκράτησης Νερού. Υπάρχουν πολλοί τρόποι μέτρησης της Ικανότητας Συγκράτησης Νερού στα κρέατα με τρεις κύριες κατηγορίες που χωρίζονται σύμφωνα με την αρχή της μεθόδου, ενώ στην συνέχεια μπορούν να χωριστούν σε επιμέρους τμήματα, όπως φαίνεται και στο Διάγραμμα 2.2.

Διάγραμμα 2.2. Μέθοδοι μέτρησης Ικανότητας Συγκράτησης Νερού (Szmańko, Lesiów & Górecka, 2021).



2.6.4. Απώλεια οπού – βάρους

Η απώλεια οπού στο χοιρινό κρέας αναφέρεται στην απώλεια υγρασίας ή υγρών από το κρέας κατά την αποθήκευση ή την επεξεργασία του. Η απώλεια αυτή

συμβαίνει κυρίως λόγω της φυσικής απελευθέρωσης νερού από τις μυϊκές ίνες, η οποία μπορεί να συμβεί ως αποτέλεσμα παραγόντων όπως η γήρανση, η κατάψυξη ή το μαγείρεμα. Η απώλεια όπου αναφέρεται συνήθως ως το βάρος του υγρού που απελευθερώνεται από το κρέας, συχνά εκφρασμένο ως ποσοστό του αρχικού βάρους του κρέατος. Είναι μια σημαντική παράμετρος που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στη βιομηχανία κρέατος, καθώς μπορεί να επηρεάσει την ποιότητα, τη χυμώδη υφή και τα γενικά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του χοιρινού προϊόντος. Η απώλεια όπου στο χοιρινό κρέας αποτελεί σημαντική παράμετρο στη βιομηχανία κρέατος, επηρεάζοντας τόσο τους παραγωγούς όσο και τους καταναλωτές. Εμφανίζεται λόγω διαφόρων παραγόντων, όπως η συστολή των μυών, η μετουσίωση των πρωτεϊνών, η κατάψυξη και απόψυξη, το μαγείρεμα και οι συνθήκες αποθήκευσης. Μετριέται με τη συλλογή των υγρών που απελευθερώνονται από το κρέας και επηρεάζει αρνητικά την υφή, τη γεύση, την απόδοση και την εμφάνιση του τελικού προϊόντος. Για τη μείωση της απώλειας χρησιμοποιούνται τεχνικές διαχείρισης πριν από τη σφαγή για τη μείωση του στρες, κατάλληλες μέθοδοι ψύξης και κατάψυξης, μαγείρεμα σε χαμηλότερες θερμοκρασίες και αποτελεσματική συσκευασία. Σύμφωνα με την Nour (2022) τα νωπά δείγματα χοιρινού που μελετήθηκαν είχαν 5.75%, ενώ τα μαριναρισμένα με χλωριούχο νάτριο είχαν 3.23% (Nour, 2022).

2.6.5. Ικανότητα διόγκωσης κρέατος

Είναι ευρέως γνωστό ότι το κρέας τείνει να αυξάνεται τόσο σε όγκο όσο και σε βάρος κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας. Αυτή η διόγκωση δεν οφείλεται αποκλειστικά σε φυσαλίδες αέρα που εισέρχονται στον μυϊκό ιστό, αλλά κυρίως στην απορρόφηση νερού από εξωτερικές πηγές, όπως το μαρινάρισμα. Η διαστολή του κρέατος αναφέρεται στην αύξηση τόσο του όγκου όσο και του βάρους του μυϊκού ιστού λόγω απορρόφησης νερού. Ο βαθμός διόγκωσης και αύξησης του βάρους του κρέατος είναι σημαντικότερος όταν ο μυϊκός ιστός έχει μεγαλύτερη Ικανότητα Συγκράτησης Νερού. Υπάρχει άμεση συσχέτιση μεταξύ της διόγκωσης του κρέατος και της Ικανότητας Συγκράτησης Νερού, πράγμα που σημαίνει ότι οποιοσδήποτε παράγοντας που επηρεάζει την τελευταία θα επηρεάσει και τη διόγκωση του κρέατος. Η ιδιότητα αυτή επηρεάζει άμεσα την κρεατοβιομηχανία και συγκεκριμένα την παραγωγή αλλαντικών (Γεωργάκης και συν., 2002). Οι Siroli et al. (2020) αναφέρουν ότι τα συστατικά που υπάρχουν στις μαρινάδες, όπως ο χυμός λεμονιού και τα άλατα, συμβάλλουν σημαντικά στην τρυφερότητα του μαριναρισμένου κρέατος. Αυτά διευκολύνουν τη διόγκωση των ινών του κρέατος και ενισχύουν την πρωτεόλυση, τη διάσπαση των πρωτεϊνών.

2.7. Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά χοιρινού κρέατος

Οι οργανοληπτικές ιδιότητες του χοιρινού κρέατος, περιλαμβάνουν τα χαρακτηριστικά που οι καταναλωτές αντιλαμβάνονται μέσω των αισθήσεών τους. Οι ιδιότητες αυτές περιλαμβάνουν τις οπτικές ιδιότητες, όπως το χρώμα και η μαρμάρωση, τις ιδιότητες αφής, όπως η τρυφερότητα και το χυμώδες, και τα γευστικά στοιχεία, όπως το άρωμα και η γεύση. Οι ιδιότητες αυτές προκύπτουν από μια πολύπλευρη αλληλεπίδραση παραγόντων που αφορούν τη βιολογία του ζώου, το περιβάλλον και την ανατροφή του, το χειρισμό και την επεξεργασία πριν και μετά τη σφαγή, την ψύξη και την παλαίωση του κρέατος, καθώς και τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται για την προετοιμασία και το μαγείρεμα του κρέατος (Lebret & Čandek-Potokar, 2022).

Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του χοιρινού κρέατος, όπως το pH, η ικανότητα συγκράτησης νερού, το χρώμα, η μαρμάρωση και η τρυφερότητα, επηρεάζουν σημαντικά την προτίμηση των καταναλωτών. Όπως αναφέρθηκε και στην υποενότητα 2.6.1. το χοιρινό κρέας με υψηλότερο pH τείνει να είναι πιο σκούρο, πιο ζουμερό και πιο τρυφερό, ενώ το χοιρινό κρέας με χαμηλότερο pH είναι πιο ανοιχτόχρωμο, πιο ξηρό και πιο σκληρό. Η θερμοκρασία μαγειρέματος επηρεάζει επίσης την τρυφερότητα και το χυμώδες, με τις χαμηλότερες εσωτερικές θερμοκρασίες να οδηγούν σε μεγαλύτερη προτίμηση. Επιπλέον, οι πρακτικές παραγωγής χοιρινού κρέατος, συμπεριλαμβανομένης της διατροφής, επηρεάζουν τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και την αντίληψη των καταναλωτών (Miller, 2020).

Η οργανοληπτική αξιολόγηση σε δείγματα νωπού και μαριναρισμένου χοιρινού κρέατος δείχνουν ότι το μαριναρισμένο χοιρινό κρέας, έλαβε σταθερά υψηλότερες βαθμολογίες σε σύγκριση με το μη μαριναρισμένο κρέας, εκτός από την περίπτωση της έντασης της γεύσης του κρέατος. Οι συμμετέχοντες στην επιτροπή θεώρησαν ότι τα μαριναρισμένα δείγματα είχαν πιο έντονο άρωμα και γεύση, γεγονός που συνέβαλε στη θετική αποδοχή τους. Καθ' όλη τη διάρκεια της περιόδου αποθήκευσης, τα μαριναρισμένα τεμάχια κρέατος παρουσίασαν σταθερά υψηλότερες βαθμολογίες για την τρυφερότητα, το χρώμα, το άρωμα και τη γεύση, με αποτέλεσμα τη συνολική βελτίωση της αποδοχής σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου (Siroli et al., 2020).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ III

ΜΑΡΙΝΑΡΙΣΜΑ

3.1. Ορισμός

Το μαρινάρισμα είναι μια μέθοδος που χρησιμοποιείται στην επεξεργασία κρέατος, κατά την οποία το κρέας εμποτίζεται ή αναμειγνύεται με καρυκευμένα υγρά και ξηρά μείγματα, είτε ακατέργαστο είτε επεξεργασμένο με θερμικές μεθόδους. Αυτά τα μείγματα, γνωστά ως μαρινάδες, μπορούν να περιέχουν μια σειρά από στοιχεία όπως οξέα, ένζυμα, άλατα και μπαχαρικά. Χρησιμοποιούνται για τη βελτίωση του χρώματος, του αρώματος, της υφής, της τρυφερότητας και της συνολικής γεύσης του κρέατος και των προϊόντων κρέατος, όπως το κοτόπουλο, το ψάρι, το μοσχάρι, το χοιρινό, τις μπριζόλες και τα θαλασσινά. Με την πάροδο των ετών, οι μαρινάδες έχουν εξελιχθεί, με τη χρήση τους να μετατοπίζεται από τη συντήρηση, στη τρυφεροποίηση και την ενίσχυση της γεύσης, με αποτέλεσμα τη συμπερίληψη διαφόρων συστατικών (Ehsanur Rahman et al., 2023).

3.2. Είδη μαριναρίσματος

Οι μαρινάδες ενισχύουν την ικανότητα του κρέατος να διατηρεί την υγρασία, μειώνουν τις απώλειες υγρών κατά το μαγείρεμα και βελτιώνουν την εμφάνιση και τη χυμώδη γεύση του. Οι έρευνες δείχνουν ότι το μαρινάρισμα βελτιώνει τη γεύση του κρέατος και μπορεί να μειώσει τις ανεπιθύμητες γεύσεις (Latoch et al., 2023). Ανάλογα με τα συστατικά που εμπεριέχουν, οι μαρινάδες μπορούν να χωριστούν σε τέσσερις κατηγορίες: τις όξινες, τις ενζυμικές, αυτές που βασίζονται σε γαλακτοκομικά προϊόντα και εκείνες που περιέχουν άλατα.

3.2.1. Όξινο μαρινάρισμα

Στις όξινες μαρινάδες, συστατικά όπως οργανικά οξέα (π.χ. οξικό, γαλακτικό και κιτρικό οξύ) και συστατικά που μειώνουν το pH (όπως η σόγια) χρησιμοποιούνται για να ενισχύσουν τη γεύση του τελικού προϊόντος. Παρ' όλα αυτά, έχει σημειωθεί ότι τα όξινα στοιχεία συμβάλλουν σημαντικά τόσο στην τρυφερότητα όσο και στη γεύση των επεξεργασμένων κρεάτων (Kübra et al., 2020). Σύμφωνα με τους Latoch et al. (2023), οι όξινες μαρινάδες με χαμηλά επίπεδα pH ενισχύουν την τρυφερότητα του κρέατος μειώνοντας το pH, προκαλώντας έτσι μαλάκωμα της δομής των μυών.

