

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΜΑΡΙΝΑΡΙΣΜΑΤΟΣ
ΜΕ CaCl_2 ΣΤΙΣ ΠΡΩΤΕΪΝΕΣ
ΧΟΙΡΙΝΟΥ ΚΡΕΑΤΟΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΤΩΝ
ΣΙΟΥΛΑ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ
ΣΙΩΤΟΥΛΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων
Σχολή Περιβάλλοντος
ΙΟΝΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ



Αργοστόλι Κεφαλληνίας
Απρίλιος 2024

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΜΑΡΙΝΑΡΙΣΜΑΤΟΣ
ΜΕ CaCl_2 ΣΤΙΣ ΠΡΩΤΕΪΝΕΣ
ΧΟΙΡΙΝΟΥ ΚΡΕΑΤΟΣ

Η πτυχιακή εργασία εγκρίθηκε από:

Παναγιώτης Κανδύλης

Ιωάννης Σαμαράς

Ελένη Σακαντάνη

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το μαρινάρισμα είναι μια μέθοδος επεξεργασίας κρέατος που περιλαμβάνει την εμβάπτιση ή την προσθήκη υγρών μαρινάδων σε τρόφιμα. Αυτές οι μαρινάδες μπορεί να περιλαμβάνουν διάφορα πρόσθετα όπως οξέα, ένζυμα και μπαχαρικά. Η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται για την τρυφεροποίηση του κρέατος με βιολογικά, χημικά και φυσικά μέσα. Στην παρούσα εργασία αναλύεται, μέσα από πειραματικές διαδικασίες που διεξήχθησαν, η επίδραση του μαριναρίσματος στο κρέας. Πιο συγκεκριμένα ερευνώνται οι επιπτώσεις της μαρινάδας, με άλας CaCl_2 , στις πρωτεΐνες ελληνικού χοιρινού μπουτιού. Σκοπός της έρευνας είναι να μελετηθούν οι γαλακτωματοποιητικές και οι αφριστικές ιδιότητες του χοιρινού μπουτιού, μετά τη μεταχείρισή του με CaCl_2 , ώστε να εκτιμηθεί η κατάσταση των περιεχόμενων πρωτεϊνών (π.χ. μετουσιωμένες). Η πειραματική διαδικασία που ακολουθήθηκε αφορά, αρχικά, στο μαρινάρισμα των δειγμάτων με διάφορες συγκεντρώσεις αλατιού CaCl_2 . Για την ανάλυση τα δείγματα, αναμυγνέονται με ρυθμιστικά διαλύματα, ομογενοποιούνται και ψύχονται. Στη συνέχεια, φυγοκεντρώνονται, διηθούνται και γίνεται μέτρηση της συγκέντρωσης των πρωτεϊνών. Οι ιδιότητες αφρισμού και γαλακτώματος αξιολογούνται μέσω τεχνικών ομογενοποίησης και φασματοφωτομέτρησης. Η μελέτη καταλήγει στο συμπέρασμα ότι η μαρινάδα βελτιώνει τις ικανότητες αφρισμού και γαλακτωματοποίησης του χοιρινού κρέατος. Παράγοντες όπως η συγκέντρωση πρωτεϊνών και ο χρόνος μαριναρίσματος έχουν ελάχιστη επίδραση. Μέσω μελλοντικής έρευνας μπορεί να διερευνηθεί η επέκταση της εφαρμογής της μαρινάδας CaCl_2 για το χοιρινό και άλλα είδη κρέατος, με στόχο τη βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων.

«Δηλώνουμε υπεύθυνα ότι η διπλωματική εργασία είναι εξ' ολοκλήρου δικό μας 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 έχουμε βασιστεί σε ιδέες ή κείμενα άλλων, έχουμε προσπαθήσει με όλες μας τις δυνάμεις να τα προσδιορίσουμε σαφώς μέσα από την καλή χρήση αναφορών ακολουθώντας την ακαδημαϊκή δεοντολογία και την αποφυγή λογοκλοπής».

ABSTRACT

Marinating is a meat processing method that involves dipping or adding liquid marinades to foods. These marinades can include various additives such as acids, enzymes and spices. This technique is used to tenderize meat with biological, chemical and natural means. The present study analyzes, through experimental procedures carried out, the effect of marinating on meat. More specifically, the effects of marinating with CaCl_2 salt on the proteins of Greek pork leg are investigated. The aim of the research is to study the emulsifying and foaming properties of pork shoulder, after CaCl_2 treatment, in order to assess the state of the proteins contained (e.g. denaturated). The experimental procedure followed involves, firstly, marinating the samples with different concentrations of CaCl_2 salt. For the analysis, the samples are mixed with buffer solutions, homogenised and cooled. The samples are then centrifuged, filtered and the protein concentration is measured. Foaming and emulsion properties are evaluated by homogenisation and spectrophotometry techniques. The study concludes that marinade improves the foaming and emulsifying properties of pork. Factors such as protein concentration and marination time have little effect. Through future research, the extension of the application of CaCl_2 marinade for pork and other types of meat can be examined to improve product quality.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Κεφάλαιο	Σελίδα
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	10
I. ΧΟΙΡΙΝΟ ΚΡΕΑΣ	11
1.1. Διαδικασία παραγωγής χοιρινού κρέατος	11
1.2. Δομική σύσταση κρέατος.....	12
1.3. Θρεπτική αξία κρέατος.....	14
II. ΠΡΩΤΕΪΝΕΣ ΚΡΕΑΤΟΣ	17
2.1. Σαρκοπλασματικές πρωτεΐνες.....	17
2.2. Πρωτεΐνες μυϊκών ινιδίων.....	19
2.3. Πρωτεΐνες συνδετικού ιστού	22
III. ΜΑΡΙΝΑΡΙΣΜΑ	23
3.1. Λειτουργία μαρινάδας	23
3.2. Τύποι μαρινάδας	23
3.2.1. Ξηρές μαρινάδες.....	24
3.2.2. Υγρές μαρινάδες	24
3.2.2.1. Όξινες μαρινάδες	24
3.2.2.2. Ενζυμικές μαρινάδες.....	25
3.2.2.3. Μαρινάδες με γαλακτοκομικά προϊόντα	25
3.2.2.4. Μαρινάρισμα με άλατα	26
3.3. Τρόποι μαριναρίσματος	26
3.3.1. Εμβάπτιση	26
3.3.2. Έγχυση	26
3.3.3. Υπό κενό	27
3.4. Μαρινάρισμα με CaCl_2	27
3.5. Σκοπός της έρευνας	27

IV. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	29
4.1. Υλικά και αντιδραστήρια.....	29
4.2. Δείγματα κρέατος.....	29
4.3. Μαρινάρισμα	30
4.4. Αναλύσεις	30
4.4.1. Προσδιορισμός πρωτεϊνών	30
4.4.2. Αφρισμός	31
4.4.3. Γαλάκτωμα	31
V. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ	33
5.1. Πρωτεΐνες.....	33
5.2. Αφρισμός.....	36
5.3. Γαλάκτωμα.....	41
VI. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	45
BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	46

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας	Σελίδα
Πίνακας 1.1. Θρεπτική αξία ωμού χοιρινού μπουτιού	15
Πίνακας 1.2. Θρεπτικά συστατικά χοιρινού κρέατος	16
Πίνακας 1.3. Περιεκτικότητα ωμού χοιρινού κρέατος σε ιχνοστοιχεία	16
Πίνακας 2.1. Σαρκοπλασματικές πρωτεΐνες κρέατος.....	18
Πίνακας 2.2. Μυοϊνιδιακές πρωτεΐνες κρέατος.....	21
Πίνακας 3.1. Άλλες έρευνες που έχουν χρησιμοποιήσει μαρινάρισμα με CaCl_2	28
Πίνακας 4.1. Υλικά, αντιδραστήρια και μηχανήματα	29
Πίνακας 4.2. Πίνακας συγκεντρώσεων πρότυπης καμπύλης	31
Πίνακας 5.1. Συγκέντρωση πρωτεϊνών	35
Πίνακας 5.2. Αριθμητικά αποτελέσματα αφρισμού	40
Πίνακας 5.3. Αριθμητικά αποτελέσματα γαλακτώματος	44

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα	Σελίδα
Διάγραμμα 5.1. Συνολική συγκέντρωση πρωτεϊνών.....	33
Διάγραμμα 5.2. Σχέση μάζας και σταθερότητας αφρού των ολικών πρωτεϊνών...	39
Διάγραμμα 5.3. Σταθερότητα γαλακτώματος και των δύο τύπων πρωτεϊνών	43

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα	Σελίδα
Εικόνα 1.1. Δομή του κρέατος σε διάφορες μεγεθύνσεις	13
Εικόνα 4.1. Προετοιμασία μαρινarisμένων δειγμάτων.....	30
Εικόνα 4.2. Διήθηση δειγμάτων υπό κενό	30

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην παρακάτω εργασία αναλύεται, μέσα από πειραματικές διαδικασίες που διεξήχθησαν, η επίδραση του μαριναρίσματος στο κρέας, θέμα που υπάγεται στο επιστημονικό πεδίο της Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων. Πιο συγκεκριμένα ερευνώνται οι επιπτώσεις της μαρινάδας, με άλας CaCl_2 , στις πρωτεΐνες ελληνικού χοιρινού μπουτιού. Το κρέας αποτελεί μια εξαιρετική πηγή πρωτεΐνης. Οι πρωτεΐνες του κρέατος, επιτελούν συγκεκριμένες λειτουργίες στον ζωντανό μυϊκό ιστό και στη μετατροπή των μυών σε κρέας. Περιλαμβάνουν την ακτίνη και τη μυοσίνη (μυοϊνιδιακές πρωτεΐνες), τη μυοσφαιρίνη (σαρκοπλασματική πρωτεΐνη) την ελαστίνη, τη ρετικουλίνη και το κολλαγόνο (πρωτεΐνες του συνδετικού ιστού). Οι Herrera-Stanziola et al., (2023), Stanisławczyk et al., (2020), Wang et al., (2022) και Nayak et al., (2022), έχουν δείξει ότι η χρήση μαρινάδας με CaCl_2 σε μέρη διαφόρων τύπων κρέατος, αυξάνει την τρυφερότητά τους. Υπάρχουν βέβαια αρνητικές επιπτώσεις του άλατος στο κρέας, όπως η πικρή, μεταλλική επίγευση του κρέατος, το σκούρο χρώμα και αύξηση των αερόβιων μικροοργανισμών. Σκοπός της χρήσης του CaCl_2 σε μαρινάδες που χρησιμοποιούνται στα κρέατα, είναι η επιμήκυνση της διάρκειας ζωής του χρώματος στην επιφάνεια του κρέατος και η αναστολή της μικροβιακής ανάπτυξης, ενισχύοντας έτσι οικονομικής σκοπιότητας χαρακτηριστικά. Γενικότερα, στη βιβλιογραφία έχει δοθεί έμφαση στη μαρινάδα με NaCl και KCl με λίγες έρευνες να αναφέρονται στην χρήση άλατος CaCl_2 και τα κρέατα που έχουν μελετηθεί είναι κυρίως κοτόπουλο, αρνί, μοσχάρι και χοιρινό, αλλά καμία έρευνα δεν βρέθηκε που να ερευνά τα αποτελέσματα της χρήσης μαρινάδας με CaCl_2 σε χοιρινό μπούτι και συγκεκριμένα στις πρωτεΐνες αυτού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ι

ΧΟΙΡΙΝΟ ΚΡΕΑΣ

Σύμφωνα με τον κανονισμό 853/2004, ως κρέας ορίζονται τα εδώδιμα μέρη των κατοικίδιων οπληφόρων (βοοειδή, χοίροι, αιγοπρόβατα), των πουλερικών (τα εκτρεφόμενα πτηνά), των λαγόμορφων (κουνέλια, λαγοί), των άγριων θηραμάτων (μικρά και μεγάλα) και των εκτρεφόμενων θηραμάτων, συμπεριλαμβανομένου του αίματος (Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, 2004).

Ως νωπό κρέας ορίζεται *«το κρέας το οποίο δεν έχει υποστεί καμία άλλη επεξεργασία συντήρησης εκτός από ψύξη, κατάψυξη ή ταχεία κατάψυξη, συμπεριλαμβανομένου του κρέατος που είναι συσκευασμένο σε κενό αέρος ή σε ελεγχόμενη ατμόσφαιρα»* (Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, 2004).

1.1. Διαδικασία παραγωγής χοιρινού κρέατος

Όταν οι χοίροι φτάσουν στην ηλικία των 3-5 εβδομάδων, αρχίζει η διαδικασία απογαλακτισμού, που σηματοδοτεί τον αποχωρισμό τους από τις μητέρες τους. Στο αρχικό στάδιο του απογαλακτισμού, οι αναπτυσσόμενοι χοίροι εισάγονται σε ξεχωριστό χώρο στέγασης από τις μητέρες και δεν έχουν πλέον πρόσβαση στο γάλα. Αντ' αυτού, μεταπίπτουν σε δίαιτα απογαλακτισμού. Μετά το στάδιο του απογαλακτισμού, περνούν στο στάδιο της ανάπτυξης σε ηλικία περίπου 9-10 εβδομάδων. Κατά τη διάρκεια αυτής της φάσης, μπορεί να μεταφερθούν σε άλλο χώρο ή να ομαδοποιηθούν εκ νέου για να καλύψουν τις χωροταξικές ανάγκες καθώς συνεχίζουν να μεγαλώνουν. Η διατροφή τους προσαρμόζεται ώστε να ανταποκρίνεται στις ειδικές διατροφικές απαιτήσεις αυτού του σταδίου του κύκλου ζωής τους (Australian Pork, n.d.).

Όταν φτάσουν σε ηλικία περίπου 16 εβδομάδων, οι χοίροι μεταβαίνουν στο στάδιο της τελικής εκτροφής. Παρόμοια με το στάδιο ανάπτυξης, μπορεί να υπάρξουν μετακινήσεις ή ομαδοποιήσεις για να καλυφθούν οι χωροθετικές απαιτήσεις. Στους χοίρους παρέχεται διατροφή σχεδιασμένη για το τελικό στάδιο, προσαρμοσμένη για να υποστηρίξει τη συνεχή ανάπτυξή τους. Μόλις οι χοίροι αποκτήσουν το επιθυμητό βάρος, συνήθως γύρω στους 5-6 μήνες, μεταφέρονται για σφαγή. Αυτό περιλαμβάνει την ήρεμη μετακίνηση μικρών ομάδων προς τον χώρο σφαγής. Κατά τη διαδικασία σφαγής, περίπου το 85% των χοίρων υποβάλλεται σε αναισθητοποίηση.