3.2.2. Ενζυμικό μαρινάρισμα

Η χρήση ενζύμων στις μαρινάδες βασίζεται σε διάφορες ιδιότητές τους, όπως την υψηλή θερμική σταθερότητά τους, με αποτέλεσμα να παραμένουν ενεργά ακόμη και μετά τη θερμική επεξεργασία, συμβάλλοντας σε συνεχείς αλλαγές στην υφή του προϊόντος. Ταυτόχρονα, ενισχύουν την τρυφερότητα και τη γεύση του φρέσκου κρέατος δρώντας στις μυϊκές πρωτεΐνες και το κολλαγόνο, βελτιώνοντας έτσι τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά. Επιπλέον, η εφαρμογή ενζύμων αυξάνει τη θρεπτική αξία του κρέατος ενισχύοντας την περιεκτικότητα σε απαραίτητα αμινοξέα (Hafez, Shawky & Elsabagh, 2024). Η πρωτεολυτική λειτουργία των ενζύμων διευκολύνει τη διάσπαση των μυϊκών πρωτεϊνών. Οι πρωτεάσες, επίσης γνωστές ως πεπτιδάσες ή πρωτεϊνάσες, διασπούν τις πρωτεΐνες διασπώντας τους πεπτιδικούς δεσμούς μέσω υδρόλυσης. Τα ένζυμα αυτά κατηγοριοποιούνται σε δύο ομάδες: τα ενδογενή ένζυμα (καθεψίνη, καλπαΐνη) και τα εξωγενή ένζυμα (παπαΐνη, φικίνη, βρωμελαΐνη, ακτινιδίνη) (Basturk, 2021).

3.2.3. Μαρινάρισμα με βάση γαλακτοκομικά προϊόντα

Τα γαλακτοκομικά προϊόντα που χρησιμοποιούνται στις μαρινάδες όπως το βουτυρόγαλα και ο ορός γάλακτος, είναι εύκολα προσβάσιμα και διαθέτουν αρκετές ιδιότητες λειτουργικών τροφίμων. Τα προϊόντα αυτά αποτελούν πολύτιμες πηγές γαλακτικών βακτηρίων. Οι ζωντανές καλλιέργειες γαλακτικών βακτηρίων που υπάρχουν στο βουτυρόγαλα και στον ορό γάλακτος χρησιμοποιούνται ευρέως στη βιομηχανία κρέατος, ενισχύοντας τη διάρκεια ζωής του μαριναρισμένου χοιρινού κρέατος, αναστέλλοντας τις οξειδωτικές διεργασίες και βελτιώνοντας τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και την τρυφερότητα των προϊόντων κρέατος. Το γαλακτικό οξύ, τα άλατά του και οι καλλιέργειες γαλακτικών βακτηρίων χρησιμοποιούνται για τη συντήρηση των τροφίμων, με την προσθήκη γαλακτικών βακτηρίων να δικαιολογείται στην παραγωγή ωμού κρέατος, ιδίως σε ποικιλίες ταχείας ωρίμανσης και ζύμωσης. Η ενσωμάτωση γαλακτικών βακτηρίων με αντιμικροβιακές ιδιότητες μειώνει την ανάγκη για χημικά συντηρητικά στα τρόφιμα (Augustyńska-Prejsnar et al., 2021).

3.2.4. Μαρινάρισμα με άλατα

Το αλάτι παίζει ουσιαστικό ρόλο στη συντήρηση των προϊόντων κρέατος. Πρώτον, δρα ως ισχυρό αντισηπτικό, μειώνοντας την περιεκτικότητα των τροφίμων σε

νερό, παρεμποδίζοντας έτσι την ανάπτυξη μικροβίων και παρατείνοντας τη διάρκεια ζωής των τροφίμων. Δεύτερον, το αλάτι μεταβάλλει την κατάσταση των πρωτεϊνών και τη δομή του μυϊκού ιστού διευκολύνοντας τη διαλυτοποίηση των μυοϊνιδιακών πρωτεϊνών και ενισχύοντας την ενυδάτωση των πρωτεϊνών. Επιπλέον, το αλάτι χρησιμεύει ως ενισχυτής γεύσης, καταλύοντας την αντίδραση μεταξύ της γεύσης και των αρωματικών ενώσεων στους μύες, αυξάνοντας τελικά τη συνολική γευστική εμπειρία των προϊόντων κρέατος (Yang et al., 2024).

Η προσθήκη αλατιού και φωσφορικών αλάτων στις μαρινάδες ενισχύει την ικανότητα συγκράτησης νερού, την τρυφερότητα, το χυμώδες και τη συνολική απόδοση του κρέατος τόσο πριν όσο και μετά το μαγείρεμα. Η παρουσία τους αυξάνει την ιοντική ισχύ, βελτιώνοντας τη λειτουργικότητα των πρωτεϊνών και διευκολύνοντας τη συγκράτηση της υγρασίας στο κρέας, ελαχιστοποιώντας έτσι την απώλεια βάρους κατά το μαγείρεμα και την αποθήκευση. Η διαδικασία αυτή μεταβάλλει το pH και διευκολύνει τη σύνδεση των φωσφορικών με τις μυοϊνιδιακές πρωτεΐνες. Η μαρινάδα, ανάλογα με τα χρησιμοποιούμενα συστατικά, ενισχύει επίσης τη γεύση και παρατείνει τη διάρκεια ζωής των προϊόντων κρέατος. Ενώ το μέγιστο αποδεκτό επίπεδο φωσφορικών αλάτων στο επεξεργασμένο κρέας και τα πουλερικά είναι 0,5%, η βιομηχανία χρησιμοποιεί συνήθως χαμηλότερα επίπεδα, περίπου 0,3% έως 0,4% (Ali et al., 2023).

Το διάλυμα χλωριούχου ασβεστίου, το οποίο χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα έρευνα, μπορεί να έχει διάφορες επιπτώσεις στο κρέας, ιδίως όταν χρησιμοποιείται ως μαρινάδα:

1. Βελτιωμένη συγκράτηση υγρασίας: Το διάλυμα χλωριούχου ασβεστίου χρησιμοποιείται συχνά σε μαρινάδες για να βελτιώσει την ικανότητα του κρέατος να συγκρατεί την υγρασία. Τα ιόντα ασβεστίου βοηθούν τροποποιώντας τη δομή των μυϊκών πρωτεϊνών, επιτρέποντάς τους να δεσμεύουν περισσότερο νερό κατά τη διάρκεια του μαγειρέματος, με αποτέλεσμα το κρέας να είναι πιο χυμώδες.
2. Βελτίωση υφής: Τα ιόντα ασβεστίου στο διάλυμα μπορούν επίσης να αλληλεπιδράσουν με τις πρωτεΐνες του κρέατος, οδηγώντας σε βελτίωση της υφής. Μπορούν να συμβάλλουν στην ελαφρά τρυφεροποίηση του κρέατος με τη διάσπαση των πρωτεϊνικών δομών, καθιστώντας το πιο τρυφερό.
3. Βελτίωση της γεύσης: Το χλωριούχο ασβέστιο μπορεί να ενισχύσει τη γεύση του κρέατος διευκολύνοντας τη διείσδυση άλλων αρωματικών παραγόντων που υπάρχουν στη μαρινάδα. Μπορεί να βοηθήσει το κρέας να απορροφήσει τα καρυκεύματα και τα μπαχαρικά πιο αποτελεσματικά, με συνέπεια ένα πιο γευστικό τελικό προϊόν.

4. Αυξημένη διάρκεια ζωής: Το χλωριούχο ασβέστιο μπορεί να συμβάλει στην παράταση της διάρκειας ζωής του κρέατος αναστέλλοντας την ανάπτυξη μικροβίων. Δημιουργεί ένα περιβάλλον που είναι λιγότερο φιλόξενο για τα βακτήρια, μειώνοντας έτσι τον κίνδυνο αλλοίωσης.
5. Παράγοντας σύσφιξης: Σε ορισμένες περιπτώσεις, το χλωριούχο ασβέστιο χρησιμοποιείται ως παράγοντας σύσφιξης, ιδίως σε επεξεργασμένα προϊόντα χοιρινού κρέατος, όπως το ζαμπόν ή το μπέικον. Μπορεί να βοηθήσει στη διατήρηση της συνοχής του κρέατος κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας και του μαγειρέματος.

Ωστόσο, η υπερβολική χρήση χλωριούχου ασβεστίου μπορεί να οδηγήσει σε υπερβολικά σφιχτή ή σκληρή υφή του κρέατος, οπότε είναι σημαντικό να χρησιμοποιείται σε κατάλληλες συγκεντρώσεις. Συνολικά, το διάλυμα χλωριούχου ασβεστίου μπορεί να είναι ευεργετικό για τη βελτίωση της ποιότητας, της υφής, της διατήρησης της υγρασίας και της γεύσης του κρέατος, όταν χρησιμοποιείται κατάλληλα σε μαρινάδες (Yang et al., 2021).

3.3. Εφαρμογές και μέθοδοι

Το κρέας μπορεί να μαρινारιστεί με διάφορες τεχνικές: εμφάπτιση, ανατροπή και έγχυση. Η εμφάπτιση περιλαμβάνει την εμφάπτιση του κρέατος σε μαρινάδα σε ελεγχόμενη θερμοκρασία για καθορισμένη διάρκεια. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται από παραγωγούς κρέατος όλων των κλιμάκων και σε σπίτια. Η έγχυση χρησιμοποιεί βελόνες για την άσκηση πίεσης, παρέχοντας μια ακριβή ποσότητα μαρινάδας στο κρέας. Η ανατροπή περιλαμβάνει την περιστροφή του κρέατος σε ένα κεκλιμένο κύλινδρο, ενώ προστίθεται το υγρό της μαρινάδας (Latoch, Czarniecka-Skubina, & Moczowska-Wyrwisz, 2023).

3.3.1. Μαρινάρισμα μέσω εμφάπτισης

Το μαρινάρισμα με εμφάπτιση, μια συμβατική τεχνική μαρινάρισματος, περιλαμβάνει την εμφάπτιση του κρέατος σε μαρινάδες που περιέχουν νερό, άλατα, φωσφορικά άλατα, αρωματικές ουσίες και διάφορα άλλα συστατικά. Η μέθοδος αυτή χαρακτηρίζεται από αργή και ανομοιόμορφη διείσδυση του αλατιού, επηρεάζοντας τη συνολική ποιότητα του κρέατος (Ge et al., 2022). Είναι μια οικονομικά αποδοτική τεχνική, που δεν χρειάζεται εξειδικευμένο εξοπλισμό. Ωστόσο, είναι αναποτελεσματική για τη βιομηχανία κρέατος λόγω της ασυνεχούς κατανομής των συστατικών και των μεγάλων χρόνων επεξεργασίας, περιορίζοντας τον όγκο της μαρινάδας. Ωστόσο, η ενσωμάτωση παραγόντων τρυφερότητας,

όπως τα ένζυμα και τα οξέα, μπορεί να αντιμετωπίσει αυτές τις προκλήσεις. Η εμφάνιση υπερτερεί της έγχυσης και της ανατροπής στη βελτίωση των φυσικοχημικών παραμέτρων, αν και η οργανοληπτική ανάλυση ευνοεί το κρέας που έχει υποστεί έγχυση. Η εμφάνιση μειώνει το pH, το χρώμα και την απορρόφηση της μαρινάδας (Gamage, Mutucumarana, & Andrew, 2017).

3.3.2. Μαρινάρισμα μέσω έγχυσης

Το μαρινάρισμα με έγχυση χρησιμοποιείται ευρέως επειδή επιτρέπει την ακριβή κατανομή της μαρινάδας χωρίς απώλεια χρόνου και ποσότητας μαρινάδας. Οι βελόνες εισάγονται στο κρέας, αποδίδοντας τη μαρινάδα, εξασφαλίζοντας συνεχή κατανομή. Σε σύγκριση με την εμφάνιση, η έγχυση μπορεί να οδηγήσει σε μεγαλύτερη απορρόφηση μαρινάδας πιθανώς λόγω της αυξημένης αποικοδόμησης και απορρόφησης των πρωτεϊνών. Ωστόσο, η έγχυση μπορεί να αυξήσει τις απώλειες υγρών κατά το μαγείρεμα μέσω της μείωσης της ικανότητας συγκράτησης νερού (Latoch, Czarniecka-Skubina, & Moczowska-Wyrwisz, 2023).

3.3.3. Μαρινάρισμα μέσω ανατροπής

Η ανατροπή αναφέρεται σε μια μηχανική διαδικασία κατά την οποία το κρέας περιστρέφεται, πέφτει και έρχεται σε επαφή με τις εσωτερικές επιφάνειες και τις λεπίδες ενός βαρελιού. Η διαδικασία αυτή λαμβάνει χώρα μέσα σε στροβιλιζόμενα βαρέλια με διαφράγματα, σχηματίζοντας ένα φυσικό και μηχανικό σύστημα. Τα κομμάτια κρέατος περισυλλέγονται κατά κύριο λόγο με τη βοήθεια φραγμάτων και εισάγονται στο βαρέλι. Τα διαφράγματα εντός του βαρελιού δημιουργούν δυνάμεις βαρύτητας, τριβής και πίεσης, καθώς και δυνάμεις εξώθησης, οι οποίες επιδρούν στα κομμάτια μυός, με αποτέλεσμα την παραμόρφωση του κρέατος. Αυτή η στρέβλωση αποδυναμώνει και σπάει τις δομές των ιστών, οδηγώντας σε αυξημένη απορρόφηση της μαρινάδας και διαχωρισμό των πρωτεϊνών, βελτιώνοντας τελικά την απόδοση του μαγειρέματος. Η ανατροπή εξασφαλίζει επίσης σταθερό χρώμα στο μαριναρισμένο κρέας. Όταν συνδυάζεται με ειδικά πρόσθετα, έχει παρατηρηθεί ότι η ανατροπή μειώνει το ρυθμό οξειδωσης των λιπιδίων στο κρέας (Singh et al., 2020).

3.4. Ασφάλεια τροφίμων

Τα τεχνητά πρόσθετα στα τρόφιμα χρησιμεύουν για την ενίσχυση του χρώματος, της γεύσης και την παράταση της διάρκειας ζωής στο ράφι. Όμως από έρευνες έχει

αποδειχτεί ότι, για παράδειγμα, το σορβικό και το βενζοϊκό οξύ, μαζί με τα παράγωγά τους, μπορούν να δημιουργήσουν επιβλαβείς ουσίες που συνδέονται με γενετικές μεταλλάξεις και καρκίνο. Ομοίως, τα νιτρώδη και τα νιτρικά άλατα, που χρησιμοποιούνται συνήθως για τη διατήρηση του χρώματος του κρέατος, έχουν συσχετιστεί με διάφορα προβλήματα υγείας, όπως λευχαιμία, καρκίνο του παχέος εντέρου και καρκίνο της ουροδόχου κύστης. Κατά συνέπεια, υπάρχει μια αυξανόμενη προτίμηση για φυσικές εναλλακτικές λύσεις στα πρόσθετα τροφίμων, ιδίως στην επεξεργασία κρέατος, όπου έχουν εντοπιστεί ενώσεις που προέρχονται από μπαχαρικά, βότανα ή τσάι και βελτιώνουν τις παραμέτρους ποιότητας του κρέατος (Zavistanaviciute et al., 2023). Η ασφάλεια και κατ' επέκταση η ποιότητα του μαριναρισμένου κρέατος επηρεάζεται και από τον τρόπο μαρινάρισματος, τα συστατικά που χρησιμοποιούνται στη μαρινάδα και τις συνθήκες κατά τη διάρκεια του μαρινάρισματος, όπως το pH, ο χρόνος και η θερμοκρασία. Έχει διαπιστωθεί ότι η χρήση μαρινάδων ενισχύει τη μικροβιολογική ασφάλεια του κρέατος, εμποδίζοντας την ανάπτυξη επιβλαβών μικροοργανισμών, βελτιώνοντας έτσι τη συνολική του ασφάλεια (Latoch, Czarniecka-Skubina, & Moczowska-Wyrwisz, 2023).

3.5. Μαρινάρισμα χοιρινού κρέατος - Μαρινάρισμα με CaCl_2

Οι Sarkar et al. (2019), οι οποίοι μελέτησαν τις επιδράσεις του άλατος NaCl σε συγκέντρωση 0,4% w/v σε χοιρινό κρέας, βρήκαν ότι η εμφάνιση ωμού κρέατος σε διάλυμα που περιέχει 0,4% τριπολυφωσφορικό νάτριο (STPP) και 0,4% χλωριούχο νάτριο (NaCl) οδήγησε σε αξιοσημείωτες αυξήσεις της τιμής του pH και της περιεκτικότητας σε υγρασία, μαζί με μείωση της ικανότητας συγκράτησης νερού. Επιπλέον, αυτή η διαδικασία μαρινάρισματος οδήγησε σε αυξημένες τιμές pH, περιεκτικότητας σε υγρασία και απόδοσης μαγειρέματος για το μαγειρεμένο χοιρινό κρέας. Η τρυφερότητα του μαγειρεμένου χοιρινού κρέατος βελτιώθηκε σε όλα τα μαριναρισμένα δείγματα, με τον συνδυασμό STPP + NaCl να παρουσιάζει σημαντικά υψηλότερα αποτελέσματα τρυφερότητας από το STPP ή το NaCl μόνο. Ακόμη, και στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, η συνδυασμένη επεξεργασία STPP + NaCl έδωσε σημαντικά ανώτερα αποτελέσματα σε σύγκριση με το STPP ή το NaCl μόνο. Ταυτόχρονα οι Guo et al. (2024), που χρησιμοποίησαν το ίδιο αλάτι σε συγκέντρωση 10% w/v, αναφέρουν ότι τα ευρήματα NMR σε χαμηλή ένταση πεδίου οδήγησαν σε βελτίωση της ικανότητας του χοιρινού κρέατος να συγκρατεί νερό. Η παρατήρηση μέσω SEM και TEM έδειξε ότι τα μεγαλύτερα κενά μεταξύ των μυϊκών ινών διευκόλυναν τη διάχυση του NaCl. Οι δοκιμές έδειξαν ότι η περιεκτικότητα σε NaCl στο χοιρινό κρέας έφτασε το 1% μετά την επεξεργασία με

υπερήχους, γεγονός που υποδηλώνει ότι η χρήση υπερήχων για μαρινάρισμα θα μπορούσε να εφαρμοστεί και στην οικιακή ψύξη.

Οι Ge et al. (2020), μελέτησαν την επίδραση του χλωριούχου ασβεστίου σε συγκεντρώσεις 0,05 και 0,1 mol/L και τα ευρήματά τους έδειξαν ότι η οξειδωση των μυοϊνωδών πρωτεϊνών (MP) επηρεάζεται από τον τύπο του χλωριούχου άλατος και την έκταση της υποκατάστασης. η χρήση του χλωριούχου ασβεστίου (CaCl_2) επηρεάζει σημαντικά την ποιότητα της γέλης των μυϊκών πρωτεϊνών (MP). Ειδικότερα, η προσθήκη CaCl_2 προάγει τον πολυμερισμό των πρωτεϊνών και την αδιαλυτότητά τους, γεγονός που οδηγεί σε χαμηλότερης ποιότητας γέλη λόγω του σχηματισμού λιγότερο πυκνών και συνεχών δικτύων πηκτής κατά τη θέρμανση. Το Ca^{2+} έχει ισχυρότερη επίδραση στις ιδιότητες της γέλης σε σύγκριση με το Mg^{2+} , κυρίως λόγω των διαφορών στην αλληλεπίδραση των κατιόντων με τις πρωτεΐνες. Η υποκατάσταση του 25% του NaCl με KCl αποδίδει επίσης ικανοποιητική ποιότητα γέλης, υποδεικνύοντας ότι η σωστή ισορροπία των αλάτων μπορεί να βελτιώσει την τελική υφή και δομή της γέλης. Από την άλλη πλευρά, οι Stanisławczyk et al. (2020) που μελέτησαν τις επιδράσεις του ίδιου άλατος σε κρέας αλόγου με συγκεντρώσεις 0,2 και 0,3 M, βρήκαν ότι οι επεξεργασίες που χρησιμοποιήθηκαν βελτίωσαν σημαντικά τα χαρακτηριστικά της υφής του κρέατος αλόγου. Διαπιστώθηκε ότι το κιτρικό οξύ επηρέασε αρνητικά την ικανότητα του κρέατος να δεσμεύει και να διατηρεί τη φυσική του υγρασία. Στα δείγματα που εξετάστηκαν, το πιο ανοιχτό χρώμα κρέατος επιτεύχθηκε μέσω της μαρινάρισματος σε 0,3 M CaCl_2 , ενώ η προσθήκη NaCl οδήγησε στο πιο σκούρο χρώμα κρέατος.

3.6. Σκοπός της έρευνας

Σκοπός της έρευνας είναι να αποτυπωθούν οι επιδράσεις του χλωριούχου ασβεστίου στις φυσικοχημικές ιδιότητες του χοιρινού κρέατος. Συγκεκριμένα οι ιδιότητες αυτές θα μπορούσαν να δώσουν πληροφορίες για τη δομική σύσταση του κρέατος και πως αυτή επηρεάζεται από το συγκεκριμένο άλας, βοηθώντας την κρεατοβιομηχανία στην περαιτέρω κατανόηση της σύστασης των κρεάτων και τη δυνατότητα χρησιμοποίησής τους για την παραγωγή κρεατοσκευασμάτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ IV

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

4.1. Υλικά και αντιδραστήρια

Πίνακας 4.1. Σκεύη, μηχανήματα και αντιδραστήρια που χρησιμοποιήθηκαν κατά την πειραματική διαδικασία.