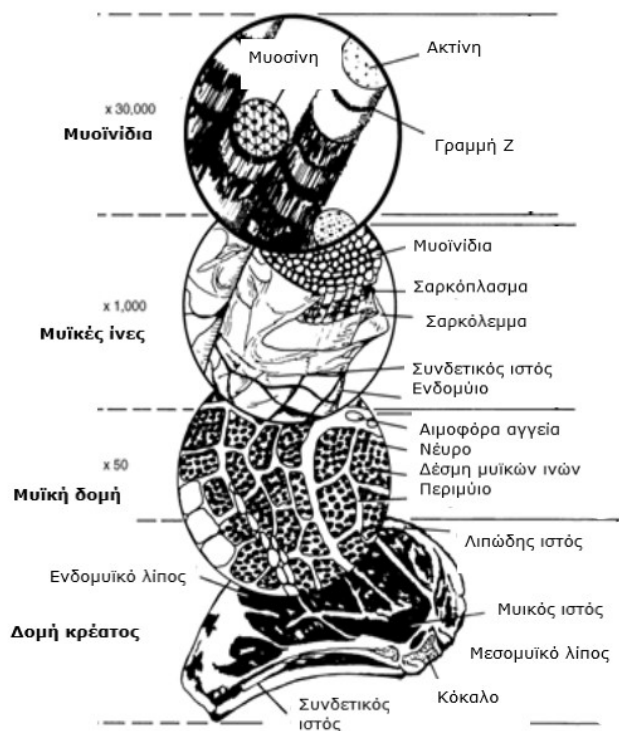
ηση με αέριο διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), ενώ το υπόλοιπο ποσοστό υποβάλλεται σε ηλεκτρική αναισθητοποίηση (Australian Pork, n.d.). Μετά τη διαδικασία αναισθητοποίησης και αφαιμάξης, τα σφάγια βυθίζονται σε υδατόλουτρο με ζεστό νερό για να διευκολυνθεί η αποκόλληση των τριχοθυλακίων. Στη συνέχεια, τοποθετούνται σε ένα ειδικό μηχάνημα που έχει σχεδιαστεί για να τα αναποδογυρίζει, εξαλείφοντας αποτελεσματικά κάθε εναπομείνασα τρίχα. Στη συνέχεια, τα σφάγια περνούν από το στάδιο του ψεκασμού. Αυτό όχι μόνο διασφαλίζει την εξάλειψη τυχόν υπολειπόμενων τριχών αλλά παρέχει επίσης πρόσθετα οφέλη για την ασφάλεια των τροφίμων μειώνοντας τους παθογόνους μικροοργανισμούς που βρίσκονται στην επιφάνεια. Τα σφάγια υποβάλλονται σε εκσπλαχνισμό και κόβονται στη μέση πριν υποβληθούν σε ταχεία ψύξη σε εξαιρετικά χαμηλές θερμοκρασίες που κυμαίνονται από -20 έως -40 βαθμούς Κελσίου, ώστε να βελτιωθεί η συνολική ποιότητα του κρέατος. Έπειτα, τα σφάγια υποβάλλονται σε πρόσθετη ψύξη διάρκειας 24 έως 48 ωρών πριν τεμαχιστούν σε μικρότερα κομμάτια, όπως μπούτι, φιλέτα, ώμους, κοιλιές και άλλα (Schweihof, 2014).

1.2. Δομική σύσταση κρέατος

Το κρέας που καταναλώνουμε, το οποίο προέρχεται από μυϊκό ιστό, αποτελείται από ίνες που συγκροτούνται μεταξύ τους από συνδετικό ιστό. Οι ίνες αυτές συνδέονται κυρίως με άλλες μυϊκές ομάδες ή συνδέονται άμεσα με την οστική δομή του ζώου. Η σύνθεση των μυών περιλαμβάνει 60% έως 70% υγρασία, 10% έως 20% πρωτεΐνες, 2% έως 22% λίπος και 1% τέφρα, με διακυμάνσεις ανάλογα με το είδος και τη φυλή (The BC Cook Articulation Committee, 2015).

Στα πιο ογκώδη οστά, όπως οι κνήμες των μεγαλύτερων ζώων, οι μυϊκές ομάδες είναι ορατά διακριτές όταν κόβονται στη διατομή (βλ. Εικόνα 1.1). Οι ομάδες αυτές περιβάλλονται από ίνες κολλαγόνου και έναν πυκνότερο συνδετικό ιστό γνωστό ως ελαστίνη. Αυτή σχηματίζει ένα λεπτό κάλυμμα, το οποίο διαχωρίζει τις μυϊκές ομάδες ή λειτουργεί ως τένοντας στα άκρα της μυϊκής ομάδας. Ειδικότερα, ο τένοντας προσκολλάται στο οστό σε μια άρθρωση ή κοντά σε αυτήν (The BC Cook Articulation Committee, 2015).

Το κρέας αποτελείται κυρίως από τον μυϊκό ιστό ενός ζώου, που συνιστά το μεγαλύτερο μέρος της δομής του. Στα θηλαστικά, το αποθεματικό λίπος κατανέμεται σε διάφορες περιοχές του μυός, συμπεριλαμβανομένων των μεσομυϊκών και ενδομυϊκών (IMF) λιπών. Το μεσομυϊκό λίπος περιβάλλει τους μύες, ενώ το ενδομυϊκό λίπος απαρτίζεται κυρίως από δομικά λιπίδια, φωσφολιπίδια και αποθηκευτικά λιπίδια



Εικόνα 1.1. Δομή του κρέατος σε διάφορες μεγεθύνσεις (Ranken, 2015).

σημασίας στην εξωκυτταρική μήτρα των μυϊκών ινών. Μετά τη σφαγή των ζώων, οι μύες υφίστανται μετατροπή σε κρέας. Η περιεκτικότητα και η σύνθεση του συνδετικού ιστού επιδρούν σημαντικά στην ποιότητα του κρέατος και των προϊόντων του, επηρεάζοντας χαρακτηριστικά όπως η υφή και η ικανότητα συγκράτησης νερού (Astruc, 2014).

Η δομή των μυών περιλαμβάνει ποικίλα στοιχεία, με τις μυϊκές ίνες να παίζουν καθοριστικό ρόλο στην απόδοση τόσο των συστατικών όσο και των μεταβολικών χαρακτηριστικών. Τα συστατικά χαρακτηριστικά εξαρτώνται από την παρουσία ισόμορφων της βαριάς αλυσίδας μυοσίνης (MyHCs) εντός των παχέων νημάτων. Το ATP χρησιμεύει ως πηγή ενέργειας για τη μυϊκή συστολή και οι απαιτήσεις του παρουσιάζουν σημαντική διακύμανση σε διαφορετικούς τύπους μυϊκών ινών (Listrat et al., 2016). Ένα άλλο αναπόσπαστο συστατικό είναι το περιμύιο, που αποτελεί περίπου το 90% του συνολικού μυϊκού συνδετικού ιστού. Αυτό το στρώμα διαχωρίζει τις δέσμες των μυϊκών ινών εντός του μύος και διαμορφώνεται ως ένα περίπλοκο δίκτυο αλληλένδετων τμημάτων. Η διάταξη του περιμυίου παρουσιάζει σημαντική ποικιλομορφία που επηρεάζεται από παράγοντες όπως ο τύπος του μύος, το είδος, η ηλικία και η συγκεκριμένη περιοχή εντός του μύος (Astruc, 2014).

(τριγλυκερίδια). Η πλειονότητα αυτών των λιπιδίων (περίπου 80%) αποθηκεύεται στα μυϊκά λιποκύτταρα που βρίσκονται μεταξύ των ινών και των δεσμών ινών. Επιπλέον, ένα μικρότερο μέρος (5-20%) αποθηκεύεται ως σταγονίδια λιπιδίων εντός των μυοϊνών στο κυτταρόπλασμα, τα οποία αναφέρονται ως ενδοκυτταρικά λιπίδια (Listrat et al., 2016). Ο συνδετικός ιστός, που παράγεται κυρίως από ινοβλάστες, είναι ένα άλλο στοιχείο της δομής του κρέατος. Αν και αποτελεί μικρό μέρος των σκελετικών μυών, ο συνδετικός ιστός είναι ζωτικής

Οι μυϊκές ίνες είναι περίπλοκες δομές με πολλά συστατικά. Το μεγαλύτερο μέρος του ενδοκυττάριου χώρου εντός αυτών των ινών καταλαμβάνεται από ευθυγραμμισμένες δέσμες μυοϊνιδίων, κάθε μία από τις οποίες έχει διάμετρο περίπου 1 μm και αποτελείται από μικρότερες υπομονάδες γνωστές ως μυοϊνίδια (Listrat et al., 2016). Το σαρκόπλασμα, που βρίσκεται στον κυτταρικό χώρο, περιέχει μυοσφαιρίνη - μια αιμοπρωτεΐνη που μπορεί να δεσμεύει το οξυγόνο, χρησιμεύοντας ως ζωτικό μόριο για την αποθήκευση και τη μεταφορά του εντός του μυός (Blanco & Blanco, 2017). Η πλασματική μεμβράνη του μυός, που ονομάζεται σαρκόλειμμα, είναι απαραίτητη για τη διατήρηση της ακεραιότητας του μυός (Listrat et al., 2016). Κάθε μυϊκή ίνα περιβάλλεται από το ενδομύιο, μια δομική μήτρα που αποτελείται από πρωτεΐνες του βασικού ελάσματος, πρωτεογλυκάνες, ελαστίνη, κολλαγόνα I, III και IV (Astruc, 2014).

Στο πλαίσιο των μυοϊνιδίων, η μυοσίνη υπερισχύει ως η πιο άφθονη πρωτεΐνη, αποτελώντας περίπου το 30% των συνολικών μυϊκών πρωτεϊνών. Ένα μόριο μυοσίνης αποτελείται από δύο βαριές και τέσσερις ελαφρές αλυσίδες μυοσίνης (Yamada et al., 2020). Αντίθετα, η ακτίνη διαδραματίζει ζωτικό ρόλο ως δομική πρωτεΐνη στους κυτταροσκελετούς. Εκτός από τη δομική της σημασία, η ακτίνη συμμετέχει ενεργά σε ποικίλες κυτταρικές λειτουργίες, όπως η διαίρεση, η μετανάστευση και η διακίνηση κυστιδίων (Suresh & Diaz, 2021).

1.3. Θρεπτική αξία κρέατος

Το χοιρινό κρέας, είναι ένα τρόφιμο υψηλής περιεκτικότητας σε ανώτερης ποιότητας πρωτεΐνες και λίπη σε διαφορετικά ποσοστά (βλ. Πίνακα 1.1). Το χοιρινό λίπος είναι ένας συνδυασμός κορεσμένων και ακόρεστων λιπαρών οξέων, συμπεριλαμβανομένων των απαραίτητων λιπαρών οξέων που προσφέρουν προστασία από τις καρδιαγγειακές παθήσεις. Μεταξύ των πιο διαδεδομένων λιπαρών οξέων στο χοιρινό λίπος είναι το ελαϊκό οξύ, το παλμιτικό οξύ και το στεατικό οξύ. Αντίθετα, σε μικρότερες ποσότητες απαντώνται μυριστικό οξύ (περίπου 1%), παλμιτολεϊκό οξύ (2-3%) και λαουρικό οξύ, καθώς και ακόρεστα οξέα. Η σύνθεση των λιπαρών οξέων στο χοιρινό λίπος ποικίλλει ανάλογα με παράγοντες όπως η περιοχή του σώματος, η ηλικία και η σύνθεση της διατροφής. Οι περιοχές του ραχιαίου, της πλάτης και του μπουτιού περιέχουν περίπου 10% περισσότερα ελαϊκά και λινολεϊκά οξέα σε σύγκριση με τα εντερικά και κοιλιακά λίπη, τα οποία χαρακτηρίζονται από υψηλότερα επίπεδα παλμιτικού και στεατικού οξέος. Η ηλικία έχει αξιοσημείωτο αντίκτυπο, παρουσιάζοντας άμεση συσχέτιση με την περιεκτικότητα σε λινολεϊκό οξύ. Ταυτόχρονα, αν και οι υδατάνθρακες αποτελούν μικρό ποσοστό των ζωικών

ιστών από άποψη συνολικής σύνθεσης, παίζουν καθοριστικό ρόλο στη μετατροπή των μυών σε κρέας. Ο κύριος υδατάνθρακας που βρίσκεται στο κρέας είναι το γλυκογόνο, το οποίο είναι ένα πολυμερές γλυκόζης. Συγκεντρώνεται ιδιαίτερα στους μύες και στα κρέατα οργάνων, όπως το συκώτι (Cobos & Díaz, 2015).

Πίνακας 1.1. Θρεπτική αξία ωμού χοιρινού μπουτιού.

Συστατικά	Περιεκτικότητα (ανά 100g κρέατος)
Νερό	70%
Πρωτεΐνη	20,8 g
Κορεσμένα λιπαρά	2,8 g
Λιπαρά	7,8 g
Ενέργεια	155 kcal
Βιταμίνη B12	1,2 mcg
Νάτριο	84 mg
Ψευδάργυρος	2,6 mg
Φώσφορος	164 mg
Σίδηρος	0,8 mg

Από *Nutritional Composition of Meat*, από τους R.S. Ahmad, A. Imran, and M.B. Hussain, 2018, InTech.

Το χοιρινό κρέας περιέχει διάφορες βιοδραστικές ενώσεις κρέατος, όπως η κρεατίνη, η ταυρίνη και η γλουταθειόνη, που μπορούν να ωφελήσουν την υγεία με διάφορους τρόπους (Arnarson, 2023). Επίσης, χρησιμεύει ως πολύτιμη πηγή βασικών βιταμινών και ανόργανων συστατικών (βλ. Πίνακα 1.2 και Πίνακα 1.3), όπως ο φώσφορος, το σελήνιο και η θειαμίνη. Ειδικότερα, το χοιρινό κρέας ξεχωρίζει για την αφθονία του σε θειαμίνη, μια βιταμίνη Β ζωτικής σημασίας για διάφορες σωματικές λειτουργίες, ξεπερνώντας σε περιεκτικότητα άλλα κόκκινα κρέατα όπως το μοσχάρι και το αρνί. Το χοιρινό κρέας είναι επίσης άφθονο σε βιταμίνες Β6 και Β12, αμφότερες αναπόσπαστες για το σχηματισμό των κυττάρων του αίματος και τη βέλτιστη λειτουργία του εγκεφάλου. Επιπλέον, το χοιρινό αποτελεί εξαιρετική πηγή σιδήρου, με τον αιμικό σίδηρο, που κυριαρχεί στα κόκκινα κρέατα, να απορροφάται εύκολα από το ανθρώπινο πεπτικό σύστημα. Το σελήνιο που υπάρχει στο χοιρινό κρέας παίζει ζωτικό ρόλο στη διατήρηση της σωστής λειτουργίας του θυρεοειδούς (Begum, 2022).

Πίνακας 1.2. Θρεπτικά συστατικά χοιρινού κρέατος.

Βιταμίνες	Περιεκτικότητα (mg)
A	Ίχνη
D	Ίχνη
B1	1,2
B2	0,21
Νικοτινικό οξύ	5,2
Παντοθενικό οξύ	0,5
Βιοτίνη	5
Φολικό οξύ	2
B6	0,4
B12	2
C	Απουσία

Από *Nutritional Composition of Meat*, από τους R.S. Ahmad, A. Imran, and M.B. Hussain, 2018, InTech.

Πίνακας 1.3. Περιεκτικότητα ωμού χοιρινού κρέατος σε ιχνοστοιχεία.