Σκεύη
Γυάλινα βάζα
Κάψα πορσελάνης διαμέτρου 60mm και ύψους 25mm
Λεπτή γυάλινη ράβδος
Ποτήρι ζέσεως
Ογκομετρική φιάλη
Χωνί διήθησης
Σιφώνιο πλήρωσης
Πουάρ
Κωνική φιάλη
Προχοΐδα
Όργανα
Αναλυτικός ζυγός με ακρίβεια 0,001g
Φούρνος ξήρανσης με δυνατότητα λειτουργίας στους 130°C
Ξηραντήρας
Φορητό pHμετρο
Υδατόλουτρο
Σωλήνες Falcon
Ανακινητήρας τύπου Vortex
Φυγόκεντρος
Θερμαντική πλάκα
Κλίβανος αποτέφρωσης με δυνατότητα λειτουργίας στους 550°C
Αντιδραστήρια
Φαινολοφθαλείνη 1%
NaOH 0,05N
Χλωριούχο ασβέστιο 0,05M, 0,1M και 0,15M

4.2. Προετοιμασία δειγμάτων

Για την διεξαγωγή της πειραματικής διαδικασίας, για κάθε επανάληψη, χρησιμοποιήθηκαν 1.800g χοιρινού κρέατος απαλλαγμένα από λίπος και συνδετικό ιστό. Το κρέας κόβεται σε κομμάτια διαμέτρου 2,5cm περίπου. Μετά την κοπή τα κομμάτια χωρίζονται σε 10 ίσα μέρη, ζυγίζονται με ακρίβεια 0,001g και τοποθετούνται σε διαφορετικά γυάλινα βαζάκια τροφίμων κωδικοποιημένα. Το πρώτο βάζο, περιέχει το νωπό δείγμα που θα πραγματοποιηθούν την ίδια μέρα όλες οι αναλύσεις. Το δεύτερο, το τρίτο και το τέταρτο βάζο περιέχει το δείγμα που πρώτα θα μαριναριστεί και μετά από 24, 48 και 72 ώρες αντίστοιχα θα πραγματοποιηθούν οι αναλύσεις. Οι διαφορετικές συγκεντρώσεις άλατος χλωριούχου ασβεστίου που χρησιμοποιήθηκαν στην παρακάτω πειραματική διαδικασία, για το διάλυμα μαρινάδας που παρασκευάστηκε, είναι 0,05M, 0,1M και 0,15M. Θα χρειαστούν 9 βάζα (ένα για κάθε διαφορετική συγκέντρωση άλατος x τρεις χρόνους). Κάθε βάζο περιέχει διαφορετικής συγκέντρωσης διαλύματος μαρινάδας. Η αναλογία δείγματος κρέατος προς διάλυμα μαρινάρισματος που χρησιμοποιήθηκε είναι 1:3. Τα βαζάκια κλείνονται και τοποθετούνται στο ψυγείο στους 5°C για 24, 48 και 72 ώρες. Μετά το πέρας των 24, 48 και 72 ωρών, τα δείγματα αφαιρούνται από τη μαρινάδα, στεγνώνονται με χαρτί κουζίνας και πραγματοποιούνται οι αναλύσεις.

4.3. Αύξηση βάρους (%) μετά το μαρινάρισμα

Το κρέας απομακρύνεται από την μαρινάδα και στεγνώνεται με χαρτί κουζίνας, για να αφαιρεθεί η υπερβολική υγρασία από την επιφάνεια. Κατόπιν ζυγίζεται με ακρίβεια 0,001g. Για να υπολογιστεί η τιμή αύξησης βάρους, αφαιρείται από το αρχικό βάρος του νωπού δείγματος (πριν μπει στη μαρινάδα) το βάρος του στεγνωμένου (μαριναρισμένου) δείγματος. Το ποσοστό της αύξησης του βάρους υπολογίζεται ως εξής (Aktaş, Aksu & Kaya, 2003):

$$\text{Αύξηση βάρους (\%)} = [(\text{τελικό βάρος} - \text{αρχικό βάρος}) / \text{αρχικό βάρος}] * 100$$

4.4. Περιεκτικότητα σε υγρασία (%) σε μαγειρεμένα και νωπά δείγματα

Στην κάψα με τα περιεχόμενά της (άμμο και ράβδο) (m_0) μεταφέρεται ποσότητα αναμειγμένου δείγματος και ζυγίζονται με ακρίβεια 0,001g (m_1). Αναμειγνύεται το περιεχόμενο της κάψας (δείγμα και άμμος) με τη βοήθεια της γυάλινης ράβδου. Η κάψα τοποθετείται μαζί με τα περιεχόμενά της στο φούρνο για 2 ώρες στους

103°C. Η κάψα, με τα περιεχόμενά της και τη ράβδο, αφαιρείται από το φούρνο και τοποθετείται στον ξηραντήρα για να κρυώσει. Μόλις φτάσουν σε θερμοκρασία δωματίου, ζυγίζονται με ακρίβεια 0,001g (m_2). Η διαδικασία ξήρανσης επαναλαμβάνεται μέχρι η διαφορά μεταξύ των δύο διαδοχικών ζυγίσεων να είναι μικρότερη του 0,1% της μάζας του δείγματος. Ο χρόνος ξήρανσης κάθε επανάληψης είναι τουλάχιστον 1 ώρα. Το ποσοστό περιεκτικότητας σε υγρασία σε μαγειρεμένα και νωπά δείγματα υπολογίζεται ως εξής (Aktaş, Aksu & Kaya, 2003):

$$W = [(m_1 - m_2) / (m_1 - m_0)] * 100$$

4.5. Ενεργός οξύτητα (pH)

Σε ποτήρι ζέσεως γίνεται η παρασκευή διαλύματος κρέατος 10% w/v (10g κρέατος σε 100mL διαλύματος). Η μέτρηση του pH του διαλύματος γίνεται με φορητό εργαστηριακό pH-μετρο (Saengsuk et al., 2021).

4.6. Ολική οξύτητα

Ποσότητα κρέατος ομογενοποιείται με απεσταγμένο νερό σε ποτήρι ζέσεως και το μείγμα μεταφέρεται προσεκτικά σε ογκομετρική φιάλη και συμπληρώνεται μέχρι τη χαραγή. Το μείγμα της φιάλης διηθείται και ένα μέρος από το διήθημα μεταφέρεται σε κωνική φιάλη. Προστίθεται απεσταγμένο νερό και δείκτης φαινολοφθαλεΐνης 1%. Γίνεται ογκομέτρηση με διάλυμα NaOH 0,05N. Η τιτλοδότηση ολοκληρώνεται όταν εμφανίζεται σταθερό ροζ χρώμα, το οποίο παραμένει για 30sec (pH 8,3). Ο υπολογισμός της ολικής οξύτητας γίνεται με τον τύπο (Manalo & Gabriel, 2020):

$$\text{Οξύτητα (\%)} = (\text{mL NaOH 0.05N που καταναλώθηκαν} / \text{g δείγματος}) * 4,5$$

4.7. Απώλεια βάρους κατά το μαγείρεμα (%)

Δείγμα κρέατος τοποθετείται σε πλαστική σακούλα τροφίμων και μαγειρεύεται σε υδατόλουτρο στους 100°C για 15 λεπτά, μέχρι η εσωτερική θερμοκρασία να είναι στους 74-75°C. Μετά την απομάκρυνση από το υδατόλουτρο οι σακούλες με τα δείγματα ψύχονται σε τρεχούμενο νερό βρύσης για 15min και αφήνονται σε θερμοκρασία δωματίου. Τα δείγματα ζυγίζονται με ακρίβεια 0,001g ξανά για τον υπολογισμό του ποσοστού απώλειας νερού κατά το μαγείρεμα σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο (Aktaş, Aksu & Kaya, 2003):

$$\text{Απώλεια βάρους κατά το μαγείρεμα (\%)} = [(B_1 - B_2) / B_1] * 100$$

Όπου:

B₁: το βάρος του δείγματος πριν τη θερμική επεξεργασία

B₂: το βάρος του δείγματος μετά τη θερμική επεξεργασία

4.8. Απορρόφηση μαρινάδας (%)

Ο υπολογισμός της απορρόφησης μαρινάδας γίνεται με τον τύπο (Dilek et al., 2023):

$$\text{Απορρόφηση μαρινάδας (\%)} = [(\text{βάρος μαριναρισμένου δείγματος πριν το μαγείρεμα} - \text{βάρος δείγματος πριν το μαρινάρισμα}) / \text{βάρος δείγματος πριν το μαρινάρισμα}] * 100$$

4.9. Απόδοση μαγειρέματος (%)

Ο υπολογισμός της απόδοσης μαγειρέματος γίνεται με τον τύπο (Dilek et al., 2023):

$$\text{Απόδοση μαγειρέματος (\%)} = (\text{βάρος μαγειρεμένου μαριναρισμένου δείγματος} / \text{βάρος μαριναρισμένου δείγματος πριν το μαγείρεμα}) * 100$$

4.10. Πρόσληψη νερού (%)

Σε πλαστικό falcon τοποθετείται δείγμα και απεσταγμένο νερό. Το διάλυμα αναμιγνύεται με τη βοήθεια vortex για 1min και τοποθετείται στο ψυγείο στους 4°C για 15min. Ακολουθεί φυγοκέντρωση στα 5.455rpm για 15min (4°C). Το υπερκείμενο απορρίπτεται προσεκτικά και το ποσοστό πρόσληψης νερού υπολογίζεται ως εξής (Song et al., 2020):

$$\text{Πρόσληψη νερού (\%)} = [(\text{διογκωμένο βάρος} - \text{αρχικό βάρος} / \text{αρχικό βάρος})] * 100$$

4.11. Τέφρα (%)

Η κάψα θερμαίνεται στον κλίβανο αποτέφρωσης για 20 λεπτά στους 550°C. Κατόπιν αφήνεται στον ξηραντήρα να κρυώσει και ζυγίζεται με ακρίβεια 0,1mg.