Ιχνοστοιχεία	Περιεκτικότητα (mg/100g)
Κάλιο	399
Χαλκός	0,1
Σίδηρος	1,5
Φώσφορος	224
Ψευδάργυρος	2,5
Μαγνήσιο	26,2
Νάτριο	44
Ασβέστιο	4,2

Από *Nutritional Composition of Meat*, από τους R.S. Ahmad, A. Imran, and M.B. Hussain, 2018, InTech.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ II

ΠΡΩΤΕΪΝΕΣ ΚΡΕΑΤΟΣ

Οι πρωτεΐνες αποτελούν το μεγαλύτερο μέρος του σώματος ενός ζώου, όταν δεν λαμβάνεται υπ' όψη το νερό. Στους ζωντανούς οργανισμούς, οι πρωτεΐνες διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στη φυσιολογική λειτουργία, ενώ στο κρέας χρησιμεύουν ως κύρια πηγή πρωτεϊνών υψηλής ποιότητας για την ανθρώπινη διατροφή. Η κατανόηση της δομής και των χαρακτηριστικών των πρωτεϊνών στους μύες είναι απαραίτητη για την κατανόηση των αλλαγών πριν και μετά το θάνατο, της μετατροπής από μύες σε κρέας, της ικανότητας συγκράτησης νερού, των τεχνολογικών διαδικασιών στην παρασκευή προϊόντων κρέατος και των επιπτώσεων των μεθόδων συντήρησης στο κρέας και τα προϊόντα του (Ραμαντάνης, 2020).

Οι πρωτεΐνες (σύνθετες οργανικές ενώσεις με υψηλό μοριακό βάρος) αποτελούνται κυρίως από αμινοξέα που συνδέονται με πεπτιδικούς δεσμούς. Περιέχουν άνθρακα (50-55%), οξυγόνο (18-28%), υδρογόνο (6,7-7,3%), άζωτο (15-18%, κ.μ.ο. 16%) και μερικές φορές θείο (0,2-2%) και φώσφορο. Αυτά τα ζωτικής σημασίας μακρομόρια διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στη διατήρηση της δομικής ακεραιότητας του οργανισμού και στην αναπλήρωση των υλικών που αποικοδομούνται φυσιολογικά κατά τη διάρκεια της ζωής του (Γεωργάκης και συν., 2002).

Οι μυϊκές πρωτεΐνες κατηγοριοποιούνται σε αυτές που διαλύονται στο νερό ή σε αραιά διαλύματα αλάτων (σαρκοπλασματικές πρωτεΐνες), σε αυτές που διαλύονται σε πυκνά διαλύματα αλάτων (πρωτεΐνες μυϊκών ινιδίων) και σε αυτές που δεν διαλύονται σε πυκνά διαλύματα αλάτων, ιδίως σε χαμηλές θερμοκρασίες (πρωτεΐνες συνδετικού ιστού) (Ραμαντάνης, 2020).

2.1. Σαρκοπλασματικές πρωτεΐνες

Οι σαρκοπλασματικές πρωτεΐνες βρίσκονται στο σαρκόπλασμα και περιλαμβάνουν οξειδωτικά ένζυμα, χρωστικές της αίμης (κυρίως μυοσφαιρίνη), μιτοχονδριακά οξειδωτικά ένζυμα, λυσοσωμικά ένζυμα και νουκλεοπρωτεΐνες. Οι σαρκοπλασματικές πρωτεΐνες είναι καλοί γαλακτωματοποιητές, αλλά λιγότερο αποτελεσματικοί από τις μυοϊνιδιακές πρωτεΐνες (Cobos & Díaz, 2015).

Η μυοσφαιρίνη είναι μια υδατοδιαλυτή αιμοπρωτεΐνη με σίδηρο στην ελεύθερη θέση της. Στο νωπό κρέας, η μυοσφαιρίνη μπορεί να βρίσκεται σε μία από τις τρεις καταστάσεις δυναμικής ισορροπίας: οξυμυοσφαιρίνη, δεοξυμυοσφαιρίνη και μεταμυοσφαιρίνη (Rujol et al., 2023). Η μυοσφαιρίνη παρέχει οξυγόνο στον μυ και είναι υπεύθυνη για το χρώμα στα προϊόντα κρέατος, δεσμεύοντας οξυγόνο, νερό ή οξειδίο του αζώτου στην έκτη θέση συντονισμού στο μόριο του σιδήρου. Το έντονο κόκκινο χρώμα της επιφάνειας του νωπού κρέατος οφείλεται στη μεγάλη συγγένεια της μυοσφαιρίνης με το οξυγόνο που σχηματίζει την οξυμυοσφαιρίνη - η αντίδραση αυτή είναι γρήγορη και αντιστρεπτή. Το εσωτερικό του κρέατος έχει πορφυρό-κόκκινο χρώμα που οφείλεται στη χρωστική ουσία που ονομάζεται δεοξυμυοσφαιρίνη, η οποία διατηρείται για όσο χρονικό διάστημα είναι διαθέσιμες οι αναγωγικές ενώσεις. Αυτή η χρωστική ουσία είναι υπεύθυνη για το χρώμα του κρέατος που συσκευάζεται σε κενό αέρος. Όταν η συγκέντρωση των αναγωγικών ουσιών εξαντλείται ή η πίεση του οξυγόνου είναι χαμηλή, ο αιμικός σίδηρος οξειδώνεται στη σιδηρούχα κατάσταση, αδυνατώντας να δεσμεύσει οξυγόνο, σχηματίζοντας την καφέ χρωστική ουσία μεταμυοσφαιρίνη. Στο νωπό κρέας, αυτές οι χρωστικές εναλλάσσονται συνεχώς μεταξύ τους. Η συγκέντρωση της μυοσφαιρίνης ποικίλλει ανάλογα με το είδος, τη φυλή, το φύλο, την ηλικία, τον τύπο των μυών, την άσκηση και τη διατροφή (Cobos & Díaz, 2015).

Πίνακας 2.1. Σαρκοπλασματικές πρωτεΐνες κρέατος.

Πρωτεΐνες	Θέση	Λειτουργία	Περιεκτικότητα (%)
Σαρκοπλασματικές πρωτεΐνες			5,5 (% της ολικής πρωτεΐνης)
Μυοσφαιρίνη	Σαρκόπλασμα	Χρωστική ουσία κρέατος	0,2 – 36 + % σαρκοπλασματικών πρωτεϊνών
Αφυδρογονάση της φωσφορικής γλυκεραλδεϋδης	Σαρκόπλασμα	Μεταβολικό ένζυμο	22
Αλδολάση	Σαρκόπλασμα	Μεταβολικό ένζυμο	11
Ενολάση	Σαρκόπλασμα	Μεταβολικό ένζυμο	9
Γαλακτική αφυδρογονάση	Σαρκόπλασμα	Μεταβολικό ένζυμο	7
Κινάση του πυροσταφυλικού	Σαρκόπλασμα	Μεταβολικό ένζυμο	5
Φωσφορυλάση	Σαρκόπλασμα	Μεταβολικό ένζυμο	4,5

Από *Chemical composition of meat and meat products*, από τους A. Cobos, and O. Díaz, 2015, Handbook of food chemistry.

2.2. Πρωτεΐνες μυϊκών ινιδίων

Οι πρωταρχικές πρωτεΐνες που βρίσκονται στα μυϊκά ινίδια, οι οποίες αποτελούν το 46-48% των πρωτεϊνών του μυϊκού ιστού, περιλαμβάνουν τη μυοσίνη και την ακτίνη. Εκτός από αυτές τις «συσταλτές» πρωτεΐνες, υπάρχουν πολλές άλλες πρωτεΐνες που κατηγοριοποιούνται ως «δομικές» πρωτεΐνες στα μυϊκά ινίδια (Γεωργάκης και συν., 2002).

Η μυοσίνη είναι η πιο άφθονη πρωτεΐνη στα μυοϊνίδια και παίζει σημαντικό ρόλο στην ποιότητα των προϊόντων κρέατος λόγω της ικανότητάς της να συνδέει τις πρωτεΐνες του μεταξύ τους και να συγκρατεί το νερό (Grossi et al., 2016). Η μυοσίνη αποτελεί το 35-45% της μυϊκής αλβουμίνης και είναι βασικό συστατικό των παχέων νημάτων. Περιέχει απαραίτητα αμινοξέα όπως η αργινίνη και η λυσίνη, περίπου 40-42 σουλφυδρυλικές ομάδες, στερείται κυστίνης και διαθέτει τρεις θεμελιώδεις ιδιότητες. Αυτές οι ιδιότητες περιλαμβάνουν την ικανότητα να συνεργάζεται με την ακτίνη, να σχηματίζει νημάτια και να διασπά το τριφωσφορικό οξύ της αδενοσίνης (ATP) σε διφωσφορική αδενοσίνη (ADP) και μονοφωσφορικό οξύ (Γεωργάκης και συν., 2002). Η μυοσίνη διαθέτει υψηλή περιεκτικότητα σε γλουταμινικό και ασπαρτικό οξύ και σε διβασικά αμινοξέα που την καθιστούν ένα ιδιαίτερα φορτισμένο μόριο με έλξη σε ιόντα ασβεστίου και μαγνησίου (Cobos & Díaz, 2015). Η δράση της μυοσίνης στη διάσπαση του ATP σε ADP και μονοφωσφορικό οξύ είναι εμφανής όταν υπάρχουν ιόντα ασβεστίου, ενώ τα ιόντα μαγνησίου αναστέλλουν αυτή τη διαδικασία. Ωστόσο, όταν η μυοσίνη βρίσκεται με τη μορφή της ακτομυοσίνης, τα ιόντα μαγνησίου όχι μόνο δεν αναστέλλουν τη δράση της, αλλά στην πραγματικότητα την ενισχύουν αποτελεσματικότερα από τα ιόντα ασβεστίου (Γεωργάκης και συν., 2002).

Η ακτίνη αποτελεί την πρωτεΐνη των λεπτών νημάτων. Η μοριακή δομή της ακτίνης είναι πολύ πιο απλή από ό,τι της μυοσίνης. Η σύνδεση ακτίνης και μυοσίνης οδηγεί στη δημιουργία του συμπλέγματος της ακτομυοσίνης (Γεωργάκης και συν., 2002). Η ακτίνη είναι μια άφθονη και λειτουργικά ευέλικτη πρωτεΐνη που εκφράζεται σχεδόν σε όλα τα ευκαρυωτικά κύτταρα και αποτελείται από τρεις κύριες ισομορφές: α, β και γ. Η α-ακτινίνη είναι η δεύτερη πιο άφθονη μυοϊνιδιακή πρωτεΐνη που βρίσκεται στους μυϊκούς ιστούς και αποτελεί κύριο συστατικό της συσταλτικής λειτουργίας. Η β- και η γ-ακτινίνη είναι κυτταροπλασματικές και συνυπάρχουν στους περισσότερους κυτταρικούς τύπους ως συστατικά του κυτταροσκελετού και δρουν ως μεσολαβητές της εσωτερικής κυτταρικής κινητικότητας (Smili et al., 2023).

Η συνδετίνη, η τρίτη πιο σημαντική μυοϊνιδιακή πρωτεΐνη μετά τη μυοσίνη και την ακτίνη, εκτείνεται από τη γραμμή Z έως τη γραμμή M μέσα σε μια μυϊκή ίνα. Αυτό σημαίνει ότι δύο μόρια της καλύπτουν ολόκληρη την απόσταση μεταξύ δύο γραμμών Z, που ισοδυναμεί με ένα σαρκομερές σε μήκος. Αποτελούμενη από μια κεφαλή που βρίσκεται κοντά στη γραμμή M και μια ουρά που εκτείνεται προς τη γραμμή Z, η συνδετίνη διαδραματίζει ζωτικό ρόλο στη διατήρηση της μυϊκής τάσης κατά τη διάρκεια της χαλάρωσης και στη διασφάλιση της σταθερότητας των παχέων νημάτων κατά τη διάρκεια της συστολής (Ραμαντάνης, 2020).

Η νεμπουλίνη δημιουργεί ανελαστικά νημάτια που προσκολλώνται στη γραμμή Z και ευθυγραμμίζονται με τα νημάτια ακτίνης, σχηματίζοντας ένα τμήμα των λεπτών νηματίων. Διευκολύνει, επίσης, τη σύνδεση των λεπτών νηματίων στη γραμμή Z. Η αποικοδόμηση της νεμπουλίνης συμβάλλει κατά συνέπεια στη διάσπαση ολόκληρου του συστήματος στην περιοχή της γραμμής Z, επηρεάζοντας αναλόγως τη διαδικασία ωρίμανσης του κρέατος (Ραμαντάνης, 2020).

Η δεσμίνη διαδραματίζει βασικό ρόλο ως το κύριο ενδιάμεσο νημάτιο στους καρδιακούς, σκελετικούς και λείους μυς. Βοηθά στη σύνδεση των συσταλτών μυοϊνιδίων με το σαρκόλειμμα και τα κυτταρικά οργάνιδια, συμβάλλοντας στη συνολική δομική και κυτταρική ακεραιότητα των μυών. Επιπλέον, η δεσμίνη εμπλέκεται στη διατήρηση της μιτοχονδριακής ομοιόστασης στα μυϊκά κύτταρα (Agnetti, Herrmann & Cohen, 2022).

Πίνακας 2.2. Μυοϊνιδιακές πρωτεΐνες κρέατος.

Πρωτεΐνες		Θέση	Λειτουργία	Περιεκτικότητα (%)
Μυοϊνιδιακές πρωτεΐνες				11,5 (% της ολικής πρωτεΐνης)
Κύριες συσταλτές πρωτεΐνες	Μυοσίνη	Παχιά νημάτια	Συστολή	43 (% μυοϊνιδιακών πρωτεϊνών)
	Ακτίνη	Παχιά νημάτια	Συστολή	22
Ρυθμιστικές πρωτεΐνες	Τροπομυοσίνη	Λεπτά νημάτια	Ρυθμίζει τη συστολή	5
	Τροπονίνη	Λεπτά νημάτια	Ρυθμίζει τη συστολή	5
	α-Ακτινίνη	Γραμμή Z	Συνδέει τα λεπτά νημάτια διαφορετικών σαρκομερών στη γραμμή Z	2
	Συνδετίνη	Από τη Γραμμή M έως τη γραμμή Z	Προστατεύει το σαρκομεριο από υπερδιάταση	8
	Νεμπουλίνη	Λεπτά νημάτια	Ελέγχει το μήκος του λεπτού νημάτος	3
	Πρωτεΐνη C	Παχιά νημάτια	Αναστέλλει την ΑΤΡάση των σκελετικών μυών	2
Κυτταροσκελετικές πρωτεΐνες	Πρωτεΐνη M	Γραμμή M	Εγκάρσιο τμήμα της γραμμής M	2
	Δεσμίνη	Περιφερειακά της Γραμμής Z	Εγκάρσια σύνδεση των μυοϊνιδίων στη γραμμή Z	<1
	Άλλες μυοϊνιδιακές πρωτεΐνες			7

Από *Chemical composition of meat and meat products*, από τους A. Cobos, and O. Díaz, 2015, Handbook of food chemistry.

2.3. Πρωτεΐνες συνδετικού ιστού

Οι κύριες πρωτεΐνες που αποτελούν τον συνδετικό ιστό είναι το κολλαγόνο, η ελαστίνη και η ρετικουλίνη.

Το κολλαγόνο, το κυρίαρχο μακρομόριο του συνδετικού ιστού, είναι η πιο διαδεδομένη πρωτεΐνη στα ζώα, αποτελώντας το 20-25% των συνολικών πρωτεϊνών. Υπάρχει σχεδόν σε κάθε ζωικό ιστό, με υψηλότερες συγκεντρώσεις στο δέρμα, τα οστά, τους τένοντες, τα αρτηριακά τοιχώματα και τους περιβάλλοντες ιστούς των μυών (Ραμαντάνης, 2020). Το κολλαγόνο εξυπηρετεί μια κρίσιμη συνδετική λειτουργία στις βιολογικές δομές, ιδίως στην εξωκυτταρική μήτρα. Εντός αυτής της μήτρας, τα ινίδια κολλαγόνου λειτουργούν ως τα πρωταρχικά στοιχεία που αντιστέκονται στην τάση σε ένα πολύπλοκο σύστημα ινών-σύνθετων υλικών. Η δομική σύνθεση του κολλαγόνου περιλαμβάνει τέσσερα επίπεδα: πρωτοταγή δομή (αποτελούμενη από τριπλέτες αμινοξέων), δευτεροταγή δομή (με τη μορφή α-έλικας), τριτοταγή δομή (τριπλή έλικα) και τεταρτοταγή δομή (ως ινίδια). Η πρωτεΐνη παίρνει σχήμα τριπλής έλικας, η οποία σχηματίζεται από τρεις αλυσίδες α που διαπλέκονται και παραμορφώνονται η μία γύρω από την άλλη, με αποτέλεσμα να δημιουργείται μια σφιχτή και σταθερή δομή (Wang, 2021).

Από τις πρωτεΐνες του συνδετικού ιστού, η ρετικουλίνη είναι η λιγότερο διαδεδομένη. Οι ίνες της είναι λεπτές με κυματοειδή μορφή και έχουν μικρότερο όγκο από αυτές του κολλαγόνου (Ραμαντάνης, 2020). Η ρετικουλίνη είναι ένας ιστολογικός όρος που αναφέρεται σε μια συγκεκριμένη ίνα που βρίσκεται στον συνδετικό ιστό. Η ίνα αυτή αποτελείται από κολλαγόνο τύπου III και σχηματίζει ένα λεπτό πλέγμα συνδέοντάς τη με άλλες δικτυωτές ίνες (Park & Kim, 2021).

Η ελαστίνη, ένας ξεχωριστός τύπος πρωτεϊνών, διαφέρει από το κολλαγόνο και τη ρετικουλίνη όσον αφορά τη σύνθεση, τη φύση και τη συμπεριφορά. Στα θηλαστικά, υπάρχει σε μικρές ποσότητες στο δέρμα, στους τένοντες, στον λιπώδη ιστό, στους μύες και στον αραιό συνδετικό ιστό. Ωστόσο, βρίσκεται σε αφθονία στους συνδέσμους της σπονδυλικής στήλης και στα τοιχώματα των μεγάλων αρτηριών. Η ελαστίνη διαθέτει μια χρωμοφόρο ομάδα, συμβάλλοντας στο κίτρινο χρώμα της, γεγονός που οδηγεί στον όρο «κίτρινος» συνδετικός ιστός. Αξίζει να σημειωθεί ότι η ελαστίνη είναι σχεδόν αδιάλυτη και μπορεί να αντέξει σε υψηλές θερμοκρασίες, παραμένοντας ανθεκτική στους 140-150°C (Ραμαντάνης, 2020).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ III

ΜΑΡΙΝΑΡΙΣΜΑ

Το μαρινάρισμα είναι μια μέθοδος επεξεργασίας κρέατος που περιλαμβάνει την εμφάνιση ή την προσθήκη υγρών μαρινάδων σε τρόφιμα. Αυτές οι μαρινάδες μπορεί να περιλαμβάνουν διάφορα πρόσθετα όπως οξέα, ένζυμα και μπαχαρικά. Η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται για την τρυφεροποίηση του κρέατος με βιολογικά, χημικά και φυσικά μέσα. Οι μαρινάδες είναι μείγματα από καρυκεύματα ή αρωματικά συστατικά που χρησιμοποιούνται για τη βελτίωση του χρώματος, της γεύσης, της υφής, και της τρυφερότητας του κρέατος και των προϊόντων του, συμπεριλαμβανομένων, ενδεικτικά, του κοτόπουλου, των ψαριών, του μοσχαριού και του χοιρινού. Με την πάροδο του χρόνου, το επίκεντρο των μαρινάδων μετατοπίστηκε από τη συντήρηση ή το πάστωμα στη βελτίωση της τρυφερότητας και της γεύσης (Syed et al., 2023).

3.1. Λειτουργία μαρινάδας

Η επιλογή των συστατικών στις συνθέσεις μαρινάδας παίζει καθοριστικό ρόλο στην επίτευξη των επιθυμητών οργανοληπτικών χαρακτηριστικών, συμπεριλαμβανομένης της γεύσης και της υφής, τα οποία καθορίζουν την ποιότητα του τελικού προϊόντος. Μειώνοντας σημαντικά το pH του κρέατος μετά τη σφαγή, τα συστατικά αυτά ενισχύουν το φυσικό ρυθμό πρωτεόλυσης, διεγείροντας τις ενζυμικές και πρωτεολυτικές δραστηριότητες κατά την ωρίμανση των μυών. Σε ορισμένες περιπτώσεις, η προσθήκη διαφόρων οξέων βοηθά στη διάσπαση του συνδετικού ιστού του κρέατος, συμβάλλοντας στην τρυφερότητα, ενώ η προσθήκη καρυκευμάτων και μπαχαρικών ενισχύει τη γεύση. Πέρα από την επίδρασή τους στις οργανοληπτικές ιδιότητες, τα συστατικά αυτά επηρεάζουν αποτελεσματικά τα ένζυμα και μπορούν είτε να απενεργοποιήσουν, είτε να αναστείλουν παθογόνους και αλλοιωτικούς μικροοργανισμούς, παρατείνοντας τη διάρκεια ζωής του κρέατος. Οι επιδράσεις αυτές συνδέονται συχνά με ενώσεις όπως οι πολυφαινόλες, τα οργανικά οξέα, η αιθανόλη και οι αντιμικροβιακοί παράγοντες (Syed et al., 2023).

3.2. Τύποι μαρινάδας

Οι μαρινάδες χωρίζονται ανάλογα με τη σύστασή τους, τις εφαρμογές τους και την φυσική τους κατάσταση σε διαφορετικές κατηγορίες. Σύμφωνα με το τελευταίο

χαρακτηριστικό, μπορούν να πραγματοποιηθούν δύο βασικές κατηγορίες μαριναρίσματος, οι ξηρές και οι υγρές.

3.2.1. Ξηρές μαρινάδες

Το μείγμα των ξηρών συστατικών μαριναρίσματος ομογενοποιείται και απλώνεται στην επιφάνεια του προϊόντος. Στη συνέχεια, το προϊόν τοποθετείται σε συνθήκες ψύξης και αφήνεται ώστε να διεισδύσουν σε αυτό τα διάφορα συστατικά. Ωστόσο, ένα αξιοσημείωτο μειονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ο αργός ρυθμός της, ενώ στην περίπτωση μεγάλων κομματιών κρέατος, υπάρχει κίνδυνος ανάπτυξης μικροοργανισμών πριν τα συντηρητικά φτάσουν σε όλες τις περιοχές του προϊόντος (Λάζος Ε. & Λάζου Α. 2010).

3.2.2. Υγρές μαρινάδες

Σε αυτή την προσέγγιση, δημιουργείται μια άλμη συνδυάζοντας τα συστατικά της μαρινάδας με νερό, το οποίο χρησιμεύει ως φορέας. Το πρόσθετο νερό αντισταθμίζει την υγρασία που χάνεται κατά τη θερμική επεξεργασία, ενισχύοντας το χυμώδες και την τρυφερότητα του τελικού προϊόντος. Η ισχύς της άλμης εξαρτάται από τη συγκέντρωση του αλατιού που χρησιμοποιείται (Λάζος Ε. & Λάζου Α. 2010). Οι υγρές μαρινάδες διακρίνονται σε διάφορους τύπους, με κύριες κατηγορίες τις όξινες, τις ενζυμικές, τις μαρινάδες με βάση τα γαλακτοκομικά προϊόντα και το μαρινάρισμα με άλατα.

3.2.2.1. Όξινες μαρινάδες

Η χρήση όξινων μαρινάδων αυξάνεται, ιδίως για τις αντιμικροβιακές τους ιδιότητες, επηρεάζοντας και την ποιότητα και τη λειτουργικότητα του κρέατος. Παραδοσιακά, αυτές οι μαρινάδες χρησιμοποιούνταν για να βελτιώσουν τη γεύση και την υφή των αποθηκευμένων παρασκευασμάτων κρέατος (Alvarado & McKee, 2007). Το οξύ που βρίσκεται στα διαλύματα μαρινάδας διαπερνά τους ιστούς, οδηγώντας σε μείωση του pH και σημαντική ενυδάτωση των πρωτεϊνών. Επιπλέον, η αυξημένη τρυφερότητα συνδέεται με την αυξημένη ικανότητα συγκράτησης νερού. Αυτές οι μεταβολές μπορούν να διευκρινιστούν από φυσικοχημικούς μηχανισμούς, που σχετίζονται κυρίως με τη μείωση του pH και την υψηλή ιοντική ισχύ. Σε όξινο περιβάλλον, η σκληρότητα του συνδετικού ιστού μειώνεται λόγω ενζυμικών διεργασιών ή εξασθενημένων ηλεκτροστατικών αλληλεπιδράσεων μεταξύ των αλυσίδων των μυοϊνιδιακών πρωτεϊνών. Σε περιπτώσεις διόγκωσης, η τρυφερότητα προκύ-

πτει από την «αραίωση» της ινώδους δομής ανά μονάδα διατομής του δείγματος. Επιπλέον, η οξίνιση μειώνει τη θερμοκρασία θερμικής μετουσίωσης των μυϊκών πρωτεϊνών. Εκτός από τη φθορά του συνδετικού ιστού, η ενυδάτωση των ινών που προκαλείται από τη μείωση του pH παραμένει μετά το μαγείρεμα, συμβάλλοντας στην τρυφεροποίηση (Goli et al., 2014).

3.2.2.2. Ενζυμικές μαρινάδες

Η αποικοδόμηση των μυϊκών πρωτεϊνών διευκολύνεται από την πρωτεολυτική δραστηριότητα των ενζύμων. Οι πρωτεάσες, επίσης γνωστές ως πεπτιδάσες ή πρωτεϊνάσες, διασπούν τις πρωτεΐνες υδρολύοντας τους πεπτιδικούς δεσμούς (Fernández-Lucas et al., 2017). Τα ένζυμα αυτά μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε δύο ομάδες: ενδογενή και εξωγενή ένζυμα. Τα ενδογενή ένζυμα είναι εκείνα που εκκρίνονται από το ίδιο το σώμα του κρέατος μετά το θάνατο του ζώου. Οι πρωτεάσες που δρουν στις μυοϊνδιακές πρωτεΐνες ταξινομούνται περαιτέρω σε καθεψίνες και καλπαΐνες (Basturk, 2021). Από την άλλη πλευρά, τα εξωγενή ένζυμα προστίθενται σκόπιμα στο κρέας για να το μαλακώσουν πριν από το μαγείρεμα. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται συνήθως ένζυμα πρωτεάσης φυτικής προέλευσης, όπως η παπαΐνη, η φικίνη, η βρωμελαΐνη, και η ακτινιδίνη (Madhusankha & Thilakarathna, 2020).

3.2.2.3. Μαρινάδες με γαλακτοκομικά προϊόντα

Τα γαλακτοκομικά προϊόντα που έχουν υποστεί ζύμωση (FDP), όπως το κεφίρ, το γιαούρτι και το βουτυρόγαλα, χρησιμεύουν όχι μόνο στη μαγειρική, αλλά βρίσκουν επίσης εφαρμογή ως μαρινάδες. Με χαμηλό pH 4,6, τα FDP περιέχουν ζωντανές καλλιέργειες μικροοργανισμών, κυρίως βακτήρια γαλακτικού οξέος (LAB). Πέρα από τις θετικές επιπτώσεις τους στην υγεία, οι μικροοργανισμοί αυτοί παρουσιάζουν αντιμικροβιακές ιδιότητες κατά των παθογόνων μικροοργανισμών μέσω της παραγωγής οργανικών οξέων, ιδίως γαλακτικού οξέος και βακτηριοσινών. Η ενσωμάτωση LAB βελτιώνει όχι μόνο τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά (χρώμα, εμφάνιση, γεύση και αποδοχή) αλλά και τη μικροβιολογική ποιότητα του διατηρημένου μαριναρισμένου κρέατος. Εκτός από τη συντήρηση και το μαρινάρισμα, τα ποικίλα συστατικά των μαρινάδων συμβάλλουν σημαντικά στη βελτίωση της υφής του κρέατος, όπως η τρυφερότητα και η χυμώδης υφή, και στην ενίσχυση της γεύσης του (Latoch et al., 2023).

3.2.2.4. Μαρινάρισμα με άλατα

Τα άλατα και μια φωσφορική ένωση, συνήθως τριπολυφωσφορικό νάτριο (STP), είναι δύο συνήθη συστατικά που βρίσκονται σε άλμες και μαρινάδες. Μεταξύ αυτών, το αλάτι (CaCl_2 , NaCl ή KCl) ξεχωρίζει ως ένα από τα παλαιότερα και πιο αποτελεσματικά συντηρητικά τροφίμων. Στη σύνθεση του κρέατος, το αλάτι εξυπηρετεί διάφορους σκοπούς: την ενίσχυση της γεύσης του προϊόντος, την ενίσχυση της συγκράτησης της υγρασίας, τη συνεργασία με το STP για την εκχύλιση των διαλυτών στο αλάτι πρωτεϊνών, την αναστολή της ανάπτυξης παθογόνων μικροοργανισμών μέσω της συνεργιστικής αλληλεπίδρασής του με το νιτρώδες νάτριο και τη δράση ως παράγοντα αφυδάτωσης όταν εφαρμόζεται σε συμπυκνωμένες ποσότητες στην επιφάνεια του κρέατος, λειτουργώντας έτσι ως συντηρητικό (Alvarado & McKee, 2007).

3.3. Τρόποι μαριναρίσματος

Υπάρχουν τρεις μέθοδοι που χρησιμοποιούνται συνήθως για την παραγωγή μαριναρισμένων προϊόντων. Αυτές είναι η εμβάπτιση, η έγχυση και το μαρινάρισμα υπό κενό.