Στην κάψα μεταφέρεται ομογενοποιημένο δείγμα. Το δείγμα απλώνεται ομοιόμορφα μέσα στην κάψα και χωρίς καθυστέρηση ζυγίζεται με ακρίβεια 0,1mg. Η κάψα με το δείγμα τοποθετείται στο φούρνο στους 103°C για μία ώρα τουλάχιστον. Το δείγμα βγαίνει από το φούρνο και τοποθετείται απευθείας για απανθράκωση στην θερμαντική πλάκα. Το δείγμα θερμαίνεται προοδευτικά μέχρι να απανθρακωθεί πλήρως. Η κάψα με το απανθρακωμένο δείγμα μεταφέρεται στον κλίβανο αποτέφρωσης στους 550°C. Μετά από 4 ώρες η κάψα μεταφέρεται από τον κλίβανο αποτέφρωσης στον ξηραντήρα για να κρυώσει και να φτάσει σε θερμοκρασία δωματίου και έπειτα η κάψα με το δείγμα ζυγίζονται με ακρίβεια 0,1mg. Το ποσοστό της τέφρας υπολογίζεται χρησιμοποιώντας τον παρακάτω τύπο (Mukherjee, 2019):

$$Τέφρα (\%) = (\Xi B / NB) * 100$$

Όπου:

NB (Νωπό Βάρος): το βάρος του δείγματος πριν την αποτέφρωση

ΞB (Ξηρό Βάρος): το βάρος του δείγματος μετά την αποτέφρωση

ΚΕΦΑΛΑΙΟ V

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ

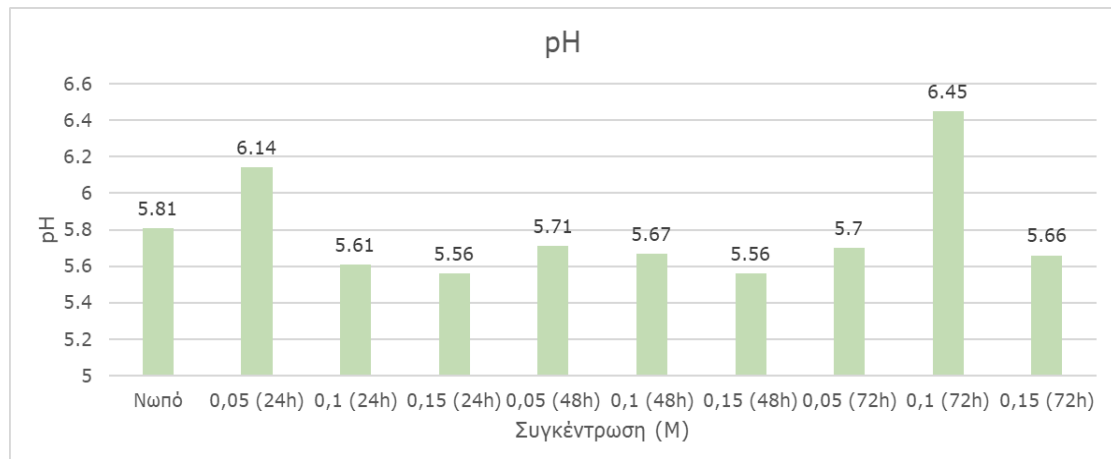
Οι ιδιότητες που μελετήθηκαν στο μαριναρισμένο με χλωριούχο ασβέστιο, χοιρινό μπούτι ήταν το pH, η Ολική οξύτητα, η Υγρασία, η Αύξηση βάρους μετά το μαρινάρισμα, η Απώλεια βάρους κατά το μαγείρεμα, η Απόδοση μαγειρέματος, η Πρόσληψη νερού και η Τέφρα. Τα αποτελέσματα που βρέθηκαν στην έρευνα παρατίθενται στον Πίνακα 5.1 και θα αναλυθούν ξεχωριστά και αναλυτικά στα παρακάτω κεφάλαια.

Δείγμα		Ιδιότητες							
Χρόνος μαριναρίσμα τος (h)	Συγκέντρωση μαριναρίσματ ος (M)	pH	Ολική οξύτητα (%)	Υγρασία (%)	Αύξηση βάρους (%)	Απώλεια βάρους κατά το μαγείρεμα (%)	Απόδοση μαγειρέματος (%)	Πρόσληψη νερού (%)	Τέφρα (%)
Νωπό δείγμα		5,81±0,14	6,40±0,88	60,57±22,63	-	31,20±11,03	68,80±11,03	5,57±4,89	1,03±0,0
24	0,05	6,14±0,20	5,43±1,07	75,30±20,73	1,71±0,0	40,41±6,82	59,59±6,82	27,35±20,37	0,76±0,0
	0,1	5,61±0,18	4,44±1,10	75,81±2,37	1,65±1,13	37,89±9,22	62,11±9,23	17,35±16,47	1,00±0,0
	0,15	5,56±1,65	3,96±1,16	76,65±1,97	3,72±3,47	40,00±9,01	59,99±9,01	24,04±20,18	1,07±0,0
48	0,05	5,70±1,98	5,70±0,59	77,80±1,71	4,51±2,24	41,09±9,21	48,90±24,50	21,97±16,47	0,93±0,0
	0,1	5,67±0,20	4,98±0,73	72,65±5,34	1,90±0,81	39,29±7,64	60,70±7,64	14,30±12,33	0,51±0,0
	0,15	5,56±0,21	5,37±0,68	73,93±4,60	3,37±1,38	36,64±8,30	63,35±8,30	10,76±7,83	1,23±0,0
72	0,05	5,70±0,17	4,19±0,60	74,85±2,46	2,20±0,68	42,78±7,10	57,22±7,11	18,57±15,79	0,86±0,0
	0,1	6,45±0,09	4,22±0,40	77,05±2,17	4,08±2,48	41,65±6,35	58,35±6,36	41,37±2,24	1,14±0,0
	0,15	5,66±0,07	3,69±0,85	78,80±10,78	4,99±4,50	37,87±7,95	62,13±7,95	41,00±2,76	1,01±0,0

Πίνακας 5.1. Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων.

5.1. pH

Σύμφωνα με τους Manalo & Gabriel (2020) που μελέτησαν χοιρινό κρέας σε συνθήκες φωτισμού χαμηλής έντασης, αναμένεται το pH να κυμαίνεται μεταξύ 4,91 – 6,93. Ενώ οι Saengsuk et al. (2021) βρήκαν ότι το pH της χοιρινής μπριζόλας έχει τιμές από 5,7 – 6,1. Στο Διάγραμμα 5.1 παρατίθενται οι τιμές της παρούσας έρευνας αναφορικά με το pH.



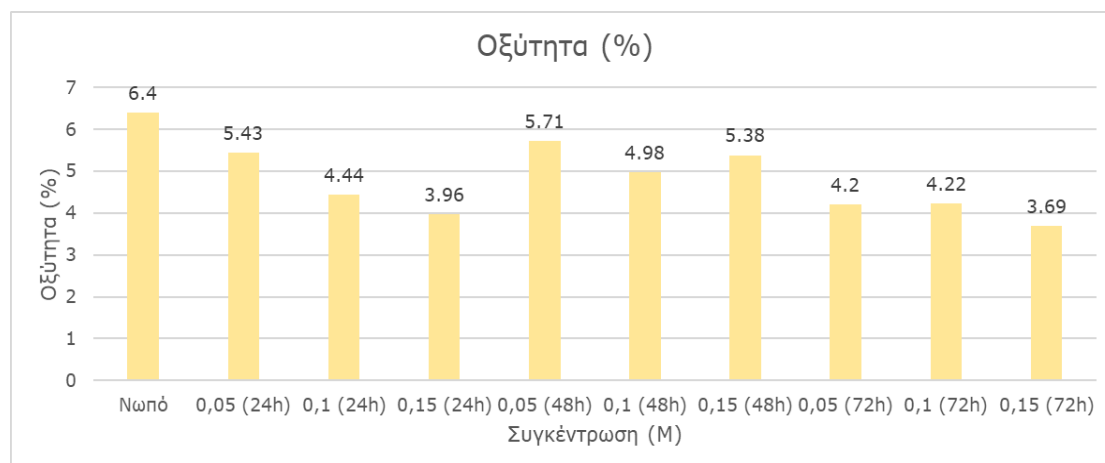
Διάγραμμα 5.1. Τιμές pH νωπού και μαρινarisμένου χοιρινού κρέατος.

Παρατηρείται ότι οι τιμές της έρευνας συμφωνούν με τη βιβλιογραφία που αναφέρεται παραπάνω καθώς κυμαίνονται από 5,56 – 6,45. Μπορεί επίσης να σημειωθεί ότι την χαμηλότερη τιμή έχει η συγκέντρωση 0,15M στις 24 και τις 48 ώρες, ενώ την υψηλότερη τιμή έχει η συγκέντρωση 0,1M στις 72 ώρες. Το εύρος των τιμών υποδηλώνει ένα ήπια όξινο έως σχεδόν ουδέτερο περιβάλλον στο μαρινarisμένο κρέας. Τα επίπεδα pH είναι κρίσιμα, καθώς μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά διάφορες πτυχές της ποιότητας του κρέατος, όπως η τρυφερότητα, η ικανότητα συγκράτησης νερού, το χρώμα και η μικροβιακή σταθερότητα. Ένα εύρος pH από 5,56 έως 6,45 είναι γενικά ευνοϊκό για την τρυφερότητα του κρέατος. Το χλωριούχο ασβέστιο δρα ως παράγοντας τρυφερότητας. Το ελαφρώς όξινο pH βοηθά στη διάσπαση των μυϊκών πρωτεϊνών, βελτιώνοντας έτσι την τρυφερότητα. Οι τιμές pH εντός αυτού του εύρους είναι πιθανό να επηρεάσουν την ικανότητα συγκράτησης νερού του χοιρινού κρέατος. Σε χαμηλότερα επίπεδα pH (πιο κοντά στο 5,56), οι πρωτεΐνες του κρέατος έχουν υψηλότερο καθαρό φορτίο, οδηγώντας σε αυξημένη ικανότητα συγκράτησης νερού. Καθώς το pH πλησιάζει στο ουδέτερο (πιο κοντά στο 6,45), η ικανότητα συγκράτησης νερού μπορεί να μειωθεί ελαφρώς, αλλά μπορεί να εξακολουθεί να είναι εντός αποδεκτών ορίων για προϊόντα κρέατος υψηλής ποιότητας. Το pH είναι ένας κρίσιμος παράγοντας για την ανάπτυξη μικροβίων. Ένα pH κάτω από 6,0 μπορεί να εμποδίσει την ανάπτυξη παθογόνων μικροοργανισμών, ενισχύοντας τη διάρκεια ζωής και την ασφάλεια του

κρέατος. Η ανώτερη τιμή του 6,45, αν και ελαφρώς υψηλότερη, εξακολουθεί να εμπίπτει σε ένα εύρος που μπορεί να θεωρηθεί ασφαλές, ιδίως εάν χρησιμοποιούνται άλλες μέθοδοι συντήρησης.