3.3.1. Εμβάπτιση

Το παραδοσιακό μαρινάρισμα, γνωστό ως μαρινάρισμα με εμβάπτιση, περιλαμβάνει την βύθιση του κρέατος σε ένα μείγμα νερού, αλάτων, φωσφορικών αλάτων, αρωματικών ουσιών και άλλων συστατικών. Αυτή η μακράιωνη μέθοδος, που χαρακτηρίζεται από αργή και ανομοιόμορφη διείσδυση του αλατιού, μπορεί να επηρεάσει τη συνολική ποιότητα του προϊόντος (Ge et al., 2022). Σε αυτή τη διαδικασία, το κρέας βυθίζεται στη μαρινάδα και τα συστατικά διαπερνούν το κρέας μέσω διάχυσης με την πάροδο του χρόνου. Ωστόσο, η προσέγγιση αυτή δεν έχει συνέπεια στην κατανομή των συστατικών, γεγονός που την καθιστά αναξιόπιστη για τη βιομηχανία κρέατος. Επιπλέον, η μη πρακτικότητά της προκύπτει από τους παρατεταμένους χρόνους επεξεργασίας και τους περιορισμούς στην ποσότητα της μαρινάδας που μπορεί να εφαρμοστεί (Alvarado & McKee, 2007).

3.3.2. Έγχυση

Αυτή η μέθοδος μαριναρίσματος, γνωστή ως μαρινάρισμα με έγχυση, υιοθετείται ευρέως λόγω της ικανότητάς της να χορηγεί μια ακριβή ποσότητα άλμης χρησιμο-

ποιώντας βελόνες διαφορετικών μεγεθών, εξασφαλίζοντας συνέπεια στα τελικά προϊόντα χωρίς τη χρονοβόρα διαδικασία της εμβάπτισης (Yusop et al., 2012). Η βελόνα που χρησιμοποιείται εισάγεται σε διαφορετικά μέρη του κρέατος ή του τμήματος που βρίσκεται υπό επεξεργασία, ώστε να διανεμηθεί ισάξια σε όλα τα μέρη του. Σε βιομηχανική κλίμακα γίνεται χρήση πολλαπλών βελόνων με αυτόματα μηχανήματα έγχυσης άλμης (Λάζος Ε. & Λάζου Α. 2010).

3.3.3. Υπό κενό

Το μαρινάρισμα υπό κενό είναι μια τεχνική που χρησιμοποιείται για το κρέας πουλερικών, δημιουργώντας ένα προϊόν προστιθέμενης αξίας κατάλληλο για μαγείρεμα. Η διαδικασία αυτή μπορεί να λάβει χώρα είτε στο εργοστάσιο επεξεργασίας τροφίμων, είτε στο σουπερ μάρκετ, είτε στο κρεοπωλείο. Η μέθοδος εξάγει τα πρωτεϊνικά εκκρίματα, τα οποία αποτελούνται κυρίως από τις διαλυτές σε άλατα πρωτεΐνες ακτίνη και μυοσίνη. Αυτές οι πρωτεΐνες ενισχύουν τη συνοχή κατά τη διάρκεια της θερμικής επεξεργασίας, με αποτέλεσμα προϊόντα με βελτιωμένη χυμώδη υφή και βελτιωμένα χαρακτηριστικά. Η εξαγωγή των μυοϊνιδιακών πρωτεϊνών στην επιφάνεια του κρέατος εξυπηρετεί δύο βασικές λειτουργίες. Πρώτον, προκαλεί πήξη των πρωτεϊνών κατά τη θέρμανση, βελτιώνοντας τις ιδιότητες σύνδεσης. Δεύτερον, η εκχυλισμένη πρωτεΐνη λειτουργεί ως στεγανωτικό μέσο κατά τη θερμική επεξεργασία, βοηθώντας στη διατήρηση της υγρασίας εντός του ιστού του κρέατος (Alvarado & McKee, 2007).

3.4. Μαρινάρισμα με CaCl_2

Στον Πίνακα 3.1 παρατίθενται ενδεικτικά μερικές έρευνες που έχουν μελετήσει την επίδραση του χλωριούχου ασβεστίου, σε διαφορετικά κρέατα, είτε μεμονωμένα είτε σε συνδυασμό με άλλες τεχνικές.

3.5. Σκοπός της έρευνας

Μέσω αυτής της έρευνας μελετάται η κατάσταση στην οποία βρίσκονται οι περιεχόμενες πρωτεΐνες του κρέατος, δηλαδή αν είναι ενεργές, το ποσοστό ενεργότητάς τους ή αν είναι οξειδωμένες, μετουσιωμένες ή υδρολυμένες, καθιστώντας τες ακατάλληλες για την επεξεργασία τροφίμων και για ανθρώπινη κατανάλωση. Αυτό μπορεί να προσδιοριστεί μέσω της απόδοσης των μαριναρισμένων δειγμάτων σε σύγκριση με το νωπό δείγμα, κατά την μέτρηση των αφριστικών και γαλακτωματοποιητικών ιδιοτήτων τους, οι οποίες σχετίζονται άμεσα με τις πρωτεΐνες.

Πίνακας 3.1. Άλλες έρευνες που έχουν χρησιμοποιήσει μαρινάρισμα με CaCl_2 .

Ερευνητές	Είδος κρέ- ατος	Συγκέντρωση CaCl_2	Ευρήματα
Herrera- Stanziola et al., 2023	Κουνέλι	0% και 5% (w/v)	Το κρέας είχε περιεκτικότητα σε υγρασία 75,3 %, 2,8 % λίπος, 21,1 % πρωτεΐνη και 0,8 % τέφρα. Οι πρωτεΐνες κατανέμονται ως 54,8 % σαρκοπλασματικές, 35,1 % μυοϊνιδιακές και 10,1 % (SD=1,05) στρωματικές. Δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές στις μετρήσεις του pH. Διαπιστώθηκε ένα αρχικό φορτίο ψυχρόφιλων οργανισμών από αβιοτικές πηγές. Όσον αφορά την απώλεια σταγόνων, το μη μαριναρισμένο κρέας είχε τιμή $-1,0 \pm 0,7$ % και το μαριναρισμένο κρέας είχε τιμή $-0,1 \pm 0,6$ %. Η προσθήκη CaCl_2 παρήγαγε λευκότερο κρέας, αλλά μετά το μαγείρεμα είχε πιο κίτρινο χρώμα. Δεν βρέθηκαν σημαντικές διαφορές στην τρυφερότητα όταν προστέθηκε CaCl_2 .
Stanisławczyk et al., 2020	Άλογο	0,2 M και 0,3 M	Βελτιώθηκαν σημαντικά οι παράμετροι υφής του κρέατος αλόγου. Το κρέας με το πιο ανοιχτό χρώμα σε όλα τα επιμέρους χρονικά σημεία της ψυχρής αποθήκευσης προέκυψε για τη μαρινάδα 0,3 M CaCl_2 . Η πιο ευεργετική επίδραση στην ποιότητα του κρέατος αλόγου διαπιστώθηκε στην περίπτωση μαρινάρισματος κρέατος αλόγου σε διαλύματα CaCl_2 . Οι υψηλότερες τιμές για τις επιμέρους οργανοληπτικές ιδιότητες ελήφθησαν για το κρέας αλόγου που μαρινάρεται με CaCl_2 σε σύγκριση με το δείγμα ελέγχου.
Wang et al., 2022	Κοτόπουλο	0, 0,1, 0,2, 0,3, 0,4 και 0,5 M	Σε σύγκριση με την ομάδα χωρίς επεξεργασία, ο συνδυασμός CaCl_2 και PEF αύξησε την ικανότητα συγκράτησης νερού των κρεάτων στήθους κοτόπουλου κατά 16,61% και μείωσε την απώλεια μαγειρέματος κατά 28,93%. Επιπλέον, ο συνδυασμός CaCl_2 και PEF οδήγησε σε αυξημένη αποικοδόμηση των πρωτεϊνών υψηλού μοριακού βάρους και της επιφανειακής υδροφοβικότητας των μυοϊνιδιακών πρωτεϊνών. Επιπλέον, η επιμήκυνση του πρωτεϊνικού μορίου και οι αλλαγές στο μικροπεριβάλλον προώθησαν την αλληλεπίδραση μεταξύ πρωτεΐνης και νερού.
Nayak & Pathak, 2022	Κατσίκι	0,2% (w/v)	Σημαντική διαφορά στην περιεκτικότητα σε ανόργανα συστατικά μεταξύ των μπιφτεκιών που αναπτύχθηκαν με διαφορετικά μείγματα αλατιού. Η περιεκτικότητα σε ασβέστιο ήταν σημαντικά υψηλότερη στα μπιφτεκια με υποκατάστατο αλατιού. Οι τιμές σκληρότητας, ελαστικότητας και μασητικότητας ήταν σημαντικά υψηλότερες. Η γεύση και η αλμυρότητα ήταν σημαντικά χαμηλότερες. Ωστόσο, η γεύση, το χυμώδες και το αλμυρό, καθώς και οι συνολικές βαθμολογίες αποδοχής ήταν ανώτερες και ευρέως αποδεκτές μεταξύ των μελών της οργανοληπτικής επιτροπής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ IV

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

4.1. Υλικά και αντιδραστήρια

Πίνακας 4.1. Υλικά, αντιδραστήρια και μηχανήματα.

ΛΙΣΤΑ ΥΛΙΚΩΝ	ΛΙΣΤΑ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΙΩΝ
Ογκομετρικές Φιάλες	0,1M Φωσφορικό Κάλιο (K_3PO_4)
Βαζάκια	0,025M Φωσφορικό Κάλιο (K_3PO_4)
Σωλήνες Φυγοκέντρισης	1,1M Ιωδιούχο Κάλιο (KI)
Ογκομετρικός Κύλινδρος	Αντιδραστήριο Biuret
Κωνικές Φιάλες	Λευκωματίνη Ορού Βοοειδών (BSA)
Χωνιά	$CaCl_2$ (0,05M, 0,1M και 0,15M)
Κωνική Φιάλη Διήθησης Κενού	Λαουροθειϊκό Νάτριο 0,1% (SDS)
Χωνί Buchner	Ηλιέλαιο
Διηθητικοί Ηθμοί	ΛΙΣΤΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ
Γυάλινα Δοχεία	Μηχανή Κιμά
Ποτήρια Ζέσεως	Ζυγός
Μηχανική Πιπέτα Μεταβλητού Όγκου	Φυγόκεντρος
Πιπέτες Παστέρ (πλαστικές)	Αναδευτήρας Vortex
Κυψελίδες	Φασματοφωτόμετρο
Σιφώνια	Ομογενοποιητής

4.2. Δείγματα κρέατος

Το πείραμα διεξήχθη στα εργαστήρια του τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων του Ιονίου Πανεπιστημίου, στο Αργοστόλι Κεφαλονιάς, με σκοπό την επίδραση της μαρινάδας, με άλας $CaCl_2$ στις πρωτεΐνες του ελληνικού χοιρινού κρέατος (σαρκοπλασματικές, ολικές και μυϊκών ινιδίων) και συγκεκριμένα στο χοιρινό μπουτί. Τα δείγματα λήφθηκαν από τοπικά κρεοπωλεία και ήταν απαλλαγμένα από συνδετικό ιστό και λίπος. Για κάθε επανάληψη χρησιμοποιούνται δύο κιλά δείγματος τα οποία κόβονται σε κομμάτια διαμέτρου 2,5 εκατοστών περίπου (Chan, Omana & Betti, 2011), χωρίζονται σε δέκα ίσα μέρη και ζυγίζονται με ακρίβεια (0,001g). Το ένα μέρος μελετάται την ίδια μέρα (νωπό) ενώ τα υπόλοιπα μαρινάζονται για 24, 48 και 72 ώρες αντίστοιχα σε θερμοκρασία ψύξης (περίπου 5°C).

4.3. Μαρινάρισμα

Το κάθε βαζάκι περιέχει διαφορετικές συγκεντρώσεις άλατος CaCl_2 (0,05M, 0,1M και 0,15M) για κάθε χρονικό διάστημα, με τη μαρινάδα να βρίσκεται σε αναλογία 1:3. Μετά το πέρας των αντιστοιχών ωρών τα δείγματα αφαιρούνται από την μαρινάδα και απομακρύνονται τα απορρέοντα υγρά, για να πραγματοποιηθούν οι αναλύσεις.



Εικόνα 4.1. Προετοιμασία μαριναρισμένων δειγμάτων.

4.4. Αναλύσεις

Περίπου 8g δείγματος τοποθετούνται σε γυάλινους περιέκτες μαζί με 80mL ρυθμιστικού διαλύματος. Για τις ολικές πρωτεΐνες χρησιμοποιείται ιωδιούχο κάλιο 1,1M (KI) σε 0,1M φωσφορικού καλίου (K_3PO_4), ενώ για τις σαρκοπλασματικές 0,025M φωσφορικού καλίου (potassium phosphate) (K_3PO_4). Στη συνέχεια γίνεται ομογενοποίηση στα 12000rpm για 2min και τα δείγματα αποθηκεύονται στο ψυγείο στους 4°C όλη νύχτα (Chan, Omana & Betti, 2011).

4.4.1. Προσδιορισμός πρωτεϊνών

Την επόμενη μέρα τα δείγματα φυγοκεντρούνται στα 1500rcf για 20min στους 4°C. Κατόπιν μετريέται ο όγκος του υπερκείμενου και στη συνέχεια γίνεται απλή διήθηση και ακολουθεί διήθηση υπό κενό με ηθμούς Whatman No.1 (Chan, Omana & Betti, 2011). Έπειτα σε 1mL διηθήματος προστίθενται 4mL Biuret Reagent (στις ολικές πρωτεΐνες γίνεται πρώτα αραιώση 1:4 με νερό). Ακολουθεί ανάμειξη με Vortex και τα δείγματα αφήνονται σε ηρεμία για 30min σε θερμοκρασία δωματίου. Έπειτα γίνεται μέτρηση της συγκέντρωσης των πρωτεϊνών με τη χρήση φασματοφωτομέτρου στα 540nm (Gornall et. al, 1948) με πρότυπη καμπύλη λευκωματίνης ορού βοοειδών (BSA), σύμφωνα με τις συγκεντρώσεις που αναφέρονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 4.2) (Chan, Omana & Betti, 2011).



Εικόνα 4.2. Διήθηση δειγμάτων υπό κενό.

Πίνακας 4.2. Πίνακας συγκεντρώσεων πρότυπης καμπύλης.

Συγκέντρωση (g/L)	Πρότυπο διάλυμα (mL)	Νερό (mL)
1	0,2	1,8
2	0,4	1,6
3	0,6	1,4
4	0,8	1,2
5	1	1
6	1,2	0,8
7	1,4	0,6

4.4.2. Αφρισμός

Για τον αφρισμό τα δείγματα ομογενοποιούνται στα 13500rpm για 50sec (σε θερμοκρασία δωματίου), αμέσως μετά την ομογενοποίηση λαμβάνεται η μέτρηση t_0 και μετά από 30min η μέτρηση t_{30} . Στη συνέχεια υπολογίζεται η μάζα αφρού (Foam Mass ή FM) καθώς και η σταθερότητα του αφρού (Foam Stability ή FS), σύμφωνα με τις παρακάτω πράξεις (Chan, Omana & Betti, 2011):

$$FM (\%) = [\text{όγκος αφρού στο } t_0 (\text{mL}) / \text{αρχικός όγκος διαλύματος (20mL)}] * 100$$

$$FS (\%) = [\text{όγκος αφρού στο } t_{30} (\text{mL}) / \text{όγκος αφρού στο } t_0 (\text{mL})] * 100$$

4.4.3. Γαλάκτωμα

Για το γαλάκτωμα, στα δείγματα προστίθεται ηλιέλαιο (6,66mL), ομογενοποιούνται στα 14000rpm για 40sec και γίνεται δειγματοληψία 50μL γαλακτώματος σε χρόνο μηδέν (t_0) και μετά από δέκα λεπτά (t_{10}). Τα 50μL γαλακτώματος αναμειγνύονται με 5mL SDS 0,1% (w/v). Η απορρόφηση των διαλυμάτων μετريέται σε φασματοφωτόμετρο στα 500nm. Από την παραπάνω διαδικασία υπολογίζονται η ικανότητα γαλακτωματοποίησης (Emulsion Activity Index ή EAI) και ο δείκτης σταθερότητας γαλακτώματος (Emulsion Stability Index ή ESI) με τη χρήση των παρακάτω πράξεων (Dara et. al, 2021):

$$EAI = (2 * 2,303 * A_0) / (0,25 * C_{\text{πρωτεΐνης}})$$

Όπου:

A_0 : η απορρόφηση στον χρόνο μηδέν (t_0)

$$ESI = (A_0 * \Delta t) / \Delta A$$

Όπου:

Δt : η διαφορά των χρόνων δειγματοληψίας (10min)

ΔA : η διαφορά των απορροφήσεων στον χρόνο μηδέν (t_0) και στον χρόνο δέκα (t_{10})

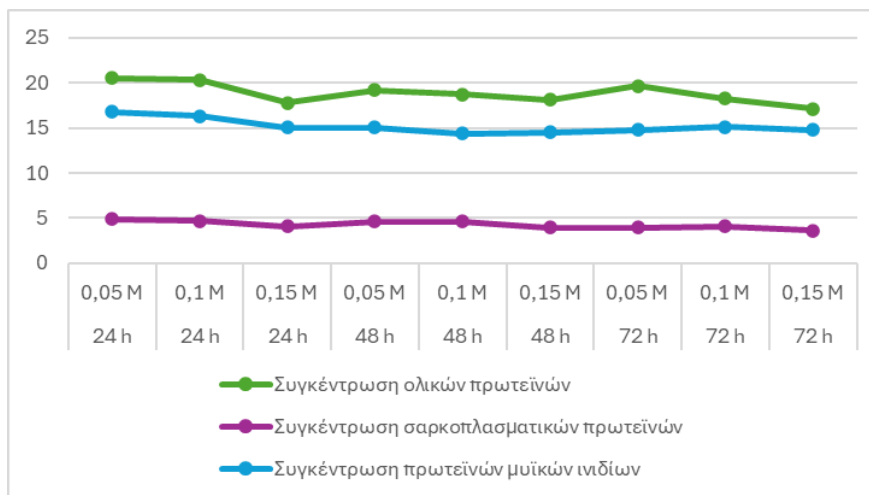
ΚΕΦΑΛΑΙΟ V

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η παρούσα εργασία αφορά τη μελέτη της ικανότητας του άλατος CaCl_2 να ενισχύει τις λειτουργικές ιδιότητες (σχηματισμός γέλης, γαλακτωματοποιητική ικανότητα, αφριστική ικανότητα και σταθερότητα αφρού) του κρέατος (Bessada et al., 2019). Συγκεκριμένα μελετήθηκαν η συγκέντρωση των πρωτεϊνών, ο αφρισμός (μάζα και σταθερότητα) και το γαλάκτωμα (ικανότητα και σταθερότητα) σε δείγματα χοιρινού μπουτιού.

5.1. Πρωτεΐνες

Παρατηρήθηκε αύξηση τόσο στις ολικές πρωτεΐνες, όσο και στις πρωτεΐνες μυϊκών ινιδίων, ενώ στις σαρκοπλασματικές υπήρξε μείωση σε σύγκριση με το νωπό δείγμα το οποίο δεν είχε υποστεί επεξεργασία με CaCl_2 (Πίνακας 5.1). Πιο συγκεκριμένα η συγκέντρωση 0,05M μετά το πρώτο εικοσιτετράωρο αποθήκευσης είχε τις πιο θετικές επιδράσεις. Επίσης, μπορεί να σημειωθεί ότι η σχέση συγκέντρωσης άλατος και πρωτεϊνών είναι αντιστρόφως ανάλογη, ανεξαρτήτως τύπου πρωτεϊνών (Διάγραμμα 5.1).



Διάγραμμα 5.1. Συνολική συγκέντρωση πρωτεϊνών.

Πίνακας 5.1. Συγκέντρωση πρωτεϊνών.

Συνολική Συγκέντρωση Πρωτεϊνών										
Χρόνος (h)	Νωπό δείγμα	24			48			72		
Συγκέντρωση CaCl ₂ (M)		0,05	0,1	0,15	0,05	0,1	0,15	0,05	0,1	0,15
Ολικές πρωτεΐνες (g/L)	16,7±8,9	20,6±2,5	20,3±1,9	17,8±3,5	19,2±2,6	18,8±1,7	18,1±2,6	19,7±2,6	18,3±5,0	17,1±3,6
Σαρκοπλασματικές πρωτεΐνες (g/L)	5,7±0,1	4,9±0,7	4,7± 0,3	4,1±0,2	4,6±0,3	4,6± 0,9	3,9± 0,5	4,0±0,3	4,1±0,4	3,6±0,5
Πρωτεΐνες μυϊκών ινιδίων (g/L)	11,0±8,8	16,0±1,1	15,5±1,1	13,7±1,8	14,6±2,3	14,0±1,1	14,2±2,2	15,7±0,8	14,2±4,1	13,5±4,0

Τα παραπάνω συμπεράσματα συμφωνούν και με τα αποτελέσματα των Stanislawczyk, et al. (2020) που μελέτησαν το κρέας αλόγου και την επίδραση αλάτων CaCl_2 και NaCl , καθώς και κιτρικού οξέος σε συνθήκες ψύξης, αλλά και με αυτά των Wang, et al. (2018) που ερεύνησαν το κρέας κοτόπουλου και πως αυτό επηρεάζεται από την επεξεργασία του με CaCl_2 και υψηλή πίεση. Οι πρώτοι βρήκαν, διαφορές στα επίπεδα πρωτεϊνών μεταξύ των δειγμάτων, αλλά οι διαφορές αυτές δεν ήταν στατιστικά σημαντικές. Τα πρόσθετα που χρησιμοποιήθηκαν στο μαρινάρισμα δεν επηρέασαν αξιοσημείωτα τα επίπεδα πρωτεΐνης. Παρ' όλα αυτά, παρατηρήθηκαν ελαφρώς αυξημένα επίπεδα πρωτεΐνης στα δείγματα που μαρινάρωνταν με διαλύματα που περιείχαν NaCl 2%, κιτρικό οξύ 3% και χλωριούχο ασβέστιο 0,2 M και 0,3 M. Οι Wang, et al. (2018), παρατήρησαν χαμηλή διαλυτότητα των μυοϊνιδιακών πρωτεϊνών στα δείγματα χωρίς CaCl_2 , η οποία όμως αυξήθηκε σημαντικά με υψηλότερες συγκεντρώσεις CaCl_2 . Ωστόσο, η διαλυτότητα κατέστη σταθερή σε υψηλότερες συγκεντρώσεις CaCl_2 λόγω κορεσμού. Η συνεργιστική επίδραση της υψηλής πίεσης και των χαμηλών επιπέδων CaCl_2 βελτίωσε τη διαλυτότητα, αλλά η επίδραση αυτή μειώθηκε σε υψηλότερες συγκεντρώσεις CaCl_2 .

5.2. Αφρισμός

Ο αφρός αναφέρεται σε ένα μείγμα αερίων διασκορπισμένων μέσα σε ένα υγρό, όπου το μεγαλύτερο μέρος του όγκου καταλαμβάνεται από φυσαλίδες αερίου. Το υγρό συστατικό δρα ως συνεχής φάση, ενσωματώνοντας επιφανειοδραστικές ουσίες για τη σταθεροποίηση των φυσαλίδων (Xiong et al., 2018).

Η διαδικασία σχηματισμού αφρού περιλαμβάνει τρία στάδια. Αρχικά, διαλυτές σφαιρικές πρωτεΐνες διαχέονται προς τη διεπιφάνεια αέρα-νερού, όπου συσσωρεύονται και μειώνουν την επιφανειακή τάση. Στη συνέχεια, αυτές οι πρωτεΐνες υφίστανται εκδίπλωση στη διεπιφάνεια, ευθυγραμμίζοντας τα πολικά τους τμήματα προς τη φάση του νερού, οργανώνοντας έτσι υδρόφιλες και υδρόφοβες περιοχές σε υδατικές και μη υδατικές φάσεις. Τέλος, τα πολυπεπίδια αλληλεπιδρούν για την κατασκευή ενός φιλμ μέσω της μετουσίωσης και της πήξης. Αυτό το φιλμ, που προσροφάται γρήγορα στη διεπιφάνεια, σχηματίζει ένα σταθεροποιητικό περίβλημα γύρω από τις φυσαλίδες, διευκολύνοντας τον σχηματισμό αφρού (Gharbi & Labbafi, 2019).

Τα χαρακτηριστικά των αφρών με βάση τις πρωτεΐνες συνήθως επικεντρώνονται στην ικανότητα αφρισμού και τη σταθερότητα του αφρού. Η ικανότητα αφρισμού μετράει την δυνατότητα διοχέτευσης αέρα στο πρωτεϊνικό διάλυμα, η οποία προσ-

διορίζεται ποσοτικά από την αύξηση του όγκου του αφρού. Ενώ, η σταθερότητα μπορεί να εκτιμηθεί παρατηρώντας τον ρυθμό αποστράγγισης υγρών από τον αφρό ή τον ρυθμό μείωσης του όγκου του αφρού (Gharbi & Labbafi, 2019).

Η αποσταθεροποίηση του αφρού συμβαίνει κυρίως μέσω τριών μηχανισμών: αποστράγγιση, συνένωση και μη αναλογική κατανομή. Η αποστράγγιση μειώνει την περιεκτικότητα του αφρού σε υγρό, με αποτέλεσμα έναν πιο ξηρό αφρό. Η συνένωση αναφέρεται στη συγχώνευση γειτονικών φυσαλίδων, ενώ η μη αναλογική κατανομή περιλαμβάνει τη μεταφορά αερίου από μικρότερες σε μεγαλύτερες φυσαλίδες, οδηγώντας στην εξαφάνιση των μικρότερων. Συχνά, αυτοί οι μηχανισμοί επιταχύνουν συνεργιστικά ο ένας τον άλλον. Για παράδειγμα, η αποστράγγιση υγρού μεταξύ γειτονικών φυσαλίδων μπορεί να προκαλέσει ρήξη του υγρού φιλμ και επακόλουθα συνένωση. Επιπλέον, η συγχώνευση φυσαλίδων μπορεί να δώσει μεγαλύτερες φυσαλίδες, επηρεάζοντας περαιτέρω τη σταθερότητα του αφρού (Gharbi & Labbafi, 2019).

Στον πίνακα 5.2. παρατηρήθηκε ότι για την μάζα αφρού η συγκέντρωση 1,5 mg/mL είχε χαμηλότερες τιμές από αυτή του νωπού στα μαριναρισμένα δείγματα, κατά μέσο όρο, ενώ αντίθετα αποτελέσματα έδωσε η συγκέντρωση 3 mg/mL. Ταυτόχρονα, στην σταθερότητα του αφρού παρατηρήθηκε ελάττωση των τιμών σε σύγκριση με το νωπό δείγμα, ανεξαρτήτως συγκέντρωσης. Εξαιρέση αποτελούν οι τιμές που εμπίπτουν στην συγκέντρωση 1,5 mg/mL των ολικών πρωτεϊνών και πιο συγκεκριμένα στην συγκέντρωση 0,05M του πρώτου και του δεύτερου εικοσιτετράωρου αποθήκευσης και 0,1M του σαρανταοκταώρου αποθήκευσης.

Στην μάζα αφρού σημειώθηκε ότι η συγκέντρωση 3 mg/mL δίνει σχεδόν διπλάσιες τιμές από ότι η συγκέντρωση 1,5 mg/mL στα μαριναρισμένα δείγματα, ενώ στο νωπό δείγμα ίσχυε το αντίθετο, ανεξαρτήτως είδους πρωτεϊνών. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί λόγω της συνεργιστικής δράσης των ιόντων Ca^{2+} με τις περιεχόμενες πρωτεΐνες του κρέατος και συνεπώς η μεγαλύτερη συγκέντρωση αυτών αυξάνει τη διαθεσιμότητά τους προς αντίδραση με τα ιόντα ασβεστίου (Agrawal et al., 2018).

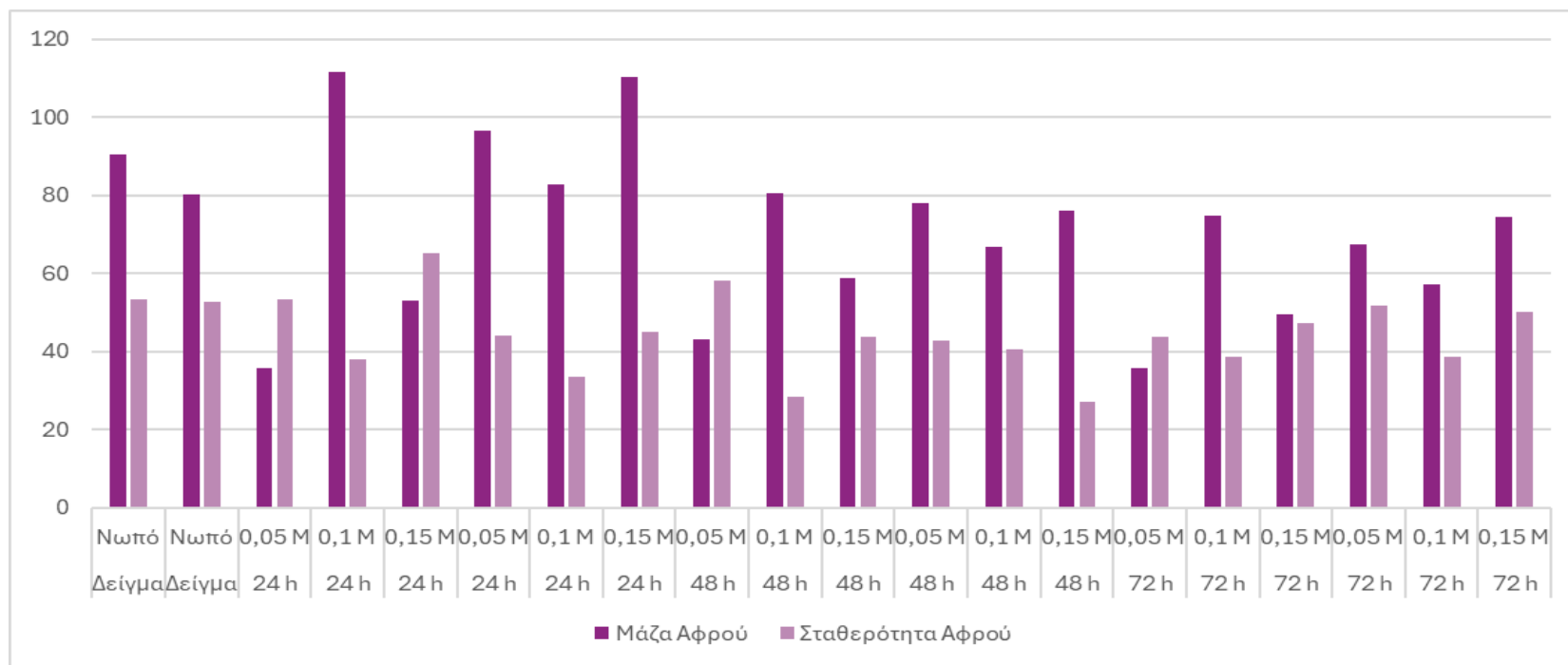
Παρατηρήθηκε ότι στην σταθερότητα αφρού οι τιμές που αφορούσαν την συγκέντρωση 1,5 mg/mL των ολικών πρωτεϊνών ήταν μεγαλύτερες συγκριτικά με αυτές της συγκέντρωσης 3 mg/mL. Πιο συγκεκριμένα, μερικές τιμές που αφορούν τις συγκεντρώσεις 0,1M και 0,15M αποτελούν εξαιρέση αυτού. Στις σαρκοπλασματικές πρωτεΐνες μεγαλύτερες τιμές έδωσε η συγκέντρωση 3 mg/mL σε σχέση με την συ-

γκέντρωση 1,5 mg/mL, με τις εξαιρέσεις που προαναφέρθηκαν να ισχύουν και σε αυτή την περίπτωση.