5.2. Ολική οξύτητα

Η ολική οξύτητα παίζει καθοριστικό ρόλο στην ποιότητα και τη γεύση των μαριναρισμένων προϊόντων κρέατος. Τα υψηλότερα επίπεδα οξύτητας είναι γνωστό ότι ενισχύουν την τρυφερότητα και το γευστικό προφίλ του χοιρινού με τη μετουσίωση των πρωτεϊνών και τη μεταβολή της δομής των μυϊκών ινών (Manalo & Gabrie, 2020). Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε βελτιωμένα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά. Ωστόσο, η υπερβολικά υψηλή οξύτητα μπορεί να επηρεάσει αρνητικά τη γεύση, καθιστώντας την ενδεχομένως πολύ έντονη ή όξινη, γεγονός που θα μπορούσε να είναι ανεπιθύμητο για ορισμένους καταναλωτές. Το χλωριούχο ασβέστιο δρα αλληλεπιδρώντας με τις μυϊκές ίνες και τις πρωτεΐνες, οδηγώντας σε αλλαγές στο pH και τη συνολική οξύτητα του κρέατος. Το παρατηρούμενο εύρος, όπως παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 5.2, από 3,69% έως 6,4% στην ολική οξύτητα μπορεί να αποδοθεί στις διαφορετικές συγκεντρώσεις χλωριούχου ασβεστίου και στους χρόνους μαριναρίσματος που χρησιμοποιήθηκαν



στη μελέτη.

Διάγραμμα 5.2. Ολική οξύτητα νωπού και μαριναρισμένου χοιρινού κρέατος.

Αυτοί οι παράγοντες επηρεάζουν σημαντικά στη διάχυση των ιόντων ασβεστίου στο κρέας, επηρεάζοντας έτσι τα επίπεδα οξύτητας. Οι τιμές της ολικής οξύτητας για τα δείγματα κυμαίνονται από 3,69% έως 6,4%. Το εύρος αυτό αναδεικνύει τη μεταβλητότητα που είναι συνυφασμένη με τη διαδικασία του μαριναρίσματος και την πιθανή επίδραση των διαφορετικών συνθηκών μαριναρίσματος και των εγγενών ιδιοτήτων του χοιρινού κρέατος που χρησιμοποιείται. Σε σύγκριση με τις τιμές ολικής οξύτητας (0,49% – 1,79%) που αναφέρουν οι Manalo & Gabriel

(2020), οι τιμές που παρατηρήσαμε δεν εμπίπτουν σε αυτό το εύρος, υποδηλώνοντας ότι η διαδικασία μαριναρίσματος με χλωριούχο ασβέστιο δίνει διαφορετικά αποτελέσματα όσον αφορά την ολική οξύτητα.

5.3. Υγρασία

Η περιεκτικότητα των τροφίμων σε υγρασία είναι μια σημαντική παράμετρος ποιότητας που επηρεάζει τόσο τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά όσο και τη διάρκεια ζωής των προϊόντων. Σύμφωνα με τους Aktaş, Aksu & Kaya (2003) η υγρασία στο βοδινό κρέας κυμαίνεται πριν το μαγείρεμα μεταξύ 76,19% – 82,44%, ενώ μετά το μαγείρεμα πέφτει στο 59,4% – 64,79%. Όπως φαίνεται και στο Διάγραμμα 5.3, οι τιμές υγρασίας βρέθηκαν να κυμαίνονται από 72,65% έως 78,8%.

Διάγραμμα 5.3. Ποσοστό υγρασίας νωπού και μαριναρισμένου χοιρινού κρέατος.

Οι τιμές αυτές είναι ένδειξη σχετικά υψηλής περιεκτικότητας σε υγρασία, η οποία είναι χαρακτηριστική για τα μαριναρισμένα προϊόντα κρέατος. Το παρατηρούμενο εύρος υγρασίας αντανakλά την αποτελεσματικότητα της διαδικασίας μαριναρίσματος. Η υψηλή κατακράτηση υγρασίας μπορεί να αποδοθεί στην υγροσκοπική φύση του χλωριούχου ασβεστίου, η οποία διευκολύνει την απορρόφηση και τη διατήρηση του νερού εντός των μυϊκών ινών. Αυτό είναι ιδιαίτερα ευεργετικό για την ενίσχυση της τρυφερότητας του χοιρινού κρέατος το οποίο αποτελεί βασικό παράγοντα στην αποδοχή και την προτίμηση των καταναλωτών. Από την άποψη της ασφάλειας των τροφίμων, η διατήρηση υψηλής περιεκτικότητας σε υγρασία είναι πλεονεκτική για την αποφυγή υπερβολικής ξήρανσης κατά τις επόμενες διεργασίες μαγειρέματος. Ωστόσο, είναι επίσης ζωτικής σημασίας η εξισορρόπηση των επιπέδων υγρασίας για την αποφυγή πιθανής ανάπτυξης μικροβίων, η οποία μπορεί να θέσει σε κίνδυνο την ασφάλεια και τη διάρκεια ζωής του προϊόντος.

5.4. Αύξηση βάρους μετά το μαρινάρισμα

Η ανάλυση της αύξησης του βάρους σε μαριναρισμένο με χλωριούχο ασβέστιο χοιρινό κρέας καταγράφει ένα εύρος από 1,65% έως 4,99% (Διάγραμμα 5.4). Αυτή η διακύμανση στην αύξηση του βάρους είναι ενδεικτική της αποτελεσματικότητας του μαριναρίσματος στην ενίσχυση της ικανότητας συγκράτησης νερού του κρέατος. Το χλωριούχο ασβέστιο είναι γνωστό ότι επηρεάζει την ποιότητα του κρέατος προωθώντας τη διαλυτοποίηση των

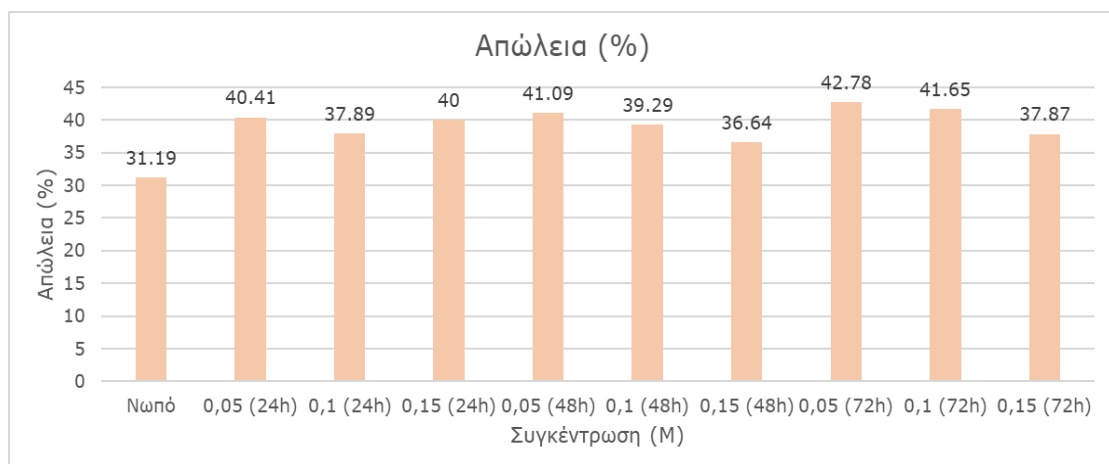
πρωτεϊνών και το σχηματισμό πηκτής, η οποία με τη σειρά της ενισχύει τη συγκράτηση νερού. Το κατώτερο όριο του εύρους (1,65%) μπορεί να αντιστοιχεί σε δείγματα με λιγότερο αποτελεσματική απορρόφηση, ενδεχομένως λόγω διακυμάνσεων στη δομή των μυών ή στο χρόνο μαριναρίσματος. Από την άλλη πλευρά, το ανώτερο όριο (4,99%) υποδηλώνει σημαντική απορρόφηση της μαρινάδας, η οποία θα μπορούσε να αποδοθεί σε βέλτιστες συνθήκες, όπως η κατάλληλη διάρκεια μαριναρίσματος, η ομοιομορφία των τεμαχίων κρέατος και η συγκέντρωση του διαλύματος χλωριούχου ασβεστίου που χρησιμοποιήθηκε. Άλλες έρευνες που μελέτησαν βοδινό κρέας και κρέας κοτόπουλου αναφέρουν ότι η υγρασία κυμαίνεται από 2,14% έως 10,73% (Aktaş, Aksu & Kaya, 2003) και από 4,14% έως 10,06% (Dilek et al., 2023) αντίστοιχα. Η αύξηση του βάρους δεν επηρεάζει μόνο τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του κρέατος αλλά και την οικονομική του αξία, καθώς η υψηλότερη κατακράτηση νερού μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένες απώλειες κατά το μαγείρεμα και βελτιωμένη απόδοση του προϊόντος.

Διάγραμμα 5.4. Αύξηση βάρους μαριναρισμένου χοιρινού κρέατος.

5.5. Απώλεια βάρους κατά το μαγείρεμα – Απόδοση

Οι τιμές απώλειας βάρους κατά το μαγείρεμα κυμαίνονται από 31,19% έως 42,78% (Διάγραμμα 5.5). Η απώλεια βάρους κατά το μαγείρεμα είναι μια καθοριστική παράμετρος στην αξιολόγηση της ποιότητας του κρέατος, καθώς επηρεάζει άμεσα τη χυμώδη υφή, την τρυφερότητα και τη συνολική αποδοχή του τελικού προϊόντος από τον καταναλωτή. Το σχετικά υψηλό εύρος των τιμών υποδηλώνει σημαντική μεταβλητότητα στην ικανότητα συγκράτησης νερού των δειγμάτων. Διάφοροι παράγοντες θα μπορούσαν να συμβάλουν σε αυτή τη μεταβλητότητα. Πρώτον, η αρχική ποιότητα του κρέατος παίζει σημαντικό ρόλο. Οι

διαφορές στη σύνθεση των μυϊκών ινών, η περιεκτικότητα σε λίπος και τα προϋπάρχοντα επίπεδα συγκράτησης νερού μπορούν να οδηγήσουν σε διαφορές στον τρόπο με τον οποίο το κρέας ανταποκρίνεται στο μαρινάρισμα. Δεύτερον, η συγκέντρωση και η κατανομή του χλωριούχου ασβεστίου κατά τη διαδικασία μαρινάριαματος μπορεί να μην ήταν εντελώς ομοιόμορφη, οδηγώντας σε διαφορετικές επιδράσεις στις μυϊκές πρωτεΐνες και στην ικανότητά τους να συγκρατούν νερό. Το υψηλό αποτέλεσμα του εύρους, 42,78%, υποδεικνύει σημαντική απώλεια, η οποία θα μπορούσε να οδηγήσει σε πιο στεγνό και μειονεκτικό σε γεύση κρέας. Αντίθετα, το χαμηλότερο άκρο του εύρους, στο 31,19%, αν και εξακολουθεί να είναι σχετικά υψηλό, υποδηλώνει καλύτερη συγκράτηση νερού και δυνητικά ευνοϊκότερα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά. Τα χλωριούχο ασβέστιο μπορεί να βελτιώσει την τρυφερότητα του κρέατος μέσω της πρωτεολυτικής δραστηριότητας, αλλά αυτό συχνά συνεπάγεται με αυξημένη απώλεια βάρους κατά το μαγείρεμα λόγω της μετουσίωσης των πρωτεϊνών και της επακόλουθης απελευθέρωσης νερού. Άλλες έρευνες αναφέρουν ότι το βοδινό κρέας κυμαίνεται σε τιμές 46,19% - 53,56% (Aktaş, Aksu & Kaya, 2003), το κρέας κοτόπουλου από 23,74% έως 29,63% (Saengsuk et al., 2021), ενώ το χοιρινό κρέας μεταξύ 8,02 – 11,74% (Dilek et al., 2023).