Γενικά συμπεραίνεται ότι στις ολικές πρωτεΐνες, η χαμηλή μάζα αφρού αντιστοιχεί σε μεγάλη σταθερότητα, ενώ οι σαρκοπλασματικές εμφανίζουν αναλογία στη μάζα και σταθερότητα του αφρού (Διάγραμμα 5.2).

Οι Chan, Omana & Betti (2011) πραγματοποιούν τη διαστολή του αφρού και τη σταθερότητα των σαρκοπλασματικών και μυοϊνιδιακών πρωτεϊνών στο κρέας σε διαφορετικές συγκεντρώσεις πρωτεϊνών και επίπεδα pH. Υποδεικνύουν ότι στη συγκέντρωση 1,5 mg/mL, η διαστολή του αφρού των σαρκοπλασματικών πρωτεϊνών είναι σημαντικά υψηλότερη στο κρέας με υψηλό pH συγκριτικά με ένα κρέας που έχει χαμηλό pH, πιθανότατα λόγω της αυξημένης διαλυτότητας των πρωτεϊνών. Ωστόσο, δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά στη συγκέντρωση 3 mg/mL. Το τελικό pH δεν επηρέασε σημαντικά τη διαστολή του αφρού ή τη σταθερότητα των μυοϊνιδιακών πρωτεϊνών σε καμία από τις δύο συγκεντρώσεις. Επιπλέον, στα 1,5 mg/mL, δεν υπήρχε σημαντική διαφορά στη σταθερότητα του αφρού των μυοϊνιδιακών πρωτεϊνών μεταξύ των κατηγοριών κρέατος, αλλά στα 3 mg/mL, το κρέας με χαμηλό pH είχε σημαντικά υψηλότερη σταθερότητα σε σύγκριση με το κρέας με κανονικό pH.

Οι Dara et al. (2021) εξετάζουν την ικανότητα αφρισμού και τη σταθερότητα των δειγμάτων μυοϊνιδιακών πρωτεϊνών σε συγκέντρωση 2%. Σημειώνεται ότι τα δείγματα μυοϊνιδιακών πρωτεϊνών βόειου κρέατος και τόνου παρουσιάζουν υψηλότερη ικανότητα αφρισμού σε σύγκριση με άλλα δείγματα, ενώ τα δείγματα μυοϊνιδιακών πρωτεϊνών βόειου κρέατος και κοτόπουλου παρουσιάζουν ανώτερη σταθερότητα αφρισμού. Η μελέτη διαπιστώνει ότι οι μυοϊνιδιακές πρωτεΐνες του τόνου διαθέτουν υψηλότερη υδροφοβικότητα και δισουλφιδικούς δεσμούς σε σύγκριση με άλλες πρωτεΐνες, συμβάλλοντας ενδεχομένως σε ανώτερη ικανότητα αφρισμού.



Διάγραμμα 5.2. Σχέση μάζας και σταθερότητας αφρού των ολικών πρωτεϊνών.

Πίνακας 5.2. Επίδραση μαριναρίσματος με CaCl₂ στον αφρισμό ολικών και σαρκοπλασματικών πρωτεϊνών χοιρινού κρέατος.

		Μάζα Αφρού % (FM %)				Σταθερότητα Αφρού % (FS %)			
		Ολικές πρωτεΐνες (mg/mL)		Σαρκοπλασματικές πρωτεΐνες (mg/mL)		Ολικές πρωτεΐνες (mg/mL)		Σαρκοπλασματικές πρωτεΐνες (mg/mL)	
Χρόνος (h)	Συγκέντρωση CaCl ₂ (M)	1,5	3	1,5	3	1,5	3	1,5	3
Νωπό δείγμα		90±23	80±9	57±6	39±10	53±29	52±19	57±39	75±5
24	0,05	35±1	111±7	37±24	55±37	53±11	37±18	50±17	61±28
	0,1	53±24	96±13	50±39	52±8	65±4	43±19	27±10	50±29
	0,15	82±10	110±8	33±27	41±33	33±14	45±20	49±12	43±13
	0,05	43±28	80±50	62±37	52±40	58±32	28±14	42±32	56±34
48	0,1	58±32	78±36	47±30	48±25	40±6	42±31	37±29	45±21
	0,15	66±44	76±47	49±35	78±44	40±19	26±15	45±14	41±32
	0,05	35±6	74±39	40±24	49±30	43±13	38±23	45±32	66±24
72	0,1	49±23	67±33	32±24	44±35	47±27	51±30	44±29	28±26
	0,15	57±34	74±50	38±22	58±21	38±10	50±26	47±17	49±21

5.3. Γαλάκτωμα

Ένα γαλάκτωμα του τύπου λάδι-σε-νερό (O/W) εισέρχεται σε κατάσταση κροκίδωσης όταν ένα σημαντικό μέρος των διασκορπισμένων σταγονιδίων του συγκεντρώνεται σε μικρές ή μεγάλες ομάδες, γνωστές ως «κροκίδες» (Dickinson, 2019).

Λόγω της εγγενούς μοριακής αναντιστοιχίας μεταξύ ελαίου και νερού, τα γαλακτώματα είναι θερμοδυναμικά ασταθή και τείνουν να ελαχιστοποιούν την διεπιφάνεια μεταξύ των δύο φάσεων, οδηγώντας σε φυσική αποσταθεροποίηση και τελικά σε διαχωρισμό φάσεων. Η διαδικασία αυτή μπορεί να καθυστερήσει σημαντικά πέρα από τους τυπικούς χρόνους αποθήκευσης με τη χρήση γαλακτωματοποιητών, οι οποίοι είναι επιφανειοδραστικά μόρια με υδρόφιλα και υδρόφοβα συστατικά που τους επιτρέπουν την προσρόφηση στη διεπιφάνεια ελαίου-νερού. Οι γαλακτωματοποιητές τροφίμων χωρίζονται σε δύο κύριες κατηγορίες:

- Γαλακτωματοποιητές χαμηλού μοριακού βάρους, όπως λεκιθίνες, πολυσορβικά άλατα και μονογλυκερίδια
- Αμφίφυλα βιοπολυμερή, όπως οι πρωτεΐνες (π.χ. πρωτεΐνες ορού γάλακτος, καζεΐνες) (Berton-Carabin & Schroën, 2019).

Οι σφαιρικές πρωτεΐνες, ειδικότερα, χρησιμοποιούνται συνήθως ως γαλακτωματοποιητές λόγω της αποτελεσματικής επιφανειακής τους δραστηριότητας και της σταθεροποίησης της διεπιφάνειας. Κατά τη διάρκεια της γαλακτωματοποίησης, οι πρωτεΐνες προσροφώνται στις νεοσύστατες επιφάνειες των σταγονιδίων, μειώνοντας τη διεπιφανειακή τάση και προάγοντας τη σταθερότητα. Μόλις προσροφηθούν, οι σφαιρικές πρωτεΐνες υφίστανται δομική αναδίπλωση, πλευρικές ελκτικές αλληλεπιδράσεις και μερικές φορές μετουσίωση και συσσωμάτωση, τα οποία συμβάλλουν σε λεπτότερα διεπιφανειακά υμένια και έκθεση των πιο δραστικών πρωτεϊνικών ομάδων, οδηγώντας σε ενισχυμένη κροκίδωση και συνένωση των σταγονιδίων (Tang, 2020).

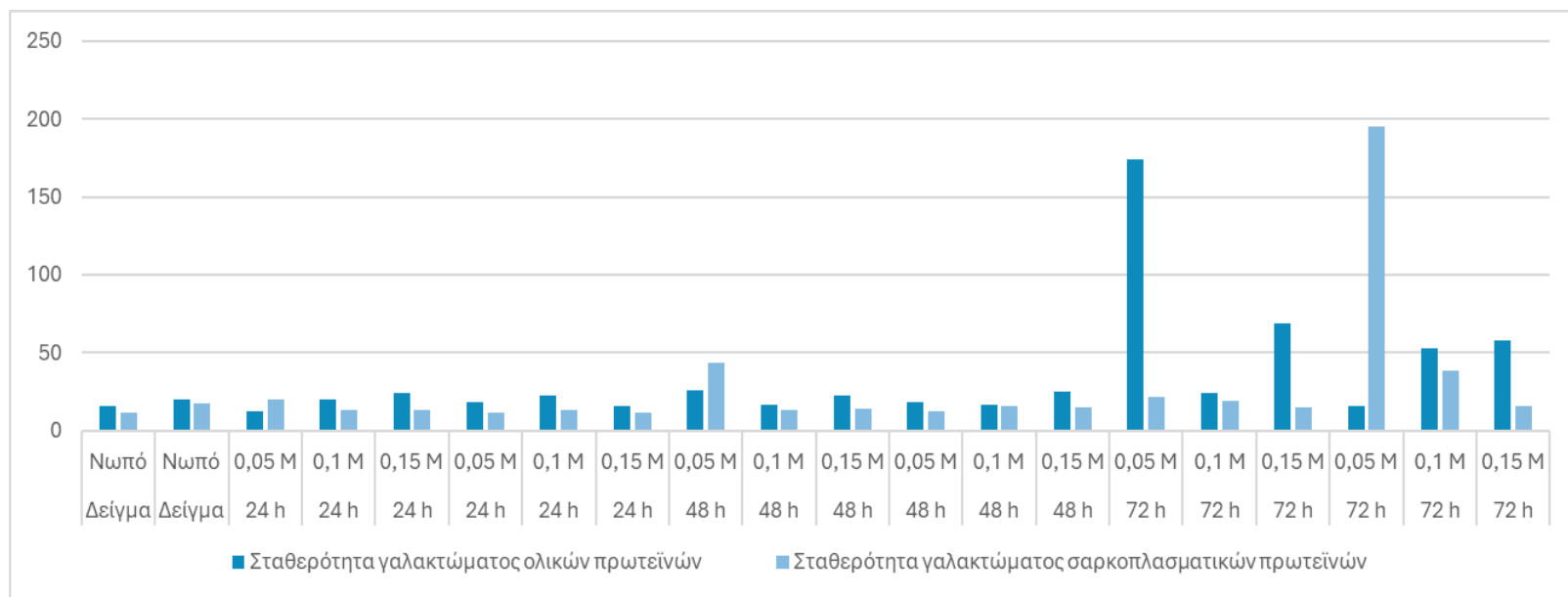
Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 5.3) παρατίθενται τα αποτελέσματα για τις ιδιότητες του γαλακτώματος των δειγμάτων. Γενικά για την ικανότητα γαλακτωματοποίησης σημειώθηκε αύξηση από το δεύτερο εικοσιτετράωρο αποθήκευσης και μετά, όσον αφορά τις ολικές πρωτεΐνες (1,5 mg/mL), ενώ στην συγκέντρωση 3 mg/mL παρατηρήθηκε κατά μέσο όρο μείωση των τιμών σε σύγκριση με το νωπό δείγμα. Το αντίθετο ίσχυε για τις σαρκοπλασματικές πρωτεΐνες, αφού στην συγκέντρωση 1,5 mg/mL υπήρχε ελάττωση όλων των τιμών, ενώ στην συγκέντρωση 3 mg/mL παρατηρήθηκε αύξηση, με λίγες εξαιρέσεις. Στην σταθερότητα του γαλακτώματος

παρατηρήθηκε συνολική αύξηση των τιμών που αφορούν την συγκέντρωση 1,5 mg/mL και στους δύο τύπους πρωτεϊνών, ενώ μείωση σημειώθηκε στην συγκέντρωση 3 mg/mL. Σημαντικές εξαιρέσεις αποτελούν τιμές που εμφανίζονται στο τρίτο εικοσιτετράωρο και συγκεκριμένα οι 0,1M και 0,15M για τις ολικές πρωτεΐνες στην συγκέντρωση 1,5 mg/mL και η 0,05M και για τους δύο τύπους πρωτεϊνών στη συγκέντρωση 3 mg/mL (Διάγραμμα 5.3).

Συνολικά παρατηρήθηκε ότι στην ικανότητα γαλακτωματοποίησης των ολικών πρωτεϊνών δεν έπαιξε ρόλο η συγκέντρωση (1,5 και 3 mg/mL) και άρα υπήρξε ισάξια κατανομή των τιμών. Για τις υπόλοιπες μεταβλητές (ικανότητα γαλακτωματοποίησης σαρκοπλασματικών πρωτεϊνών και σταθερότητα γαλακτώματος συνολικά) σημειώθηκε ότι η συγκέντρωση 1,5 mg/mL είχε θετικότερα αποτελέσματα σε σύγκριση με την 3 mg/mL. Εξετάζοντας την σταθερότητα, μεγαλύτερες τιμές εμφάνισαν τα δείγματα που μαριναρίστηκαν για τρία εικοσιτετράωρα (0,05M).

Οι Chan, Omana & Betti (2011) μελέτησαν τις ιδιότητες γαλακτωματοποίησης των σαρκοπλασματικών και των μυοϊνδιακών πρωτεϊνών στο κρέας γαλοπούλας με διαφορετικά επίπεδα pH. Αναφέρουν ότι οι σαρκοπλασματικές πρωτεΐνες από κρέας με υψηλό pH παρουσιάζουν σημαντικά υψηλότερη ικανότητα γαλακτωματοποίησης σε σύγκριση με το κρέας με χαμηλό pH, πιθανότατα λόγω αυξημένης διαλυτότητας ή περιεκτικότητας σε σουλφυδρύλια. Ωστόσο, δεν διαπιστώθηκε σημαντική διαφορά στο EAI για τις μυοϊνδιακές πρωτεΐνες σε διάφορα επίπεδα pH. Μετρήθηκε επίσης ο δείκτης σταθερότητας γαλακτώματος, χωρίς σημαντική διαφορά στη σταθερότητα των μυοϊνδιακών πρωτεϊνών σε όλα τα δείγματα. Η μελέτη υποδηλώνει ότι η σταθερότητα γαλακτώματος στις μυοϊνδιακές πρωτεΐνες της γαλοπούλας είναι ανεξάρτητη από τη συγκέντρωση της πρωτεΐνης.