Διάγραμμα 5.5. Ποσοστό απώλεια βάρους κατά το μαγείρεμα νωπού και μαριναρισμένου χοιρινού κρέατος.

Οι τιμές απόδοσης που προέκυψαν στην παρούσα μελέτη παρουσιάζουν ένα αξιοσημείωτο εύρος, που κυμαίνεται από 48,9% έως 63,35% (Διάγραμμα 5.6). Το παρατηρούμενο εύρος υποδηλώνει ότι παράγοντες όπως ο χρόνος μαρινάριαματος, η συγκέντρωση του διαλύματος χλωριούχου ασβεστίου και τα ειδικά χαρακτηριστικά των δειγμάτων χοιρινού κρέατος μπορεί να συνέβαλαν στα διαφορετικά αποτελέσματα. Οι Dilek et al. (2023) βρήκαν ότι το κρέας κοτόπουλου

είχε απόδοση κατά το μαγείρεμα από 70,38% έως 73,79%.

Διάγραμμα 5.6. Ποσοστό απόδοσης νωπού και μαρινarisμένου χοιρινού κρέατος.

5.6. Πρόσληψη νερού

Η πρόσληψη νερού στο χοιρινό κρέας παίζει καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών, της υφής και της διάρκειας ζωής του. Μέσω διεργασιών όπως η όσμωση και το μαρινάρισμα εμπλουτίζεται το χοιρινό κρέας με υγρασία και άρωμα, ενισχύοντας την αποδεκτότητά του από το καταναλωτικό κοινό. Ωστόσο, η επίτευξη της σωστής ισορροπίας είναι ζωτικής σημασίας- η υπερβολική πρόσληψη νερού μπορεί να θέσει σε κίνδυνο την υφή και να αυξήσει την ευαισθησία σε αλλοιώσεις. Η κατανόηση των παραγόντων που επηρεάζουν την απορρόφηση νερού, όπως η σύνθεση της μαρινάδας, το πορώδες του κρέατος και η διάρκεια του μαριναρίσματος, είναι απαραίτητη για τη βελτιστοποίηση των διαδικασιών μαριναρίσματος ώστε να επιτευχθούν τα επιθυμητά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, διασφαλίζοντας παράλληλα την ασφάλεια και την ποιότητα των τροφίμων (Cornet et al., 2021). Οι Song et al. (2020) που μελέτησαν μαρινarisμένο κοτόπουλο βρήκαν ότι το συγκεκριμένο κρέας όταν μαρινarisτεί δίνει τιμές από 4,31% έως 10,07%. Η απορρόφηση νερού στην παρούσα έρευνα, παρουσιάζει σημαντική διακύμανση, η οποία διαμορφώνεται από 0,56% έως 27,35% (Διάγραμμα 5.7). Το χαμηλότερο όριο του φάσματος υποδηλώνει μια ελάχιστη αύξηση της περιεκτικότητας σε νερό, πιθανώς ενδεικτικό της περιορισμένης διείσδυσης ή απορρόφησης της μαρινάδας. Αντίθετα, οι υψηλότερες τιμές υποδηλώνουν σημαντική ενίσχυση της συγκράτησης υγρασίας, ενδεικτική της αποτελεσματικής διάχυσης της μαρινάδας και της επακόλουθης απορρόφησης από τον μυϊκό ιστό. Η εν λόγω μεταβλητότητα υπογραμμίζει την

πολυπλοκότητα του μαριναρίσματος και τη σημασία παραγόντων όπως η συγκέντρωση της μαρινάδας, ο χρόνος μαριναρίσματος και τα χαρακτηριστικά του κρέατος στον καθορισμό των επιπέδων απορρόφησης νερού.

Διάγραμμα 5.7. Ποσοστό πρόσληψης νερού νωπού και μαριναρισμένου χοιρινού κρέατος.

5.7. Τέφρα

Η περιεκτικότητα σε τέφρα αποτελεί σημαντική παράμετρο για την αξιολόγηση της διατροφικής ποιότητας και της σύνθεσης του κρέατος. Ενώ η περιεκτικότητα σε τέφρα του χοιρινού κρέατος είναι σχετικά χαμηλή σε σύγκριση με τα τρόφιμα φυτικής προέλευσης, εξακολουθεί να παρέχει βασικά μέταλλα που είναι απαραίτητα για διάφορες φυσιολογικές λειτουργίες του ανθρώπινου σώματος. Αυτά τα μέταλλα διαδραματίζουν ζωτικό ρόλο στην υγεία των οστών, τη λειτουργία των μυών, τη μετάδοση των νεύρων και τη δραστηριότητα των ενζύμων. Η περιεκτικότητα του χοιρινού κρέατος σε τέφρα μπορεί να ποικίλλει ανάλογα με διάφορους παράγοντες, όπως η διατροφή του ζώου, η ηλικία, η φυλή και ο τύπος των μυών. Επιπλέον, οι μέθοδοι επεξεργασίας, όπως το μαρινάρισμα ή η ωρίμανση, μπορούν επίσης να επηρεάσουν την περιεκτικότητα σε τέφρα μεταβάλλοντας τη σύνθεση των ανόργανων συστατικών (Jo et al., 2022). Οι τιμές τέφρας που παρατηρήθηκαν στο μαριναρισμένο με χλωριούχο ασβέστιο χοιρινό μπούτι κυμάνθηκαν από 0,51% έως 1,23%, σε σύγκριση με το χοιρινό φιλέτο που έδωσε ένα εύρος 0,49% - 1,53% και την χοιρινή κοιλιά που έδωσε από 0,43% έως 1,23% σύμφωνα με τους Jo et al. (2022). Οι τιμές αυτές υποδεικνύουν την περιεκτικότητα σε ανόργανα συστατικά που υπάρχουν στα δείγματα, με υψηλότερες τιμές τέφρας να υποδηλώνουν μεγαλύτερη παρουσία ανόργανων συστατικών. Η διακύμανση της περιεκτικότητας σε τέφρα μεταξύ των δειγμάτων

μπορεί να αποδοθεί σε παράγοντες όπως οι διαφορές στη σύνθεση της μαρινάδας, ο χρόνος μαριναρίσματος και οι εγγενείς διαφορές στα δείγματα χοιρινού φιλέτου που χρησιμοποιήθηκαν.

Διάγραμμα 5.8. Περιεκτικότητα τέφρας νωπού και μαριναρισμένου χοιρινού κρέατος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ VI

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η μελέτη των φυσικοχημικών ιδιοτήτων του χοιρινού μπουτιού μαριναρισμένου με χλωριούχο ασβέστιο έδειξε σημαντική βελτίωση της ποιότητας του κρέατος. Το μαρινάρισμα με χλωριούχο ασβέστιο οδήγησε σε μείωση του pH, η οποία συνέβαλε στην τρυφερότητα του κρέατος επηρεάζοντας τις δομές των μυϊκών πρωτεϊνών. Το μαριναρισμένο χοιρινό κρέας παρουσίασε αυξημένη περιεκτικότητα σε υγρασία και ικανότητα συγκράτησης νερού, με αποτέλεσμα πιο ζουμερό και χυμώδες κρέας. Οι μετρήσεις αύξησης του βάρους έδειξαν σημαντική απορρόφηση της μαρινάδας, ενισχύοντας τη διείσδυση των συστατικών και κατ' επέκταση τη γεύση. Επιπλέον, το μαρινάρισμα μείωσε την απώλεια βάρους κατά το μαγείρεμα, υποδεικνύοντας υψηλότερες αποδόσεις και καλύτερης ποιότητας προϊόντα. Η ολική οξύτητα διέφερε με σημαντικά ποσοστά. Τα αποτελέσματα σχετικά με την πρόσληψη νερού υποστήριξαν τη θετική επίδραση του χλωριούχου ασβεστίου, συμβάλλοντας στη βελτίωση του χυμώδους και της τρυφερότητας. Η ανάλυση της περιεκτικότητας σε τέφρα έδειξε υψηλότερη περιεκτικότητα σε ανόργανα άλατα στα μαριναρισμένα δείγματα, ενισχύοντας τη θρεπτική αξία και την ποιότητα του κρέατος. Συνολικά, το μαρινάρισμα με χλωριούχο ασβέστιο βελτιώνει σημαντικά τις φυσικοχημικές ιδιότητες του χοιρινού μπουτιού, καθιστώντας πιο ελκυστικό και αποδεκτό από τους καταναλωτές. Η παρούσα μελέτη παρέχει μια βάση για τη βελτιστοποίηση των τεχνικών μαρινάρισματος και προτείνει πιθανές εφαρμογές του χλωριούχου ασβεστίου στη βιομηχανία επεξεργασίας κρέατος, ανοίγοντας το δρόμο για περαιτέρω έρευνα για τη βελτιστοποίηση αυτών των πλεονεκτημάτων.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ

- Aberle, E. D., Forrest, J. C., Gerrard, D. E., & Mills, E. W. (2020). *Principles of Meat Science*. Kendall Hunt Publishing Company.
- Aktaş, N., Aksu, M. İ., & Kaya, M. (2002). The influence of marination with different salt concentrations on the tenderness, water holding capacity and bound water content of beef. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 27(5), 1207-1211. <https://journals.tubitak.gov.tr/veterinary/vol27/iss5/24>
- Ali, M., Aung, S. H., Abeyrathne, E. D. N. S., Park, J. Y., Jung, J. H., Jang, A., ... & Nam, K. C. (2023). Quality enhancement of frozen chicken meat marinated with phosphate alternatives. *Food Science of Animal Resources*, 43(2), 245. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2022.e72>
- Augustyńska-Prejsnar, A., Hanus, P., Sokołowicz, Z., & Kačaniová, M. (2021). Assessment of technological characteristics and microbiological quality of marinated turkey meat with the use of dairy products and lemon juice. *Animal Bioscience*, 34(12), 2003. <https://doi.org/10.5713/ab.21.0120>
- Barbera, S. (2019). WHCtrend, an up-to-date method to measure water holding capacity in meat. *Meat Science*, 152, 134-140. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.02.022>
- Basturk, B. (2021). Investigation of in-vitro digestive behavior of beef and poultry which are tenderized by enzymatic and acidic marination. [Master of Science, Middle East Technical University]. <https://open.metu.edu.tr/handle/11511/92120>
- Cornet, S. H., Snel, S. J., Lesschen, J., van der Goot, A. J., & van der Sman, R. G. (2021). Enhancing the water holding capacity of model meat analogues through marinade composition. *Journal of Food Engineering*, 290, 110283. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.110283>
- Debrecéni, O., Lípová, P., Bučko, O., Cebulská, A., & Kapelánski, W. (2018). Effect of pig genotypes from Slovak and Polish breeds on meat quality. *Archives Animal Breeding*, 61(1), 99-107. <https://doi.org/10.5194/aab-61-99-2018>
- Dilek, N. M., Babaoğlu, A. S., Unal, K., Ozbek, C., Pirlak, L., & Karakaya, M. (2023). Marination with aronia, grape and hawthorn vinegars affects the technological, textural, microstructural and sensory properties of spent chicken meat. *British Poultry Science*, 64(3), 357-363. <https://doi.org/10.1080/00071668.2022.2163616>
- EFSA Panel on Animal Health and Welfare (AHAW), Nielsen, S. S., Alvarez, J., Bicot, D. J., Calistri, P., Depner, K., ... & Velarde, A. (2020). Welfare of pigs at

- slaughter. *Efsa Journal*, 18(6), e06148.
<https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.6148>
- Ehsanur Rahman, S. M., Islam, S., Pan, J., Kong, D., Xi, Q., Du, Q., ... & Han, R. (2023). Marination ingredients on meat quality and safety—A review. *Food Quality and Safety*, 7, fyad027. <https://doi.org/10.1093/fqsafe/fyad027>
- FoodData Central. (2018). Pork, fresh, loin, whole, separable lean and fat, cooked, broiled. (167820). *U.S. Department of Agriculture (USDA)*.
<https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/167820/nutrients>
- Gamage, H. G. C. L., Mutucumarana, R. K., & Andrew, M. S. (2017). Effect of Marination Method and Holding Time on Physicochemical and Sensory Characteristics of Broiler Meat. <http://dx.doi.org/10.4038/jas.v12i3.8264>
- Ge, G., Han, Y., Zheng, J., Zhao, M., & Sun, W. (2020). Physicochemical characteristics and gel-forming properties of myofibrillar protein in an oxidative system affected by partial substitution of NaCl with KCl, MgCl₂ or CaCl₂. *Food Chemistry*, 309, 125614. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125614>
- Ge, Q., Guo, S., Chen, S., Wu, Y., Jia, Z., Kang, Z., ... & Liu, R. (2022). A comparative study of vacuum tumbling and immersion marination on quality, microstructure, and protein changes of Xueshan chicken. *Frontiers in Nutrition*, 9, 1064521. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1064521>
- Guo, L., Zhang, X., Hong, C., Liu, N., Ouyang, N., Chen, J., ... & Ma, H. (2024). Application of ultrasound treatment in pork marination: Effects on moisture migration and microstructure. *Food Chemistry*, 447, 138950. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.138950>
- Guyomard, H., Bouamra-Mechemache, Z., Chatellier, V., Delaby, L., Détang-Dessendre, C., Peyraud, J. L., & Réquillart, V. (2021). Why and how to regulate animal production and consumption: The case of the European Union. *Animal*, 15, 100283. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100283>
- Hafez, M., Shawky, N. A., & Elsabagh, R. (2024). Impacts of papain and bromelain fortified marinades on chilled camel meat quality. *Benha Veterinary Medical Journal*, 46(1), 140-144.
<https://doi.org/10.21608/BVMJ.2024.253237.1763>
- Jankowiak, H., Cebulska, A., & Bocian, M. (2021). The relationship between acidification (pH) and meat quality traits of polish white breed pigs. *European Food Research and Technology*, 247(11), 2813-2820.
<https://doi.org/10.1007/s00217-021-03837-4>
- Jo, K., Lee, S., Jeong, H. G., Lee, D. H., Kim, H. B., Seol, K. H., ... & Jung, S. (2022). Prediction of cooking loss of pork belly using quality properties of pork loin. *Meat Science*, 194, 108957.

<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2022.108957>

- Kübra, Ü. N. A. L., Alagöz, E., Alime, C. A. B. İ., & Sariçoban, C. (2020). Determination of the effect of some acidic solutions on the tenderness and quality properties of chicken breast meat. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 34(1), 19-23. <https://doi.org/10.15316/SJAFS.2020.190>
- Kušec, G., Komlenić, M., Gvozdanović, K., Sili, V., Krvavica, M., Radišić, Ž., & Kušec, I. D. (2022). Carcass composition and physicochemical characteristics of meat from pork chains based on native and hybrid pigs. *Processes*, 10(2), 370. <https://doi.org/10.3390/pr10020370>
- Latoch, A., Czarniecka-Skubina, E., & Moczowska-Wyrwisz, M. (2023). Marinades Based on Natural Ingredients as a Way to Improve the Quality and Shelf Life of Meat: A Review. *Foods*, 12(19), 3638. <https://doi.org/10.3390/foods12193638>
- Lebret, B., & Čandek-Potokar, M. (2022). Pork quality attributes from farm to fork. Part I. Carcass and fresh meat. *Animal*, 16, 100402. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100402>
- Listrat, A., Lebret, B., Louveau, I., Astruc, T., Bonnet, M., Lefaucheur, L., Picard, B., & Bugeon, J. (2016). How Muscle Structure and Composition Influence Meat and Flesh Quality. *The Scientific World Journal*, 3182746. <https://doi.org/10.1155/2016/3182746>
- Manalo, M. R., & Gabriel, A. A. (2020). Changes in the physicochemical and microbiological properties of pork and chicken meats at ambient storage condition. *Meat Technology*, 61(1), 44-53. <https://doi.org/10.18485/meattech.2020.61.1.3>
- Miller, R. (2020). Drivers of consumer liking for beef, pork, and lamb: A review. *Foods*, 9(4), 428. <https://doi.org/10.3390/foods9040428>
- Mukherjee, P. K. (2019). Qualitative analysis for evaluation of herbal drugs. *Quality Control and Evaluation of Herbal Drugs*, 79-149.
- Nour, V. (2022). Effect of sour cherry or plum juice marinades on quality characteristics and oxidative stability of pork loin. *Foods*, 11(8), 1088. <https://doi.org/10.3390/foods11081088>
- Ribeiro, D. M., Martins, C. F., Costa, M., Coelho, D., Pestana, J., Alfaia, C., ... & Prates, J. A. M. (2021). Quality traits and nutritional value of pork and poultry meat from animals fed with seaweeds. *Foods*, 10(12), 2961. <https://doi.org/10.3390/foods10122961>
- Saengsuk, N., Laohakunjit, N., Sanporkha, P., Kaisangsri, N., Selamassakul, O., Ratanakhanokchai, K., & Uthairatanakij, A. (2021). Physicochemical characteristics and textural parameters of restructured pork steaks hydrolysed

- with bromelain. *Food Chemistry*, 361, 130079. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130079>
- Sarkar, B. K., Mendiratta, S. K., Upadhyay, S., Datta, A., & Gogoi, P. (2019). Comparative evaluation of marination of pork chunks in STPP and/or NaCl solutions on quality of pork curry. *International Journal of Chemistry Society*, 7(2), 1081-1087.
- Singh, P., Yadav, S., Pathera, A., & Sharma, D. (2020). Effect of vacuum tumbling and red beetroot juice incorporation on quality characteristics of marinated chicken breast and leg meats. *Nutrition & Food Science*, 50(1), 143-156. <https://doi.org/10.1108/NFS-03-2019-0079>
- Siroli, L., Baldi, G., Soglia, F., Bukvicki, D., Patrignani, F., Petracci, M., & Lanciotti, R. (2020). Use of essential oils to increase the safety and the quality of marinated pork loin. *Foods*, 9(8), 987. <https://doi.org/10.3390/foods9080987>
- Song, D. H., Ham, Y. K., Ha, J. H., Kim, Y. R., Chin, K. B., & Kim, H. W. (2020). Impacts of pre-rigor salting with KCl on technological properties of ground chicken breast. *Poultry Science*, 99(1), 597-603. <https://doi.org/10.3382/ps/pez527>
- Stanisławczyk, R., Rudy, M., Gil, M., Duma-Kocan, P., Dziki, D., & Rudy, S. (2020). The effect of citric acid, NaCl, and CaCl₂ on qualitative changes of horse meat in cold storage. *Processes*, 8(9), 1099. <https://doi.org/10.3390/pr8091099>
- Syed, E. R., Sharmeen, I., Junyu, P., Dewei, K., Qian, X., Qijing, D., Yongxin, Y., Jun, W., Deog-Hwan, O., & Rongwei, H. (2023). Marination ingredients on meat quality and safety—a review. *Food Quality and Safety*, 7. <https://doi.org/10.1093/fqsafe/fyad027>
- Szmańko, T., Lesiów, T., & Górecka, J. (2021). The water-holding capacity of meat: A reference analytical method. *Food Chemistry*, 357, 129727. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129727>
- Warner, R. D. (2023). The eating quality of meat: IV—Water holding capacity and juiciness. In *Lawrie's meat science* (pp. 457-508). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85408-5.00008-X>
- Yang, S., Ma, X., Huang, Y., Lin, B., Zhang, L., Miao, S., ... & Deng, K. (2024). Comprehensive Effects of Potassium Lactate, Calcium Ascorbate and Magnesium Chloride as Alternative Salts on Physicochemical Properties, Sensory Characteristics and Volatile Compounds in Low-Sodium Marinated Beef. *Foods*, 13(2), 291. <https://doi.org/10.3390/foods13020291>
- Yang, X., Sebranek, J. G., Luo, X., Zhang, W., Zhang, M., Xu, B., ... & Liang, R. (2021). Effects of calcium salts on the physicochemical quality of cured beef sausages during manufacturing and storage: A potential calcium application for

- sausages with alginate casings. *Foods*, 10(11), 2783. <https://doi.org/10.3390/foods10112783>
- Zavistanaviciute, P., Klementaviciute, J., Klupsaite, D., Zokaityte, E., Ruzauskas, M., Buckiuniene, V., ... & Bartkiene, E. (2023). Effects of marinades prepared from food industry by-products on quality and biosafety parameters of lamb meat. *Foods*, 12(7), 1391. <https://doi.org/10.3390/foods12071391>
- Zhou, L., Zhang, J., Xing, L., & Zhang, W. (2021). Applications and effects of ultrasound assisted emulsification in the production of food emulsions: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 110, 493-512. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.02.008>

ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΣΗ

- Ανοικτή Διακυβέρνηση (2016). *ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ*. Επιτροπή Προμηθειών Υγείας. <http://www.opengov.gr/epy/?p=6062>
- Γεωργάκης, Α., Βαρελτζής, Π., & Αμβροσιάδης, Α. (2002). Τεχνολογία τροφίμων ζωϊκής προέλευσης. Δεύτερη Έκδοση. Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία.
- Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης. (2004). *ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (ΕΚ) Αριθ. 853/2004 ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 29ης Απριλίου 2004 για τον καθορισμό ειδικών κανόνων υγιεινής για τα τρόφιμα ζωικής προέλευσης*. (L. 139/55). ΤΟ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟ ΚΑΙ ΤΟ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗΣ ΕΝΩΣΗΣ. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32004R0853>