Η έρευνα των Dara et al. (2021) ασχολήθηκε με τις γαλακτωματοποιητικές ιδιότητες δειγμάτων μυοϊνδιακών πρωτεϊνών από διάφορες πηγές κρέατος, συμπεριλαμβανομένων του βόειου κρέατος, του αρνιού, του κοτόπουλου, του τόνου και του λυθρινιού. Επισημαίνει τις διαφορές στην ικανότητα γαλακτωματοποίησης (EAI) και στον δείκτη σταθερότητας γαλακτώματος (ESI) μεταξύ αυτών των δειγμάτων. Το βοδινό κρέας παρουσίασε το υψηλότερο EAI, ενώ το αρνί είχε το υψηλότερο ESI.



Διάγραμμα 5.3. Σταθερότητα γαλακτώματος και των δύο τύπων πρωτεϊνών.

Πίνακας 5.3. Επίδραση μαριναρίσματος με CaCl₂ στις γαλακτωματοποιητικές ιδιότητες ολικών και σαρκοπλασματικών πρωτεϊνών χοιρινού κρέατος.

		Ικανότητα Γαλακτωματοποίησης (%)				Σταθερότητα Γαλακτώματος (%)			
		Ολικές πρωτεΐνες (mg/mL)		Σαρκοπλασματικές πρω- τεΐνες (mg/mL)		Ολικές πρωτεΐνες (mg/mL)		Σαρκοπλασματικές πρωτεΐνες (mg/mL)	
Χρόνος (h)	Συγκέντρωση CaCl ₂ (M)	1,5	3	1,5	3	1,5	3	1,5	3
Νωπό δείγμα		2,4±1,8	2,6±0,6	2,6±0,8	1,4±0,9	15,9±8,2	19,6±10,2	11,8±0,1	17,0±9,1
24	0,05	2,3±1,3	1,8±0,8	2,3±1,1	1,6±0,7	12,5±0,0	19,9±1,8	20,0±12,8	12,8±1,5
	0,1	1,7±0,2	2,2±0,1	2,5±0,4	2,1±0,1	24,0±6,8	17,8±2,6	13,4±1,4	11,7±0,4
	0,15	1,6±0,5	2,2±0,6	2,5±1,6	2,1±0,1	22,1±7,3	15,8±1,8	13,2±2,0	11,2±0,8
	0,05	2,5±2,0	3±0,9	1,6±0,8	1,3±0,7	25,7±7,6	16,6±1,4	14,8±2,6	13,5±0,2
48	0,1	3,1±2,5	2,8±0,6	1,8±1,1	1,2±0,7	22,1±10,9	17,8±7,4	14,0±2,0	12,2±0,1
	0,15	3,3±2,5	2,1±1,0	1,7±0,7	1,2±0,7	16,2±4,3	25,1±9,5	15,7±3,7	14,6±3,9
	0,05	2,5±1,9	2,3±0,8	2,2±1,4	1,4±0,7	23,3±8,3	24,2±17,3	21,9±13,8	19,0±10,5
72	0,1	3,0±2,0	2,4±0,2	2,4±1,2	1,5±0,7	15,9±2,9	15,4±2,4	14,4±0,6	13,7±0,3
	0,15	3,5±1,7	2,6±0,9	2,5±1,5	1,4±0,6	13,9±0,5	14,3±0,3	12,2±0,1	15,3±6,1

ΚΕΦΑΛΑΙΟ VI

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με το πέρας της έρευνας παρατηρείται ότι η χρήση μαρινάδας, στο συγκεκριμένο είδος και τμήμα κρέατος, ενισχύουν τις αφριστικές και γαλακτωματοποιητικές ικανότητές του, όπως φαίνεται και από τα παραπάνω αποτελέσματα. Η χρήση άλατος CaCl_2 μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε οικιακή ή βιομηχανική κλίμακα σε μαρινάδες για την βελτίωση και ενίσχυση των χημικών ιδιοτήτων του χοιρινού κρέατος και συγκεκριμένα του χοιρινού μπουτιού. Συνολικά για τον αφρισμό παρατηρήθηκε ότι για τις ολικές πρωτεΐνες θετικά αποτελέσματα εμφάνισαν οι συγκεντρώσεις 0,05M και 0,15M, ενώ για τις σαρκοπλασματικές η συγκέντρωση 0,05M υπερσχύει των άλλων δύο. Για το γαλάκτωμα αναφέρεται ισάξια κατανομή μέγιστων ανάμεσα στις συγκεντρώσεις 0,05M και 0,15M για τις ολικές και μεταξύ και των τριών συγκεντρώσεων για τις σαρκοπλασματικές. Επίσης, η συγκέντρωση των πρωτεϊνών και ο χρόνος μαριναρίσματος δεν φάνηκε να επηρεάζουν τα αποτελέσματα σε σημαντικό βαθμό. Η παραπάνω έρευνα δίνει έναυσμα για μελλοντικές έρευνες, ως προς τη χρήση μαρινάδας με CaCl_2 σε μεγαλύτερη κλίμακα από αυτή του εργαστηρίου και ίσως και σε βιομηχανικό επίπεδο, για την βελτίωση των ιδιοτήτων του χοιρινού κρέατος και την παραγωγή ποιοτικότερων προϊόντων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Agnetti, G., Herrmann, H., & Cohen, S. (2022). New roles for desmin in the maintenance of muscle homeostasis. *The FEBS journal*, 289(10), 2755-2770. <https://febs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/febs.15864>
- Agrawal, A., Suryakumar, G., & Rathor, R. (2018). Role of defective Ca²⁺ signaling in skeletal muscle weakness: Pharmacological implications. *Journal of Cell Communication and Signaling*, 12(4), 645-659. <https://doi.org/10.1007/s12079-018-0477-z>
- Ahmad, R. S., Imran, A., & Hussain, M. B. (2018). Nutritional Composition of Meat. *InTech*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.77045>
- Alvarado, C., & McKee, S., (2007). Marination to Improve Functional Properties and Safety of Poultry Meat. *Journal of Applied Poultry Research*, 16, 1, 113 – 120. <https://doi.org/10.1093/japr/16.1.113>
- Arnarson, A. (2023, Ιούλιος 20). *Pork 101: Nutrition Facts and Health Effects*. Healthline. <https://www.healthline.com/nutrition/foods/pork>
- Astruc, T. T. (2014). Connective tissue: Structure, function, and influence on meat quality. <https://hal.science/hal-02801237/>
- Australian Pork. (n.d). *Stages of pork production*. <https://australianpork.com.au/about-pig-farming/stages-pork-production>
- 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>
- Begum, J. (2022, Σεπτέμβριος 15). *Pork: Is It Good for You?*. WebMD. <https://www.webmd.com/diet/pork-good-for-you>
- Berton-Carabin, C., & Schroën, K. (2019). Towards new food emulsions: Designing the interface and beyond. *Current Opinion in Food Science*, 27, 74-81. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2019.06.006>
- Bessada, S. M., Barreira, J. C., & Oliveira, M. B. P. (2019). Pulses and food security: Dietary protein, digestibility, bioactive and functional properties. *Trends in Food Science & Technology*, 93, 53-68. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.08.022>
- Blanco, A., & Blanco, G., (2017). Chapter 3 – Proteins. *Medical Biochemistry*, 21 – 71. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803550-4.00003-3>

- Chan, J. T. Y., Omana, D. A., & Betti, M. (2011). Functional and rheological properties of proteins in frozen turkey breast meat with different ultimate pH. *Poultry Science*, 90(5), 1112-1123. <https://doi.org/10.3382/ps.2010-01185>
- Cobos, A., & Díaz, O. (2015). Chemical composition of meat and meat products. *Handbook of food chemistry*, 1. https://doi.org/10.1007/978-3-642-36605-5_6
- Dara, P. K., Geetha, A., Mohanty, U., Raghavankutty, M., Mathew, S., Nagarajara, R. C., & Rangasamy, A. (2021). Extraction and characterization of myofibrillar proteins from different meat sources: A comparative study. *Journal of Bioresources and Bioproducts*, 6(4), 367-378. <https://doi.org/10.1016/j.jobab.2021.04.004>
- Dickinson, E. (2019). Strategies to control and inhibit the flocculation of protein-stabilized oil-in-water emulsions. *Food hydrocolloids*, 96, 209-223. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.05.021>
- Fernández-Lucas, J., Castañeda, D., & Hormigo, D. (2017). New trends for a classical enzyme: Papain, a biotechnological success story in the food industry. *Trends in Food Science and Technology*, 68, 91-101. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.08.017>
- Ge, Q., Guo, S., Chen, S., Wu, Y., Jia, Z., Kang, Z., Xiong, G., Yu, H., Wu, M., & 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>
- Gharbi, N., & Labbafi, M. (2019). Influence of treatment-induced modification of egg white proteins on foaming properties. *Food hydrocolloids*, 90, 72-81. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.11.060>
- Goli, T., Ricci, J., Bohuon, P., Marchesseau, S., & Collignan, A. (2014). Influence of sodium chloride and pH during acidic marination on water retention and mechanical properties of turkey breast meat. *Meat Science*, 96, 3, 1133 - 1140. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.10.031>
- Gornall, A. G., Bardawill, C. J., & David, M. M. (1949). Determination of serum proteins by means of the biuret reaction. *J. biol. Chem*, 177(2), 751-766.
- Grossi, A., Olsen, K., Bolumar, T., Rinnan, Å., Øgendal, L. H., & Orlén, V. (2016). The effect of high pressure on the functional properties of pork myofibrillar proteins. *Food chemistry*, 196, 1005-1015. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.10.062>
- Herrera-Stanziola, J., Chacón-Villalobos, A., & Pineda-Castro, M. L. (2023). Physicochemical and microbiological characterization of "New Zealand" rabbit meat

- and effect of marinating with CaCl_2 . *Agronomía Mesoamericana*, 34(3). <http://dx.doi.org/10.15517/am.2023.51204>
- Latoch, A., Moczowska-Wyrwisz, M., Salek, P., & Czarniecka-Skubina, E. (2023). Effect of Marinating in Dairy-Fermented Products and Sous-Vide Cooking on the Protein Profile and Sensory Quality of Pork Longissimus Muscle. *Foods*, 12, 17, 3257. <https://doi.org/10.3390/foods12173257>
- Listrat, A., Lebre, B., Louveau, I., Astruc, T., Bonnet, M., Lefaucœur, L., ... & Bugeon, J. (2016). How muscle structure and composition influence meat and flesh quality. *The Scientific World Journal*, 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/3182746>
- Madhusankha, M., & Thilakarathna, C. (2020). Meat tenderization mechanism and the impact of plant exogenous proteases: A review. *Arabian Journal of Chemistry*, 14, 2, 102967. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2020.102967>
- Nayak, N. K., & Pathak, V. (2022). Development and quality assessment of low-sodium functional chevon patties. *British Food Journal*, 124(9), 2805-2816. <https://doi.org/10.1108/BFJ-05-2021-0581>
- Park, S. Y., & Kim, H. Y. (2021). Effects of marketing ages on the physicochemical properties and sensory aspects of cured broiler chicken breast meat. *Foods*, 10(9), 2152. <https://doi.org/10.3390/foods10092152>
- Pujol, A., Ospina-E, J. C., Alvarez, H., & Muñoz, D. A. (2023). Myoglobin content and oxidative status to understand meat products' color: Phenomenological based model. *Journal of Food Engineering*, 348, 111439. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2023.111439>
- Ranken, M. D. (2015). *Handbook of meat product technology*. Blackwell Science. <https://www.researchgate.net/publication/285598660> Translate to the Persian meat of technology
- Schweihofer, J. (2014, Ιανουάριος 23). *An inside look at pork processing*. Michigan State University. https://www.canr.msu.edu/news/an_inside_look_at_pork_processing
- Smili, H., Boudida, Y., Becila, S., Babelhadj, B., Idder, M., Chehma, A., ... & Ouagli, A. (2023). Early postmortem degradation of actin muscle protein in Algerian Sahraoui dromedaries. *Food Science and Technology International*, 29(6), 555-563. <https://doi.org/10.1177/10820132221097879>
- Stanisławczyk, R., Rudy, M., Gil, M., Duma-Kocan, P., Dziki, D., & Rudy, S. (2020). The effect of citric acid, NaCl, and CaCl_2 on qualitative changes of horse meat in cold storage. *Processes*, 8(9), 1099. <https://doi.org/10.3390/pr8091099>

- Suresh, R., & Diaz, R. J. (2021). The remodelling of actin composition as a hallmark of cancer. *Translational Oncology*, 14(6), 101051. <https://doi.org/10.1016/j.tranon.2021.101051>
- 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>
- Tang, C. H. (2020). Globular proteins as soft particles for stabilizing emulsions: Concepts and strategies. *Food Hydrocolloids*, 103, 105664. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.105664>
- The BC Cook Articulation Committee. (2015). *Meat Cutting and Processing for Food Service*. Pressbooks by BCcampus. <https://ecampusontario.pressbooks.pub/meatcutting/chapter/composition-of-meat/>
- Wang, H. (2021). A review of the effects of collagen treatment in clinical studies. *Polymers*, 13(22), 3868. <https://doi.org/10.3390/polym13223868>
- Wang, J., Li, J., Wang, R., Xu, F. Y., & Zeng, X. A. (2022). Improving water retention of chicken breast meats by CaCl₂ combined with pulsed electric fields. *International Journal of Food Science & Technology*, 57(2), 791-800. <https://doi.org/10.1111/ijfs.15397>
- Wang, Y., Zhou, Y., Li, P. J., Wang, X. X., Cai, K. Z., & Chen, C. G. (2018). Combined effect of CaCl₂ and high pressure processing on the solubility of chicken breast myofibrillar proteins under sodium-reduced conditions. *Food Chemistry*, 269, 236-243. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.06.107>
- Xiong, T., Xiong, W., Ge, M., Xia, J., Li, B., & Chen, Y. (2018). Effect of high intensity ultrasound on structure and foaming properties of pea protein isolate. *Food Research International*, 109, 260-267. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.04.044>
- Yamada, T., Ashida, Y., Tatebayashi, D., Abe, M., & Himori, K. (2020). Cancer cachexia induces preferential skeletal muscle myosin loss when combined with denervation. *Frontiers in Physiology*, 11, 445. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00445>
- Yusop, S. M., O'Sullivan, M. G., Kerry, J. F., & Kerry, J. P. (2012). Influence of processing method and holding time on the physical and sensory qualities of cooked marinated chicken breast fillets. *LWT - Food Science and Technology*, 46, 1, 363 – 370. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.08.007>

- 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 ζωϊκής 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>
- Λάζος Ε. & Λάζου Α. (2010). ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ 2, ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΕΩΣ ΜΕ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ, ΝΕΕΣ & ΑΝΑΔΥΟΜΕΝΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ. Παπαζήση
- Ραμαντάνης, Σ. (2020). *Τεχνολογία κρέατος και προϊόντων του*. Τρίτη Έκδοση. Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία.