

Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΜΑΡΙΝΑΡΙΣΜΑΤΟΣ ΜΕ NaCl ΣΤΙΣ
ΠΡΩΤΕΪΝΕΣ ΧΟΙΡΙΝΟΥ ΚΡΕΑΤΟΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

των

ΝΙΚΗ ΔΟΚΑΛΗ ΚΑΙ ΑΠΟΣΤΟΛΙΑ ΧΑΡΑΚΙΔΑ

Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων

Σχολή Περιβάλλοντος

ΙΟΝΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ



Αργοστόλι Κεφαλληνίας

ΜΑΪΟΣ 2024

Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΜΑΡΙΝΑΡΙΣΜΑΤΟΣ ΜΕ NaCl
ΣΤΙΣ ΠΡΩΤΕΪΝΕΣ ΧΟΙΡΙΝΟΥ ΚΡΕΑΤΟΣ

Η πτυχιακή εργασία εγκρίθηκε από:

Επιβλέπουσα: Δήμητρα Δημητρέλλου

Μέλος επιτροπής: Ιωάννης Σαμαράς

Μέλος επιτροπής: Ελένη Σακαντάνη

«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».

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Για την παρούσα πτυχιακή εργασία θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τους επιβλέποντες καθηγητές μας, οι οποίοι με την στήριξη και την καθοδήγηση τους μας βοήθησαν να ολοκληρώσουμε την πτυχιακή μας εργασία.

Τέλος, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τους δικούς μας ανθρώπους, που ήταν δίπλα μας καθ' όλη την διάρκεια της φοίτησης μας στο Ιόνιο Πανεπιστήμιο.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Από την αρχαιότητα μέχρι σήμερα το χοιρινό κρέας εκτός από βασική τροφή αποτελεί και καλή πηγή πρωτεϊνών, για αυτό σε σύντομο χρονικό διάστημα κατέκτησε την πρώτη θέση παραγωγής και ζήτησης παγκοσμίως. Η αυξανόμενη κατανάλωση χοιρινού και η ανάγκη βελτίωσης της ποιότητας επέφερε την εξέλιξη νέων τεχνικών επεξεργασίας, όπως το μαρινάρισμα. Το αντικείμενο της παρούσας πτυχιακής εργασίας πραγματεύεται την επίδραση του χλωριούχου νατρίου ως βασικό συστατικό της μαρινάδας στις πρωτεΐνες χοιρινού μπουτιού. Πιο συγκεκριμένα, το μαρινάρισμα πραγματοποιήθηκε σε τρεις διαφορετικές συγκεντρώσεις άλατος, καθώς και σε αμαρινάριστο. Μελετήθηκε η επίδραση του άλατος τόσο στις ολικές πρωτεΐνες όσο και στις σαρκοπλασματικές πρωτεΐνες για ορισμένο χρονικό διάστημα μαριναρίσματος. Για τον προσδιορισμό των πρωτεϊνών χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Biuret, ενώ ύστερα ακολούθησε η παρασκευή αφρών και γαλακτωμάτων. Οι παράμετροι που αξιολογήθηκαν ήταν η ικανότητα και η σταθερότητα αφρισμού και γαλακτώματος. Οι παραπάνω λειτουργικές ιδιότητες των πρωτεϊνών φαίνεται να επηρεάστηκαν από παράγοντες όπως είναι η συγκέντρωση άλατος και πρωτεΐνης, η ύπαρξη άλατος και ο τύπος της πρωτεΐνης. Αναλυτικότερα, οι τιμές των ολικών πρωτεϊνών υπερέιχαν από τις τιμές των σαρκοπλασματικών πρωτεϊνών τόσο στον αφρισμό όσο και στο γαλάκτωμα. Επιπλέον, αξίζει να αναφερθεί ότι με την αύξηση της συγκέντρωσης άλατος και πρωτεΐνης επήλθε αύξηση των τιμών αφρισμού. Τέλος, αναφορικά με το γαλάκτωμα το αμαρινάριστο δείγμα εμφάνισε καλύτερες ιδιότητες από το μαριναρισμένο.

ΛΕΞΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ: Χοιρινό μπούτι, Μαρινάρισμα, Χλωριούχο νάτριο, Ολικές πρωτεΐνες, Σαρκοπλασματικές πρωτεΐνες, Μυϊκά ινίδια, Υδατοδιαλυτές πρωτεΐνες, Αλατοδιαλυτές πρωτεΐνες, Μέθοδος Biuret, SDS, Λειτουργικές ιδιότητες πρωτεΐνες, Ικανότητα αφρισμού, Σταθερότητα αφρισμού

ABSTRACT

From ancient times until today, pork meat, apart from being a staple food, is also a good source of proteins, which is why it quickly rose in the first place of production and demand worldwide. The increase of pork consumption of pork and the need to improve its quality has led to the evolution of new processing techniques, such as marinating. The subject of this thesis discusses the effect of sodium chloride as a basic ingredient of marinade on pork leg proteins. Specifically, marination was carried out in three different salt concentrations, as well as in non-marinated meat. The influence of salt on both total proteins and sarcoplasmic proteins was studied over a certain period of marination time. The Biuret method was used to determine the proteins, followed by the formation of foams and emulsions. The parameters which evaluated were the foaming capacity and stability of the foam and emulsion. The above fictional properties of proteins seem to be affected by factors such as salt and protein concentration, the presence of salt and the type of protein. In particular, the values of total proteins exceeded the values of sarcoplasmic proteins in both foaming and emulsion. Moreover, it is worth mentioning that the increase in salt and protein concentration led to an increase in foaming values. Finally, as regard the emulsion, the non-marinated sample showed better properties than the marinated one.

KEYWORDS: Pork leg, Marinating, Sodium chloride, Total proteins, Sarcoplasmic proteins, Muscle fibrils, Biuret method, SDS, Functional properties of proteins, Foaming capacity, Foaming stability

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	3
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΚΡΕΑΣ ΚΑΙ ΧΟΙΡΙΝΟ ΚΡΕΑΣ	3
1.1 Ορισμός του κρέατος	3
1.2 Το χοιρινό κρέας	4
1.3 Ιστορική αναδρομή	4
1.4 Τεμαχισμός χοιρινού κρέατος	5
1.5 Χοιρινό μπούτι	6
1.6 Παραγωγή, ζήτηση και κατανάλωση χοιρινού κρέατος	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΜΑΡΙΝΑΡΙΣΜΑ	8
2.1 Ορισμός μαριναρίσματος	8
2.2 Μέθοδοι μαριναρίσματος	8
2.3 Οφέλη μαριναρίσματος κρέατος	9
2.4 Μαρινάρισμα με χλωριούχο νάτριο (NaCl) και τα οφέλη του στο κρέας	9
2.5 Επίδραση της μαρινάδας στις πρωτεΐνες του κρέατος	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΠΡΩΤΕΪΝΕΣ ΧΟΙΡΙΝΟΥ ΚΡΕΑΤΟΣ	11
3.1 Πρωτεΐνες κρέατος	11
3.2 Πρωτεΐνες μυϊκού ιστού	11
3.2.1 Ολικές πρωτεΐνες	11
3.2.2 Σαρκοπλασματικές πρωτεΐνες	11
3.2.3 Μυϊκά Ινίδια	12
3.3 Ιδιότητες πρωτεϊνών	12
3.4 Ιδιότητες Αφρισμού	12
3.5 Ιδιότητες Γαλακτώματος	13
3.6 Τρόποι προσδιορισμού πρωτεϊνών	14
ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	16
Δειγματοληψία και προετοιμασία δειγμάτων	16
Παρασκευή διαλυμάτων για το μαρινάρισμα - Μαρινάρισμα δειγμάτων	16
Εργαστηριακός εξοπλισμός και Αντιδραστήρια	16
Πειραματική διαδικασία	17
Στατιστική ανάλυση δεδομένων	24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	25
Μεταβολή της συγκέντρωσης των πρωτεϊνών στον χρόνο μαριναρίσματος	25
Μεταβολή του όγκου του διηθήματος στον χρόνο	26
Αποτέλεσμα Αφριστικής Ικανότητας	27
Ικανότητα και Σταθερότητα αφρισμού επί τις εκατό (FM% και FS%) σε συγκέντρωση πρωτεΐνης 1,5M	27
Ικανότητα και Σταθερότητα αφρισμού επί τις εκατό (FM% και FS%) σε συγκέντρωση πρωτεΐνης 3M	29
Αποτελέσματα Γαλακτωματοποιητικής Ικανότητας	31
Δείκτες Ικανότητας και Σταθερότητας γαλακτώματος (EAI και ESI) σε συγκέντρωση πρωτεΐνης 1,5M	31
Δείκτες Ικανότητας και Σταθερότητας γαλακτώματος (EAI και ESI) σε συγκέντρωση πρωτεΐνης 3M	32
Αποτελέσματα Αφριστικής Ικανότητας Νωπού	34

Ικανότητα και Σταθερότητα αφρού (FM% και FS%)στις συγκεντρώσεις 1,5Μ και 3Μ του νωπού δείγματος	34
Αποτελέσματα Γαλακτωματοποιητικής Ικανότητας	35
Δείκτες ικανότητας και σταθερότητας γαλακτώματος (EAI και ESI) στις συγκεντρώσεις 1,5Μ και 3Μ του νωπού δείγματος	35
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΥΖΗΤΗΣΗ	37
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ	39
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	40
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	41

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 4. 1: Εργαστηριακός εξοπλισμός και αντιδραστήρια που χρησιμοποιήθηκαν για τη διεξαγωγή του πειράματος	17
Πίνακας 4. 2: Σύσταση πρότυπων διαλυμάτων αλβουμίνης (BSA).....	18

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 5. 1: Η μεταβολή των πρωτεϊνών σε σχέση με τον χρόνο μαριναρίσματος.	25
Διάγραμμα 5. 2: Η μεταβολή της συγκέντρωσης των πρωτεϊνών του αμαρινάριστου νωπού κρέατος.	26
Διάγραμμα 5. 3: Η μεταβολή του όγκου του διηθήματος με την πάροδο του χρόνου.	27
Διάγραμμα 5. 4: Η μεταβολή του όγκου του αμαρινάριστου νωπού κρέατος.	27
Διάγραμμα 5. 5: Η ικανότητα αφρισμού (%) (FM%) των πρωτεϊνών στην συγκέντρωση 1,5 M σε συνάρτηση με τον χρόνο.	28
Διάγραμμα 5. 6: Η σταθερότητα του αφρού (%) (FS%) των πρωτεϊνών στην συγκέντρωση 1,5 M σε συνάρτηση με τον χρόνο.	29
Διάγραμμα 5. 7: Η ικανότητα αφρισμού (%) (FM%) των πρωτεϊνών στην συγκέντρωση 3 M σε συνάρτηση με τον χρόνο.	30
Διάγραμμα 5. 8: Η σταθερότητα του αφρού (%) (FS%) των πρωτεϊνών στην συγκέντρωση 3 M σε συνάρτηση με τον χρόνο.	31
Διάγραμμα 5. 9: Δείκτης ικανότητας γαλακτώματος (EAI) των πρωτεϊνών στην συγκέντρωση 1,5 M συναρτήσει του χρόνου.	32
Διάγραμμα 5. 10: Σταθερότητα γαλακτώματος (ESI) των πρωτεϊνών στην συγκέντρωση 1,5 M συναρτήσει του χρόνου.	32
Διάγραμμα 5. 11: Δείκτης ικανότητας γαλακτώματος (EAI) των πρωτεϊνών στην συγκέντρωση 3 M συναρτήσει του χρόνου.	33
Διάγραμμα 5. 12: Δείκτης σταθερότητας γαλακτώματος (ESI) των πρωτεϊνών στην συγκέντρωση 3 M συναρτήσει του χρόνου.	34
Διάγραμμα 5. 13: Ικανότητα αφρισμού (%) (FM%) του νωπού δείγματος στις συγκεντρώσεις 1,5 M και 3 M.	34
Διάγραμμα 5. 14: Σταθερότητα αφρισμού (%) (FM%) του νωπού δείγματος στις συγκεντρώσεις 1,5 M και 3 M.	35
Διάγραμμα 5. 15: Δείκτης ικανότητας γαλακτώματος (EAI) του νωπού δείγματος στις συγκεντρώσεις 1,5 M και 3 M.	36
Διάγραμμα 5. 16: Δείκτης σταθερότητας γαλακτώματος (ESI) του νωπού δείγματος στις συγκεντρώσεις 1,5 M και 3 M.	36

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1. 1: Οι έξι κοπές του χοιρινού	6
Εικόνα 2. 1: Ο ρόλος του άλατος νατρίου στο κρέας.....	10
Εικόνα 4. 1: Σωληνάκια falcon των 15mL με BSA και νερό	18
Εικόνα 4. 2: Νωπό διάλυμα κρέατος μετά την ομογενοποίηση	19
Εικόνα 4. 3: Δείγματα σε φυγόκεντρο	19
Εικόνα 4. 4: Σαρκοπλασματικές πρωτεΐνες Εικόνα 4. 5: Ολικές πρωτεΐνες	20
Εικόνα 4. 6: Α. Δείγμα σαρκοπλασματικών πρωτεϊνών, Β. Δείγμα ολικών πρωτεϊνών	20
Εικόνα 4. 7: Απλή διήθηση δειγμάτων	20
Εικόνα 4. 8: Διήθηση υπό κενό	20
Εικόνα 4. 9: Δείγμα διηθήματος με Biuret προς φασματοφωτομέτρηση	21
Εικόνα 4. 10: Αριστερά δείγμα με ηλιέλαιο και δεξιά δείγμα στο οποίο δεν έχει προστεθεί ακόμα ηλιέλαιο.	22
Εικόνα 4. 11: Ομογενοποίηση γαλακτώματος.....	22
Εικόνα 4. 12: Ομογενοποίηση και καταγραφή αφρού στον χρόνο 0min	23
Εικόνα 4. 13: Δείγματα γαλακτώματος με SDS	24

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το χοιρινό κρέας έχει διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στην ανθρώπινη διατροφή καθώς αποτελεί πηγή θρεπτικών συστατικών. Η εκθετική αύξηση τόσο της παραγωγής όσο και της ζήτησης έχει επιφέρει την εξέλιξη των προϊόντων χοιρινού κρέατος. Αυτό επιτεύχθηκε μέσω μεθόδων επεξεργασίας όπως είναι το μαρινάρισμα με απώτερο σκοπό την αναβάθμιση των λειτουργικών και οργανοληπτικών ιδιοτήτων. Οι πιο συχνοί τύποι κρέατος όπου χρησιμοποιείται η διαδικασία του μαριναρίσματος είναι το βόειο κρέας, τα πουλερικά και το χοιρινό κρέας. Τα πιο συνήθη συστατικά που χρησιμοποιούνται στις μαρινάδες είναι το χλωριούχο νάτριο και διάφορα άλλα άλατα. Ο βαθμός επίδρασης του διαλύματος άλατος εξαρτάται από το χρονικό διάστημα που έρχεται σε επαφή με το κρέας, τη συγκέντρωση του διαλύματος και τέλος τον τύπο και τη συγκέντρωση της πρωτεΐνης. Στον μυϊκό ιστό του χοιρινού εντοπίζονται: οι σαρκοπλασματικές πρωτεΐνες και οι πρωτεΐνες των μυϊκών ινιδίων. Πρόκειται για αλατοδιαλυτές πρωτεΐνες και από λειτουργική άποψη παρουσιάζουν ιδιότητες όπως η διαλυτότητα, ο αφρισμός και το γαλάκτωμα.

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αποσκοπεί να καλύψει κενά της βιβλιογραφίας σχετικά με την επίδραση διαφορετικών συγκεντρώσεων διαλύματος χλωριούχου νατρίου σε δύο συγκεντρώσεις πρωτεϊνών σε ορισμένο χρονικό διάστημα μαριναρίσματος. Πιο συγκεκριμένα, η πειραματική διαδικασία βασίστηκε σε δείγμα χοιρινού μπουτιού ελληνικής προέλευσης. Οι συγκεντρώσεις των ολικών πρωτεϊνών και των σαρκοπλασματικών πρωτεϊνών προσδιορίστηκαν με βάση τη μέθοδο Biuret, τη χρήση πρότυπης καμπύλης και του νόμου της αραίωσης. Ύστερα, ακολούθησε ομογενοποίηση και καταγραφή του όγκου στα 0 και 30 min για την μέτρηση της ικανότητας και της σταθερότητας του αφρού. Αναφορικά με το γαλάκτωμα, μετά την ομογενοποίηση λήφθηκε ποσότητα από διάλυμα που περιείχε SDS στα 0 και στα 10 min και ακολούθησε φασματοφωτομέτρηση με σκοπό τον προσδιορισμό των δεικτών του γαλακτώματος.

Τις τελευταίες δεκαετίες έχουν γίνει έρευνες για να κατανοηθεί η επίδραση του μαριναρίσματος με χλωριούχο νάτριο στις πρωτεΐνες κρέατος και ιχθυρών. Σύμφωνα με τους Chan et al. (2011) η μεταβολή της συγκέντρωσης πρωτεΐνης δεν επηρέασε τις αφριστικές ιδιότητες σε δείγμα στήθους γαλοπούλας. Επιπλέον, κατά τους Steen et al. (2016) σε έρευνα που πραγματοποίησαν σε χοιρινό συκώτι απέδειξαν ότι η ύπαρξη

άλατος βελτίωσε τις ιδιότητες του αφρού. Το ίδιο παρατήρησαν και οι Song et al. (2020) σε στήθος κοτόπουλου όσον αφορά τις γαλακτωματοποιητικές ιδιότητες. Καταλήγοντας, στην περίπτωση των Sadiq et al. (2021) οι οποίοι μελέτησαν δύο είδη κυπρίνων διαπίστωσαν ότι οι μυοϊνιδιακές πρωτεΐνες είχαν καλύτερη ικανότητα και σταθερότητα γαλακτώματος από τις σαρκοπλασματικές πρωτεΐνες.

Ο στόχος αυτής της μελέτης είναι να διερευνήσει πως το χλωριούχο νάτριο σε συνάρτηση με τον χρόνο επηρεάζει τις λειτουργικές ιδιότητες των πρωτεϊνών σε διάφορες συγκεντρώσεις άλατος και πρωτεΐνης. Εν κατακλείδι, λαμβάνοντας υπόψιν όσα αναφέρθηκαν αναμένεται η προσθήκη άλατος να επηρεάσει τις ιδιότητες του αφρισμού και του γαλακτώματος.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΚΡΕΑΣ ΚΑΙ ΧΟΙΡΙΝΟ ΚΡΕΑΣ

1.1 Ορισμός του κρέατος

«Ως κρέας (*meat, Fleisch, Viande*), με την ευρεία έννοια του όρου, ορίζεται το σύνολο των ζωικών ιστών που είναι κατάλληλοι για ανθρώπινη κατανάλωση. Ακριβέστερα, ωστόσο, ως κρέας ορίζεται η σάρκα των θερμόαιμων ζώων και πτηνών που αποτελείται κυρίως από μυϊκό ιστό και η οποία μετά την σφαγή του ζώου/πτηνού έχει υποστεί μεταθανάτιες βιοχημικές μεταβολές που την καθιστούν τρυφερή και εύγευστη» (Μπλούκας, 2017).

Σύμφωνα με τον Κώδικα Τροφίμων και Ποτών (ΚΤΠ) το 2014, ως κρέας χαρακτηρίζονται τα εδώδιμα μέρη των ζώων που αναφέρονται παρακάτω, συμπεριλαμβανομένου και του αίματος.

- Κατοικίδια οπληφόρα
- Πουλερικά
- Λαγόμορφα
- Άγρια θηράματα
- Εκτρεφόμενα θηράματα
- Μικρά άγρια θηράματα
- Μεγάλα άγρια θηράματα

Ακόμη, σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Κανονισμό (ΕΚ) αριθ. 853/2004, ως νωπό κρέας ορίζεται το 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.

Τα εκτρεφόμενα είδη των θερμόαιμων ζώων αποτελούν κύρια πηγή κρέατος και για αυτό προτιμώνται από τον ευρύ πληθυσμό. Τα είδη αυτά παρουσιάζονται παρακάτω:

1. Χοιρινό
2. Κοτόπουλο
3. Μοσχάρι
4. Αρνί-Κατσίκι
5. Κουνέλι
6. Άγρια θηράματα (άγρια οπληφόρα, λαγόμορφα και χερσαία θηλαστικά)

Τα παραπάνω είδη κρέατος ανάλογα με την περιεκτικότητα των ιστών τους σε μυοσφαιρίνη χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες: τα κόκκινα, τα λευκά και τα σκούρα. Συγκεκριμένα:

- Κόκκινα κρέατα: το βοδινό, το χοιρινό, το αιγοπρόβειο και το μοσχαρίσιο
- Λευκά κρέατα: κοτόπουλο και γαλοπούλα
- Σκούρα κρέατα ή κρέας κυνηγιού: το αγριογούρουνο, η αρκούδα, η πέρδικα, ο φασιανός και το ελάφι (Μπλούκας, 2017).

1.2 Το χοιρινό κρέας

Ο οικόσιτος χοίρος (*Sus scrofa domesticus*) είναι το οικόσιτο θηλαστικό ζώο που ανήκει στην τάξη των αρτιοδακτύλων και προέρχεται από την οικογένεια *Suidae* και το γένος *Sus*. Συναντάται σε όλον τον κόσμο και προέρχεται από τον αγριόχοιρο (Ρογδάκης, 2006). Είναι παμφάγο ζώο, αρκετά γόνιμο και εκτρέφεται για το κρέας του, το χοιρινό. Συγκαταλέγεται στα ερυθρά κρέατα και παράγεται από νεαρά ζώα 5-7 μηνών (Belitz et al., 2020).

Οι γηγενείς φυλές χοίρων που εντοπίζονται στην Ελλάδα είναι ο ελληνικός μαύρος χοίρος και ο ελληνικός αγριόχοιρος (Laliotis and Avdi, 2018).

1.3 Ιστορική αναδρομή

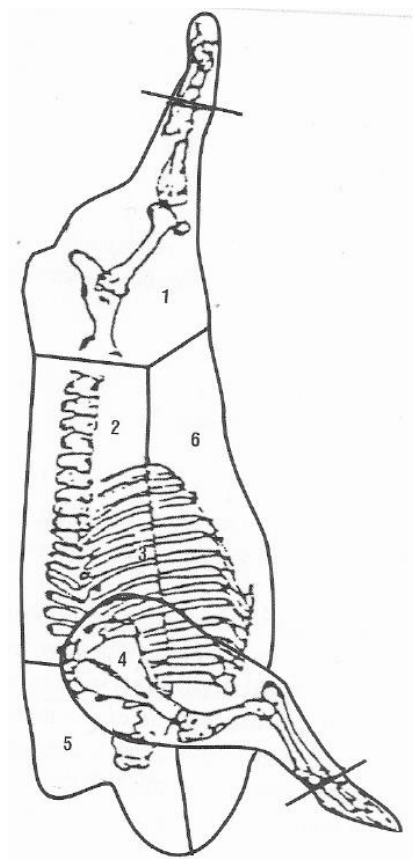
Από το παρελθόν υπάρχουν διάφορα στοιχεία τα οποία αποδεικνύουν ότι ο άνθρωπος εξελίχθηκε σε μεγάλο βαθμό ως φυτοφάγο ον (Mann, 2018). Παρόλα αυτά αρχαιολογικά και ανθρωπολογικά στοιχεία αποδεικνύουν ότι η κατανάλωση κρέατος ήταν μέρος της διατροφής του πάνω από 2,5 εκατομμύρια χρόνια (Damigou et al., 2023). Η εξημέρωση των χοίρων και η χρησιμοποίησή τους ως τροφή, χρονολογείται περίπου το 8500 π.Χ., με σχετικά αρχαιολογικά ευρήματα στην περιοχή της Κριμαίας και στη

Μέση Ανατολή (Ρογδάκης, 2006). Αναφορικά με την Ελλάδα, αρχαιολογικά ευρήματα από την Ηπειρωτική χώρα και το Αιγαίο τεκμηριώνουν ότι ο χοίρος είχε εξημερωθεί και είχε χρησιμοποιηθεί στη διατροφή από την Νεολιθική εποχή. Έπειτα από τους προ-ομηρικούς χρόνους υπάρχουν αναφορές που παραπέμπουν στην εκτροφή και την κατανάλωση αγριόχοιρων (Michailidou et al., 2014). Με την εξέλιξη του ανθρώπου, επακολούθησε και η εξέλιξη της τροφής. Πραγματοποιήθηκαν με αυτόν τον τρόπο προσπάθειες για την παράταση του χρόνου ζωής και την βελτίωση γεύσης των τροφίμων και κυρίως των προϊόντων κρέατος. Το κρέας μετατράπηκε έτσι σε διαφορετικά προϊόντα μέσω του αλατιού, της σκλήρυνσης, του καπνίσματος και της ωρίμανσης φτάνοντας στη σημερινή κοινή ονομασία των προϊόντων αλλαντικών (Jelic et al., 2023). Είναι άξιο αναφοράς ότι για την μεταποίηση και την παραγωγή αλλαντικών χρησιμοποιούνταν κυρίως το κρέας του χοιρινού. Καταλήγοντας, η σημαντικότητα των μεταποιημένων προϊόντων χοιρινού και συνάμα των αλλαντικών έχει ρίζες από την εποχή του Ομήρου, του Σωκράτη και την Ρωμαϊκή αυτοκρατορία, όπου σύμφωνα με αναφορές παρασκεύαζαν και κατανάλωναν αλλαντικά (Μπλούκας, 2017).

1.4 Τεμαχισμός χοιρινού κρέατος

Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 1.1 υπάρχουν έξι βασικές κοπές στις οποίες χωρίζεται το χοιρινό κρέας:

1. Οπίσθιο άκρο
2. Οσφυϊκή χώρα
3. Θωρακική χώρα
4. Πρόσθιο άκρο
5. Αυχενική χώρα
6. Κοιλιακή χώρα



Εικόνα 1. 1: Οι έξι κοπές του χοιρινού (Πηγή: Ραμαντάνης, 2020)

Το χοιρινό κρέας καταναλώνεται συνήθως σε μια πολύ μεγάλη ποικιλία επεξεργασμένων προϊόντων, από ολόκληρα τεμάχια ή κιμά χρησιμοποιώντας διαφορετικές μεθόδους συντήρησης όπως κάπνισμα, μαγείρεμα, ξήρανση, ζύμωση. Σε αντίθεση με τα άλλα είδη κρέατος, το χοιρινό καταναλώνεται κυρίως με τη μορφή διαφόρων μεταποιημένων προϊόντων (Lebret and Candek-Potokar, 2022). Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε χοιρινό μπούτι, το οποίο αναλύεται παρακάτω.

1.5 Χοιρινό μπούτι

Το μπούτι ανήκει στο οπίσθιο μέρος του χοίρου αποτελείται από το τρανς, την ουράνους και το κότσι-στρογγυλό. Θεωρείται από τα πιο άπαχα κομμάτια στο χοιρινό και από αυτό παράγεται το ζαμπόν, το χοιρομέρι και το κιλότο (Γεωργάκης και συνεργάτες, 2005).

1.6 Παραγωγή, ζήτηση και κατανάλωση χοιρινού κρέατος

Το κρέας και τα προϊόντα του αντιπροσωπεύουν ένα κολοσσιαίο οικονομικό κεφάλαιο καθώς η παραγωγή τους γίνεται σε παγκόσμιο επίπεδο. Στην παγκόσμια παραγωγή κρέατος την πρώτη θέση καταλαμβάνει η Κίνα, ενώ ακολουθούν οι ΗΠΑ και η Ευρωπαϊκή Ένωση.

Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό FAO, η παραγωγή χοιρινού κρέατος θα έχει ανοδική πορεία ως το 2030, αντιπροσωπεύοντας έτσι το 13 % της συνολικής αύξησης της παραγωγής κρέατος.

Αναφορικά με την κατανάλωση χοιρινού κρέατος, η επερχόμενη αύξηση του πληθυσμού αναμένεται να αυξήσει την παγκόσμια κατανάλωση του σε 127 εκ. τόνους , αντιπροσωπεύοντας έτσι το 33% της συνολικής αύξησης κρέατος μέχρι το 2030. (OECD FAO Agricultural Outlook 2021-2030 <https://www.fao.org/family-farming/detail/en/c/1414767/>, εξακριβώθηκε 5 Ιουλίου 2021).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΜΑΡΙΝΑΡΙΣΜΑ

2.1 Ορισμός μαριναρίσματος

Σύμφωνα με το άρθρο 89α του Κώδικα Τροφίμων και Ποτών (Κ.Τ.Π.) το 2014, ως μαρινάρισμα νοείται η επεξεργασία (τοποθέτηση) του κρέατος μέσα σε μίγμα υγρών και στερεών συστατικών (μαρινάτα), το οποίο περιέχει κυρίως μπαχαρικά, καρυκεύματα και αρωματικά φυτά, κρασί, φυτικά έλαια και εδάδιμα οξέα κ.α. Η τοποθέτηση των τεμαχίων του κρέατος σε μαρινάτα, που περιέχει οξέα, επιφέρει μια μετουσίωση των πρωτεϊνών του και ταυτόχρονα συμβάλλει στη μερική ή ακόμη και πλήρη εξυγίανση του. Η λέξη μαρινάρισμα προέρχεται πιθανώς από την λατινική λέξη Marinus που αναφέρεται στην εμβάπτιση σε άλμη αλατιού (Singh et al., 2018).

2.2 Μέθοδοι μαριναρίσματος

Το μαρινάρισμα είναι μια παραδοσιακή και ευρέως χρησιμοποιούμενη τεχνική, τόσο στη βιομηχανία κρέατος, όσο και σε οικιακό επίπεδο. Εφαρμόζεται σε όλους τους τύπους κρέατος πριν από την θερμική επεξεργασία (Nour, 2022).

Το μαρινάρισμα του κρέατος πραγματοποιείται με εμβάπτιση, έγχυση και μάλαξη (Latoch et al., 2023). Ανάλογα, με τις επιθυμητές ιδιότητες του κρέατος επιλέγεται και το αντίστοιχο διάλυμα μαρινάδας. Τα υδατικά διαλύματα με βάση τη σύσταση τους κατατάσσονται σε τέσσερις κατηγορίες :

- I. Αλκαλικά διαλύματα: Οι αλκαλικές μαρινάδες περιέχουν φωσφορικά άλατα.
- II. Όξινα διαλύματα: Οι όξινες μαρινάδες βασίζονται στα οργανικά οξέα και στα άλατά τους.
- III. Γαλακτώματα νερού-ελαίου: Πρόκειται για διαλύματα που περιέχουν νερό, ζάχαρη, χλωριούχο νάτριο, οξικό και κιτρικό οξύ.
- IV. Διαλύματα βοτάνων και καρυκευμάτων (Siroli et al., 2020)

Μαρινάδα μέσω εμβάπτισης

Η συγκεκριμένη μέθοδος λόγω της ευκολίας της χρήσης της, προτιμάται τόσο στις βιομηχανίες τροφίμων όσο και οικιακά. Στο συγκεκριμένο πείραμα πραγματοποιήθηκε μαρινάρισμα κρέατος με τη μέθοδο της εμβάπτισης, για αυτό και θα αναλυθεί περαιτέρω. Το κυριότερο χαρακτηριστικό αυτής της μεθόδου, είναι η βύθιση του κρέα-

τος στη μαρινάδα σε χαμηλή θερμοκρασία για μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο (Latoch et al., 2023).

2.3 Οφέλη μαρινάρισματος κρέατος

Η χρήση της μαρινάδας ήταν γνωστή από τους αρχαίους ακόμη χρόνους. Χρησιμοποιούνταν στα τρόφιμα για την συντηρητική της δράση και τη βελτίωση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών του μαριναρισμένου τροφίμου. Πιο αναλυτικά, τα συστατικά της μαρινάδας ενισχύουν τη γεύση και το άρωμα του κρέατος. Ακόμη, βελτιώνεται η τρυφερότητά του, αφού μαλακώνουν με αυτόν τον τρόπο οι σκληροί μύες. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη βελτίωση της ποιότητας του τελικού προϊόντος. Τέλος, εξασφαλίζεται μεγαλύτερη διάρκεια ζωής λόγω αναστολής της μικροβιακής ανάπτυξης (Gargi and Sengun, 2021).

2.4 Μαρινάρισμα με χλωριούχο νάτριο (NaCl) και τα οφέλη του στο κρέας

Το χλωριούχο νάτριο-(NaCl)- ή κοινώς μαγειρικό αλάτι, είναι μια ένωση ευδιάλυτη στο νερό και χρησιμοποιείται ευρύτατα ως αρτυματική ύλη των τροφίμων, καθώς και για την αλάτιση του κρέατος. Το αλάτι έχει πολυλειτουργικό ρόλο στη συντήρηση και στην επεξεργασία του κρέατος. Εκτενέστερα, παρακάτω αναλύεται η σημαντικότητα του μαρινάρισματος με την χρήση χλωριούχου νατρίου (Λάζος και Λάζου, 2016), όπως φαίνεται και στην Εικόνα 2.1:

- I. Συντηρητική δράση: η δράση του αλάτος μειώνει την ενεργότητα ύδατος (a_w) αποτρέποντας την ανάπτυξη βακτηρίων.
- II. Υφή: βελτιώνει την τρυφερότητα των προϊόντων κρέατος με δέσμευση του νερού από τις πρωτεΐνες. Χάρη σε αυτήν την ιδιότητα το κρέας είναι πιο χυμώδες.
- III. Γεύση και Οσμή: προσδίδει την χαρακτηριστική αλμυρή γεύση στο κρέας, ενώ ταυτόχρονα ενισχύει την οσμή και την γεύση των άλλων συστατικών.
- IV. Χρώμα: το άλας προάγει την ανάπτυξη του χρώματος καθιστώντας το πιο αποδεκτό στους καταναλωτές.
- V. Επιταχύνει τον χρόνο ωρίμανσης του κρέατος.
- VI. Αυξάνεται η ικανότητα συγκράτησης νερού, με αποτέλεσμα μεγαλύτερη απόδοση προϊόντος.

- VII. Επίδραση στις Πρωτεΐνες: Το άλας βοηθάει στην εκχύλιση των πρωτεϊνών και αυξάνει την διαλυτότητα των μυϊκών πρωτεϊνών στο νερό.



Εικόνα 2. 1: Ο ρόλος του αλάτος νατρίου στο κρέας
(Πηγή: Wang et al.,2023)

2.5 Επίδραση της μαρινάδας στις πρωτεΐνες του κρέατος

Ένα από τα βασικά συστατικά για τη σύνθεση της δομής του μυός κρέατος είναι οι πρωτεΐνες του. Η αλληλουχία σχέσεως μεταξύ της ένωσης του χλωριούχου νατρίου με τις πρωτεΐνες του μυός προσδίδουν θετικά αποτελέσματα κατά το μαρινάρισμα. Το NaCl συντελεί στην εκχύλιση και τη διαλυτοποίηση της μυοϊνδιακής πρωτεΐνης (Wang et al., 2023). Αυτή η ιδιότητα είναι κρίσιμη για τη δέσμευση του νερού και του λίπους, καθώς σχετίζεται με τη συγκέντρωση της άλμης και της επίδρασης της στα συστατικά του άπαχου κρέατος (Hui, 2012). Εν κατακλείδι, το χλωριούχο νάτριο μπορεί να αυξήσει τη γαλακτωματοποιητική ικανότητα του κρέατος, ενισχύοντας τη διαλυτοποίηση των πρωτεϊνών, συντελώντας με αυτόν τον τρόπο στην τρυφερότητα και το χυμώδες του κρέατος (Wang et al., 2023).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΠΡΩΤΕΪΝΕΣ ΧΟΙΡΙΝΟΥ ΚΡΕΑΤΟΣ

3.1 Πρωτεΐνες κρέατος

Πρωτεΐνες ή αλλιώς λευκώματα είναι «οργανικές ουσίες υψηλού μοριακού βάρους, αποτελούμενες κυρίως από αμινοξέα, τα οποία ενώνονται μεταξύ τους με πεπτιδικούς δεσμούς» (Γεωργάκης και συνεργάτες, 2002). Η δεύτερη ονομασία τους οφείλεται στο λευκό χρώμα πολλών από αυτές (Κυρανάς, 2011). Τα αμινοξέα αποτελούνται από βασικά στοιχεία, όπως C, H, O και N (Subroto et al., 2020). Το κρέας έχει περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη περίπου στο 20% και ειδικότερα στο χοιρινό η περιεκτικότητα της κυμαίνεται από 19.9 έως 23,1% (Zeng, 2022).

3.2 Πρωτεΐνες μυϊκού ιστού

3.2.1 Ολικές πρωτεΐνες

Με τον όρο ολικές πρωτεΐνες ορίζεται η συνολική ποσότητα πρωτεϊνών που βρίσκονται στη μυϊκή ίνα. Η μυϊκή ίνα (muscle cell, muscle fibre) είναι «ένα επιμήκες, κυλινδρικό, πολυπύρηνο κύτταρο που εκτείνεται από το ένα άκρο του μυός στο άλλο, χωρίς να διακλαδίζεται». Οι πρωτεΐνες της μυϊκής ίνας χωρίζονται στις σαρκοπλασματικές πρωτεΐνες και στις πρωτεΐνες των μυϊκών ινιδίων (Μπλούκας, 2017).

3.2.2 Σαρκοπλασματικές πρωτεΐνες

Μεταξύ των μυϊκών ινιδίων υπάρχουν κενά διαστήματα που απαρτίζονται από μια ρευστή φάση, το σαρκόπλασμα, το οποίο αποτελείται από υδατοδιαλυτές πρωτεΐνες που ονομάζονται σαρκοπλασματικές και καταλαμβάνουν το 29% του μυϊκού ιστού (Μπλούκας, 2017). Οι σαρκοπλασματικές πρωτεΐνες διαλύονται στο νερό και σε αραιά υδατικά διαλύματα (Ραμαντάνης, 2020). Μεγαλύτερη τεχνολογική σημασία για τις σαρκοπλασματικές πρωτεΐνες παρουσιάζει η μυοσφαιρίνη. Η μυοσφαιρίνη (myoglobin) αποτελεί τη βασική χρωστική, η οποία είναι υπεύθυνη για το χαρακτηριστικό ερυθρό χρώμα του κρέατος. Πρόκειται για μια αποθηκευτική πρωτεΐνη του μυϊκού ιστού, η οποία έχει την ικανότητα να συγκρατεί το οξυγόνο εντός του κυττάρου (Μπλούκας, 2017).

3.2.3 Μυϊκά Ινίδια

Μυϊκά ινίδια (myofibrils) είναι: «μορφοποιημένα, ενδοκυτταρικά, επιμήκη, συσταλτά στοιχεία της μυϊκής ίνας σε σχήμα κλωστής που σχετίζονται άμεσα με τις εγκάρσιες γραμμώσεις των σκελετικών μυών» (Μπλούκας, 2017). Οι πρωτεΐνες των μυϊκών ινιδίων είναι διαλυτές σε πυκνά αλατικά διαλύματα (Ραμαντάνης, 2020). Μέσα στο μυϊκό ιστό κατέχουν το 60% και διακρίνονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες:

- Πρωτεΐνες χονδρών νηματίων, χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η μυοσίνη (myosin), η οποία αποτελεί το 45% των μυϊκών ινιδίων και το 30% των πρωτεϊνών του μυϊκού ιστού.
- Πρωτεΐνες λεπτών νηματίων, σε αυτήν την κατηγορία ανήκει η ακτίνη (actin), συγκροτεί το 20% των πρωτεϊνών των μυϊκών ινιδίων και το 15% των πρωτεϊνών του μυϊκού ιστού.
- Κυτταροσκελετικές πρωτεΐνες, όπως είναι η συνδετίνη (connectin) ή τιτίνη (titin), νεμπουλίνη (nebulin), η δεσμίνη (desmin) και η βινκουλίνη (vinculin). (Μπλούκας, 2017).

3.3 Ιδιότητες πρωτεϊνών

Η δράση των πρωτεϊνών του χοιρινού κρέατος είναι πολλαπλή και ζωτικής σημασίας για την επεξεργασία των τροφίμων. Από λειτουργική άποψη, οι ιδιότητες των πρωτεϊνών ταξινομούνται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες:

1. Ενυδατικές ιδιότητες: προκύπτουν από τις αλληλεπιδράσεις πρωτεΐνης - νερού. Σε αυτήν την κατηγορία εντάσσονται η διαλυτότητα, το ιξώδες και η ικανότητα συγκράτησης νερού.
2. Πηκτωματοποίηση: αφορά τις αλληλεπιδράσεις πρωτεΐνης με πρωτεΐνη και πρωτεΐνης με νερό.
3. Διεπιφανειακές ιδιότητες: περιλαμβάνουν τη γαλακτωματοποίηση και τον αφρισμό (Higuera-Barraza et al. ,2016).

3.4 Ιδιότητες Αφρισμού

«Αφρός είναι ένα σύστημα διασποράς στο οποίο φυσαλίδες αέρα διασπείρονται σε μια υγρή ή ημιστερεή συνεχή φάση» (Κοντομηνάς και Μπαδέκα, 2023). Η πλειοψηφία των αφρών που συναντώνται στα τρόφιμα αποτελούνται από δύο φάσεις: μια αέρια και

μια υγρή. Η αέρια φάση είναι αέρας, άζωτο ή διοξείδιο του άνθρακα και η υγρή ή συνεχής φάση είναι ένα υδατικό διάλυμα (Murray, 2020). Για τον σχηματισμό και την σταθερότητα της δομής του αφρού είναι απαραίτητος κάποιος αφριστικός παράγοντας, στη συγκεκριμένη περίπτωση χρησιμοποιήθηκαν οι πρωτεΐνες (Κοντομηνάς και Μπαδέκα, 2023). Επιπλέον, προκειμένου να παραχθεί αφρός είναι απαραίτητη η εφαρμογή ενέργειας (Wouters et al., 2016). Μετά από έντονη ανάδευση ο αέρας συσσωματώνεται στο υγρό και διαχωρίζεται σε μικρότερες φυσαλίδες. Οι φυσαλίδες κατά το χτύπημα ανέρχονται παρασύροντας το υγρό σχηματίζοντας με αυτόν τον τρόπο ένα στρώμα αφρού πάνω από το υγρό στρώμα (Narsimhan and Xiang, 2018).

Η ικανότητα αφρισμού και η σταθερότητα του αφρού συγκροτούν τις σημαντικότερες ιδιότητες του αφρού. Η Ικανότητα Αφρισμού (Foam Capacity, FM) ορίζεται ως *«η ικανότητα της συνεχούς φάσης που παγιδεύει αέριο»* και η Σταθερότητα Αφρού (Foam Stability, FS) είναι *«η ικανότητα συγκράτησης αερίου για ορισμένο χρονικό διάστημα»*. Με την αύξηση της συγκέντρωσης των πρωτεϊνών επέρχεται και η αύξηση της ικανότητας αφρισμού. Η αφριστικότητα των πρωτεϊνών επηρεάζεται θετικά κοντά στο ισοηλεκτρικό σημείο τους. Από τη μία οι ιδιότητες αφρισμού εξαρτώνται από εγγενείς παράγοντες και παράγοντες επεξεργασίας, όπως είναι η συγκέντρωση πρωτεΐνης, το pH, η θερμοκρασία και η προσθήκη άλλων συστατικών. Από την άλλη, η σταθεροποίηση του αφρού διαμορφώνεται από τις διαμοριακές δυνάμεις, τη διαμόρφωση και την ευελιξία των πρωτεϊνών (Narsimhan and Xiang, 2018). Καταλήγοντας, ο αφρός χρησιμοποιείται ως βοηθητικό μέσο έχοντας ιδιαίτερη θέση στη βιομηχανία τροφίμων και ποτών χάρη στις μοναδικές οργανοληπτικές ιδιότητες που προσδίδει στα τελικά προϊόντα (Murray, 2020).

3.5 Ιδιότητες Γαλακτώματος

Το γαλακτώμα αποτελείται από δύο μη αναμίξιμα υγρά (συνήθως νερό και έλαιο) όπου το ένα είναι δεσμευμένο μέσα στο άλλο με τη μορφή μικρών σταγονιδίων (Κοντομηνάς και Μπαδέκα, 2023). Τα γαλακτώματα είναι ετερογενή συστήματα που απαρτίζονται από δύο φάσεις, μια διεσπαρμένη φάση και μια συνεχή (Lin and Xiong, 2021). Τα σταγονίδια αποτελούν τη διεσπαρμένη φάση, ενώ το υγρό περιβάλλον τη συνεχή. Τα σταγονίδια διασπώνται σε μικρότερα και μετακινούνται στην υγρή φάση μέσω ομογενοποιητών υψηλής πίεσης (Κοντομηνάς και Μπαδέκα, 2023). Τα γαλα-

κτώματα με βάση τη σύσταση του υγρού διαλύματος, διακρίνονται σε δυο κατηγορίες: στα γαλακτώματα ελαίου σε νερό (O/W) και γαλακτώματα νερού σε έλαιο (W/O) (Kim et al., 2023). Τα γαλακτώματα είναι ασταθή συστήματα τα οποία επηρεάζονται από τον παράγοντα του χρόνου και με το πέρασμά του χωρίζονται ξανά στη φάση του νερού και του ελαίου (Cai et al., 2023).

Στο υποκεφάλαιο 3.3, έγινε αναφορά στη γαλακτωματοποίηση ως μια από τις ιδιότητες των υδατοδιαλυτών πρωτεϊνών του κρέατος. Οι πρωτεΐνες του χοιρινού αποτελούνται από υδρόφιλες και υδρόφοβες ομάδες οι οποίες διαλυτοποιούνται με την συμβολή αλάτων (Κοντομηνά και Μπαδέκα, 2023). Οι προαναφερόμενες, προσροφούνται και σταθεροποιούν τη διεπιφάνεια ελαίου-νερού με άμεσο αποτέλεσμα τον σχηματισμό του γαλακτώματος (Day et al., 2022). Η ικανότητα και η σταθερότητα του γαλακτώματος, αποτελούν τους πιο σημαντικούς δείκτες ως προς την σχέση τους με τη συγκέντρωση της πρωτεΐνης. Ο Δείκτης ικανότητας γαλακτώματος (Emulsion activity index, EAI) αναφέρεται στην ικανότητα μιας πρωτεΐνης να προσροφάται σε μια διεπιφάνεια σταγονιδίων γαλακτώματος και ο Δείκτης σταθερότητας γαλακτώματος (Emulsion stability index, ESI) αναφέρεται στην ικανότητα της πρωτεΐνης να παραμένει στη διεπιφάνεια μετά το χρόνο αποθήκευσης (Kim et al., 2023). Η γαλακτωματοποιητική ιδιότητα των πρωτεϊνών επηρεάζει τα οργανοληπτικά και φυσικοχημικά χαρακτηριστικά όπως είναι η εμφάνιση, η γεύση, η υφή και το χρώμα καθώς και τη διάρκεια ζωής του τελικού προϊόντος (Zheng et. al., 2021).

3.6 Τρόποι προσδιορισμού πρωτεϊνών

Οι ζωικές πρωτεΐνες αξιοποιούνται ευρέως από τη βιομηχανία τροφίμων λόγω των απαραίτητων αμινοξέων που εμπεριέχουν. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα την αναζήτηση μεθόδων προσδιορισμού της περιεκτικότητας των πρωτεϊνών. Η ποσοτική ανάλυση των πρωτεϊνών περιλαμβάνει τις μεθόδους Kjeldah, UV-φασματοφωτομετρίας, θολερότητας, Biuret και Lowry. Η αρχή της μεθόδου Kjeldah είναι η μέτρηση της ολικής πρωτεΐνης με βάση την περιεκτικότητα σε άζωτο. Η μέθοδος UV-φασματοφωτομετρίας βασίζεται στον προσδιορισμό της περιεκτικότητας σε διαλυτές πρωτεΐνες και την αλληλεπίδραση του δείγματος με το υπεριώδες φως. Η μέθοδος θολερότητας πραγματοποιείται σε θολά διαλύματα πρωτεΐνης μέσω της σκέδασης του φωτός. Η μέθοδος Biuret αφορά τον υπολογισμό της περιεκτικότητας της πρωτεΐνης

με βάση τους πεπτιδικούς δεσμούς, ενώ η μέθοδος Lowry είναι η εξέλιξη της μεθόδου Biuret και χαρακτηρίζεται από υψηλή ευαισθησία (Subroto et al., 2020).

Προσδιορισμός πρωτεϊνών με τη μέθοδο Biuret

Στο πείραμα που θα περιγραφεί στο επόμενο κεφάλαιο για τον προσδιορισμό των πρωτεϊνών χοιρινού κρέατος χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Biuret. Τα αντιδραστήρια που χρησιμοποιούνται σε αυτήν τη μέθοδο είναι το καυστικό νάτριο (NaOH) και ο θειϊκός χαλκός (CuSO₄). Η αρχή της μεθόδου είναι η μετατροπή του διαλύματος πρωτεΐνης σε αλκαλικό διάλυμα λόγω της παρουσίας του NaOH και στη συνέχεια προστίθεται διάλυμα CuSO₄ (Subroto et al., 2020). Το αποτέλεσμα που επέρχεται από την αντίδραση της πρωτεΐνης με το Cu²⁺ είναι η δημιουργία συμπλόκου με ιώδες-πορφυρό χρώμα. Η ένταση του χρώματος καθορίζεται από τον αριθμό των αμινοξέων που υπάρχουν στους πεπτιδικούς δεσμούς. Αξίζει να αναφερθεί ότι στην περίπτωση που το διάλυμα αντίδρασης δεν είναι διαυγές απαιτείται διήθηση ή φυγοκέντρωση πριν από την ανάλυση του (Chang and Zhang, 2017). Ο λόγος που συμβαίνει αυτό είναι για να διαχωριστούν τα στερεά σωματίδια τα οποία μπορεί να επηρεάσουν αρνητικά τα αποτελέσματα των μετρήσεων (Boskou, 2006).

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Δειγματοληψία και προετοιμασία δειγμάτων

Το δείγμα που χρησιμοποιήθηκε ήταν χοιρινό μπούτι ελληνικής παραγωγής, απαλλαγμένο από λίπος και συνδετικό ιστό. Σε κάθε εβδομάδα επανάληψης του συγκεκριμένου πειράματος χρειάστηκαν περίπου 2,300g δείγματος.

Παρασκευή διαλυμάτων για το μαρινάρισμα - Μαρινάρισμα δειγμάτων

Στο πείραμα μελετήθηκε η επίδραση του μαριναρίσματος σε χοιρινό μπούτι με το άλας χλωριούχου νατρίου (NaCl) σε 3 διαφορετικές συγκεντρώσεις 0,34M, 0,68M και 1,02M. Το μαρινάρισμα πραγματοποιήθηκε σε γυάλινα βαζάκια με βιδωτό καπάκι των 1000mL για κάθε συγκέντρωση και για κάθε χρόνο μαριναρίσματος. Η αναλογία δείγματος κρέατος προς διάλυμα μαριναρίσματος ήταν 1:3 (meat:marination solution = 1:3). Τα βαζάκια κλείστηκαν και τοποθετήθηκαν στο ψυγείο στους 4°C για 24, 48 και 72 ώρες. Μετά το πέρας των παραπάνω ωρών τα δείγματα αφαιρέθηκαν από την μαρινάδα, στεγνώθηκαν σε χαρτί κουζίνας και πραγματοποιήθηκαν οι αναλύσεις.

Εργαστηριακός εξοπλισμός και Αντιδραστήρια

Για την διεξαγωγή του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν υλικά - όργανα και αντιδραστήρια - διαλύματα τα οποία παρατίθενται στον Πίνακα 4.1 που ακολουθεί.

Πίνακας 4. 1: Εργαστηριακός εξοπλισμός και αντιδραστήρια που χρησιμοποιήθηκαν για τη διεξαγωγή του πειράματος.

Υλικά-Όργανα	Αντιδραστήρια-Διαλύματα
Ηθμός Whatman No1(Διηθητικό χαρτί)	Φωσφορικό κάλιο (K_3PO_4) 0,1M
Tips αυτόματης πιπέτας	Φωσφορικό κάλιο (K_3PO_4) 0,025M
Κυψελίδες φασματοφωτομέτρησης	Ιωδιούχο κάλιο (KI) 1,1M
Ύαλος	Διάλυμα Biuret
Σωληνάρια φυγοκέντρου τύπου Falcon	Αλβουμίνη ορού βοοειδών (BSA) 1%
Μαχαίρι	Λαουροθειικό νάτριο (SDS) 0,1%
Πιπέτα αυτόματη	NaCl 0,34M
Σιφώνι	NaCl 0,68M
Ποτήρι ζέσεως	NaCl 1,02M
Χωνί	Ηλιέλαιο
Πουάρ	Απιονισμένο νερό (dH ₂ O)
Κωνική φιάλη	
Φιάλη διήθησης ή φιάλη Büchner	
Ογκομετρική φιάλη	
Ογκομετρικός κύλινδρος	
Χωνί Büchner	
Γυάλινα βαζάκια	
Ξύλο κοπής	
Στραγγιστήρι	
Αναλυτικός ζυγός	
Μαγνητικός αναδευτήρας	
Συσκευή ανάδευσης vortex	
Μηχανικός ομογενοποιητής	
Φασματοφωτόμετρο UV-VIS	
Φυγόκεντρος	

Η διεξαγωγή του πειράματος πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Τροφίμων και στο Εργαστήριο Οίνου και Αποσταγμάτων του Τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων, με την ευγενική παραχώρηση του εργαστηριακού εξοπλισμού.

Πειραματική διαδικασία

Το κρέας κόπηκε σε κομμάτια διαμέτρου 2,5cm περίπου και χωρίστηκε σε 10 περίπου ίσα μέρη. Το κάθε μέρος ζυγίστηκε με ακρίβεια 0,001g. Το ένα μέρος φυλάχθηκε ως νωπό για τις αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν την ίδια μέρα, ενώ τα υπόλοιπα 9 (3 συγκεντρώσεις x 3 επαναλήψεις) τοποθετήθηκαν σε βαζάκια. Σε κάθε βαζάκι αναγράφονταν η συγκέντρωση του διαλύματος μαρινάδας και οι ώρες μαριναρίσματος. Σε κάθε βάζο προστέθηκε το διάλυμα μαρινάδας με αναλογία 1:3. Τα βαζάκια τοποθετήθηκαν στο ψυγείο στους 4°C, για 24, 48 και 72 ώρες, αντίστοιχα. Αρχικά, παρα-

σκευάστηκε πρότυπο διάλυμα 10mg/mL BSA. Έπειτα, σε σωληνάρια falcon των 15mL παρασκευάστηκαν οκτώ διαλύματα (συμπεριλαμβανομένου του τυφλού) με ποικίλες συγκεντρώσεις, όπως απεικονίζονται στον Πίνακα 4.2 και στην εικόνα 4.1 που ακολουθούν.

Πίνακας 4. 2: Σύσταση πρότυπων διαλυμάτων αλβουμίνης (BSA)

Πρότυπο διάλυμα BSA (mL)	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4
Νερό (mL)	2	1,8	1,6	1,4	1,2	1,0	0,8	0,6

Η συγκέντρωση των πρωτεϊνών προσδιορίστηκε με την μέθοδο Biuret. Το αντιδραστήριο Biuret παρασκευάστηκε βάση της μεθοδολογίας του Gornall et al., 1949. Ποσότητα διηθήματος αναμείχθηκε με το αντιδραστήριο Biuret και ακολούθησε φασματοφωτομετρική μέτρηση στα 540nm. Έστερα, κατασκευάστηκε η πρότυπη καμπύλη, με βάση την οποία πραγματοποιήθηκαν όλες οι μετρήσεις της κάθε επανάληψης.



Εικόνα 4. 1: Σωληνάρια falcon των 15mL με BSA και νερό (Πηγή: Προσωπικό αρχείο).

Αρχικά, ζυγίστηκαν 8g νωπού δείγματος για τον προσδιορισμό των ολικών πρωτεϊνών και των σαρκοπλασματικών πρωτεϊνών αντίστοιχα και τοποθετήθηκαν σε διαφορετικά βαζάκια. Έστερα προστέθηκαν, 80mL διαλύματος KI 1,1M στις ολικές πρωτεΐνες και 80mL από το διάλυμα K_3PO_4 0,025M στις σαρκοπλασματικές πρωτεΐνες. Τα δείγματα ομογενοποιήθηκαν στα 12.000rpm για 2min, όπως φαίνεται και στην εικόνα 4.2. Ακολούθησε αποθήκευση στο ψυγείο στους 4°C για όλο το βράδυ.



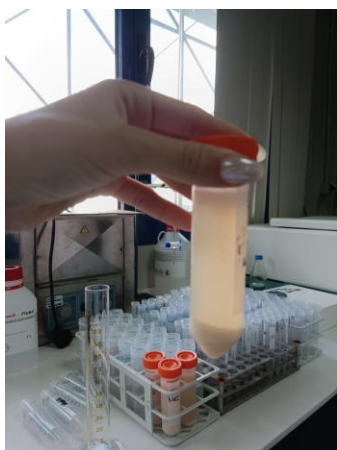
Εικόνα 4. 2: Νωπό διάλυμα κρέατος μετά την ομογενοποίηση
(Πηγή: Προσωπικό αρχείο)

Μετά από 24h, όπως αποτυπώνεται στην εικόνα 4.3, τα δείγματα φυγοκεντρήθηκαν στους 4°C, στα 3.838rpm για 20min.

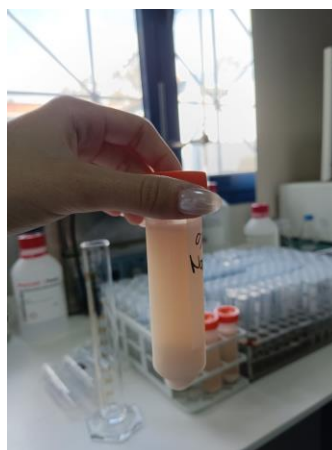


Εικόνα 4. 3: Δείγματα σε φυγόκεντρο
(Πηγή: Προσωπικό αρχείο)

Εν συνεχεία, μετρήθηκαν οι όγκοι τους, όπως φαίνεται στις εικόνες 4.4, 4.5 και 4.6.

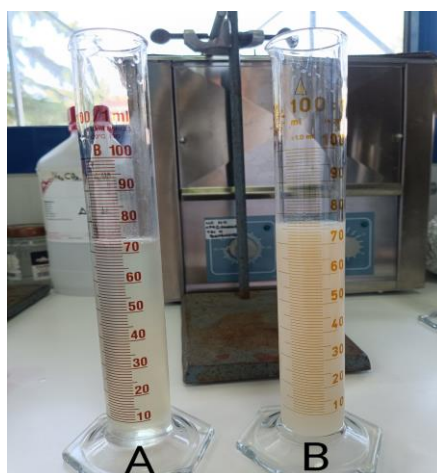


Εικόνα 4. 4: Σαρκοπλασματικές πρωτεΐνες



Εικόνα 4. 5: Ολικές πρωτεΐνες

(Πηγή: Προσωπικό Αρχείο)



Εικόνα 4. 6: Α. Δείγμα σαρκοπλασματικών πρωτεϊνών, Β. Δείγμα ολικών πρωτεϊνών

(Πηγή: Προσωπικό Αρχείο)

Στα παραπάνω δείγματα πραγματοποιήθηκε αρχικά, απλή διήθηση και στη συνέχεια διήθηση υπό κενό όπως διακρίνεται στις εικόνες 4.7 και 4.8.



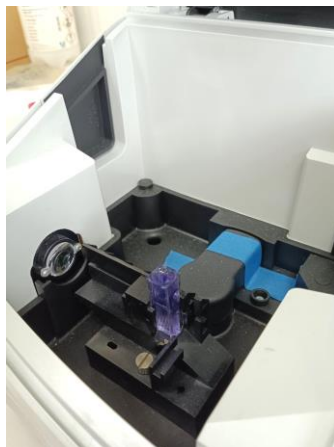
Εικόνα 4. 7: Απλή διήθηση δειγμάτων



Εικόνα 4. 8: Διήθηση υπό κενό

(Πηγή: Προσωπικό αρχείο)

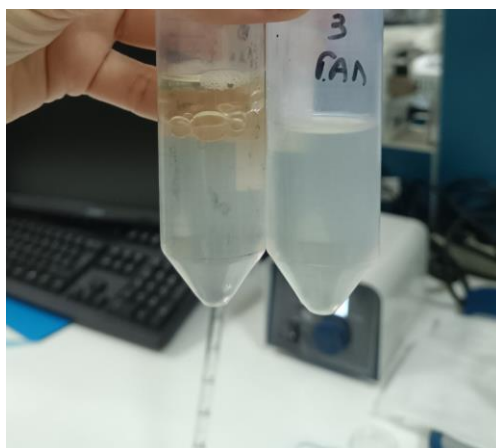
Η διαδικασία που ακολουθήθηκε για τον προσδιορισμό των δύο πρωτεϊνών ήταν παρόμοια, με μόνη διαφορά ότι στις ολικές πρωτεΐνες προηγήθηκε αραίωση 1:4. Αφού παρασκευάστηκε διάλυμα διηθήματος με Biuret ακολούθησε ανάδευση (vortex) και αφέθηκαν σε θερμοκρασία δωματίου για 30min. Ακολούθησε μέτρηση στο φασματοφωτόμετρο στα 540nm, όπως φαίνεται και στην εικόνα 4.9.



Εικόνα 4. 9: Δείγμα διηθήματος με Biuret προς φασματοφωτομέτρηση

(Πηγή: Προσωπικό αρχείο)

Λήφθηκαν δείγματα για δύο τελικές συγκεντρώσεις (1,5M και 3M) τόσο για τις ολικές πρωτεΐνες, όσο και για τις σαρκοπλασματικές πρωτεΐνες. Οι συγκεντρώσεις των δειγμάτων προσδιορίστηκαν με βάση τις απορροφήσεις, την πρότυπη καμπύλη και του νόμου της αραίωσης. Έτσι, παρασκευάστηκαν καινούργια διαλύματα, σε falcon των 50mL, με τελικό όγκο 20mL για τον προσδιορισμό των ιδιοτήτων αφρισμού και γαλακτώματος των δύο πρωτεϊνών. Για τις ολικές πρωτεΐνες προστέθηκε ποσότητα διηθήματος και συμπληρώθηκε έως τα 20 ml διάλυμα με 1,1M KI. Για τις σαρκοπλασματικές πρωτεΐνες ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία με τη μόνη διαφορά ότι συμπληρώθηκε με διάλυμα 0,025M K_3PO_4 . Στα διαλύματα γαλακτώματος των δύο πρωτεϊνών προστέθηκαν 10mL ηλιέλαιο, όπως διακρίνεται στην εικόνα 4.10 που ακολουθεί.



Εικόνα 4. 10: Αριστερά δείγμα με ηλιέλαιο και δεξιά δείγμα στο οποίο δεν έχει προστεθεί ακόμα ηλιέλαιο (Πηγή: Προσωπικό αρχείο).

Έπειτα, τα διαλύματα αφρισμού ομογενοποιήθηκαν στις 13.500rpm για 2min και τα διαλύματα γαλακτώματος στις 18.000rpm για 1min, το οποίο αποτυπώνεται στην εικόνα 4.11.



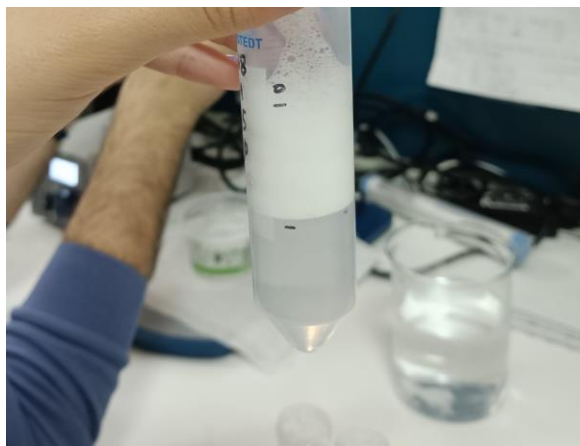
Εικόνα 4. 11: Ομογενοποίηση γαλακτώματος (Πηγή: Προσωπικό αρχείο)

Αμέσως μετά την ομογενοποίηση του κάθε δείγματος καταγραφόταν ο όγκος του (χρόνος 0min), όπως διακρίνεται και στην παρακάτω εικόνα 4.12. Το ομογενοποιημένο δείγμα αφέθηκε σε ηρεμία σε θερμοκρασία δωματίου για 30min. Μετά το πέρας του χρόνου καταγραφόταν ο νέος όγκος. Οι ιδιότητες του αφρισμού των πρωτεϊνών προσδιορίστηκαν σύμφωνα με τους Dara et al., 2021 με κάποιες τροποποιήσεις στην πειραματική διαδικασία και στους τύπους υπολογισμών.

Η Ικανότητα Αφρισμού FM (Foam Capacity) υπολογίστηκε σύμφωνα με τον τύπο:

$$FM (\%) = (\text{Όγκος στον χρόνο } t=0 \text{ min} \cdot 100) / 20$$

Η Σταθερότητα του Αφρού FS (Foam Stability) υπολογίστηκε σύμφωνα με τον τύπο:
 $FS (\%) = (\text{Όγκος στον χρόνο } t=30\text{min} \cdot 100) / 20$



Εικόνα 4. 12: Ομογενοποίηση και καταγραφή αφρού στον χρόνο 0min
(Πηγή: Προσωπικό αρχείο)

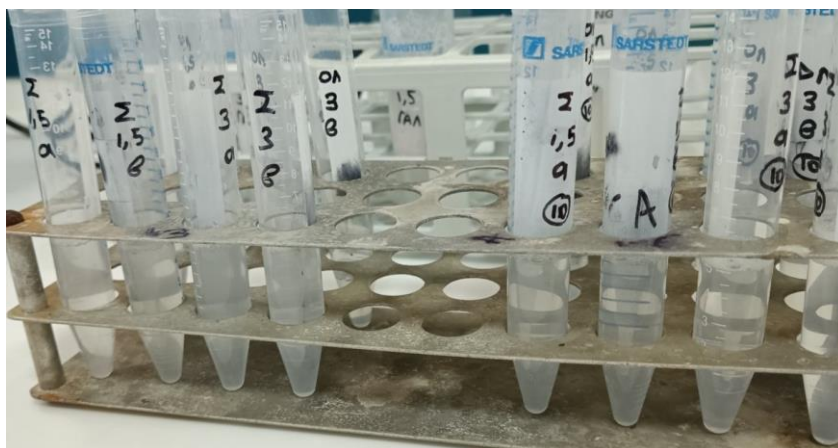
Όσον αφορά το γαλακτώμα, μετά την ομογενοποίηση για κάθε συγκέντρωση λαμβάνονταν δύο δείγματα για μεγαλύτερη ακρίβεια. Λήφθηκε στο χρόνο 0min και μετά από 10min 50μL γαλακτώματος και αναμείχθηκαν με 5mL διαλύματος SDS 0,1%, όπως φαίνεται στην εικόνα 4.13. Επιπλέον, παρασκευάστηκε το τυφλό διάλυμα που περιείχε SDS, για τον μηδενισμό του φασματοφωτομέτρου και ακολούθησε φασματοφωτομέτρηση στα 500nm. Με βάση τις απορροφήσεις υπολογίστηκαν οι δείκτες γαλακτώματος. Οι ιδιότητες του γαλακτώματος των πρωτεϊνών προσδιορίστηκαν σύμφωνα με τους Dara et al., 2021 με μερικές τροποποιήσεις στην πειραματική διαδικασία.

Ο Δείκτης ικανότητας του γαλακτώματος EAI (Emulsion activity index) μετρήθηκε σύμφωνα με τον τύπο:

$$EAI = (2 \cdot 2,303 \cdot \text{ABS}_{500t=0}) / (0,25 \cdot c \text{ πρωτεΐνης}), \text{ όπου } c \text{ η συγκέντρωση}$$

Ο Δείκτης σταθερότητας του γαλακτώματος ESI (Emulsion stability index) μετρήθηκε σύμφωνα με τον τύπο:

$$ESI = (A_0 \cdot \Delta t) / \Delta A, \text{ όπου } \Delta A = A_0 - A_{10} \text{ και } \Delta t = 10\text{min}.$$



Εικόνα 4. 13: Δείγματα γαλακτώματος με SDS (Πηγή: Προσωπικό αρχείο)

Η ίδια διαδικασία ακολουθήθηκε για τα δείγματα των 24, 48 και 72 ωρών, στις συγκεντρώσεις 0,34M, 0,68M και 1,02M.

Στατιστική ανάλυση δεδομένων

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε σε 3 επαναλήψεις. Για τη μέγιστη ακρίβεια των αποτελεσμάτων σε κάθε επανάληψη η μέτρηση του δείγματος γινόταν δύο φορές. Ενώ, τα δεδομένα επεξεργάστηκαν μέσω του προγράμματος Excel.

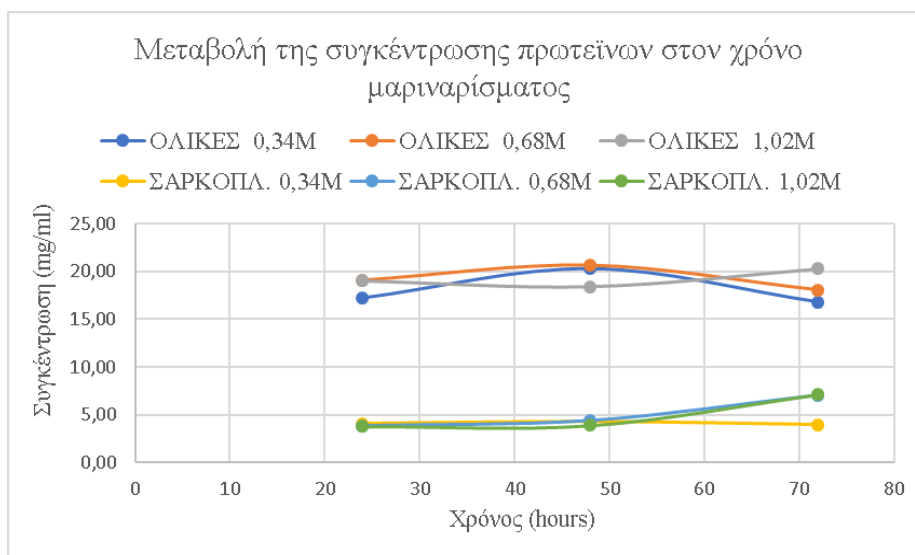
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Σε αυτό το κεφάλαιο αναλύονται τα αποτελέσματα και οι μετρήσεις που παρουσιάστηκαν στο πειραματικό μέρος. Οι τιμές που θα αναφερθούν αντιπροσωπεύουν τον μέσο όρο κάθε επανάληψης.

Μεταβολή της συγκέντρωσης των πρωτεϊνών στον χρόνο μαριναρίσματος

Στο παρακάτω διάγραμμα 5.1 παρατηρείται ότι υπάρχουν μικρές αλλά διακριτές αυξομειώσεις με το πέρασμα του χρόνου. Αρχικά, οι ολικές πρωτεΐνες με συγκεντρώσεις μαρινάδας 0,34M και 0,68M ακολούθησαν αυξητική πορεία όσον αφορά τη συγκέντρωση στο χρονικό διάστημα από 24 μέχρι τις 48 ώρες, ενώ στο τελευταίο εικοσιτετράωρο ακολούθησε σταδιακή μείωσή τους. Αντιθέτως, οι ολικές πρωτεΐνες με συγκέντρωση μαρινάδας 1,02M, στα προαναφερθέντα διαστήματα, παρουσίασαν μείωση και ύστερα ακολούθησε αύξηση των τιμών των συγκεντρώσεων.

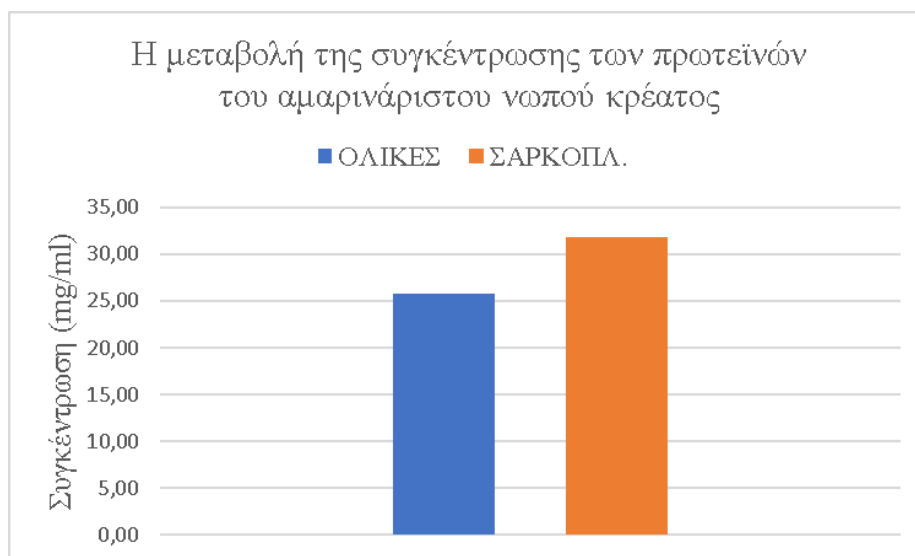
Αναφορικά με τις σαρκοπλασματικές πρωτεΐνες οι τιμές τους παρέμειναν σχετικά σταθερές στα πρώτα δύο εικοσιτετράωρα. Ωστόσο, με το πέρας του χρόνου παρατηρήθηκε αύξηση της συγκέντρωσης πρωτεΐνης για τις συγκεντρώσεις άλατος 0,68M και 1,02M, ενώ η συγκέντρωση 0,34M μειώθηκε σε μικρό βαθμό.



Διάγραμμα 5. 1: Η μεταβολή των πρωτεϊνών σε σχέση με τον χρόνο μαριναρίσματος.

Το διάγραμμα 5.2 αναφέρεται στο αμαρινάριστο δείγμα και διαπιστώνεται ότι η συγκέντρωση των σαρκοπλασματικών πρωτεϊνών στις τρεις επαναλήψεις υπερέχει από εκείνη των ολικών πρωτεϊνών. Τα παραπάνω λεγόμενα έρχονται σε αντιπαράθεση-

ση με το παραπάνω διάγραμμα όπου αποδεικνύεται ότι η προσθήκη άλατος αυξάνει σημαντικά την συγκέντρωση των ολικών πρωτεϊνών.

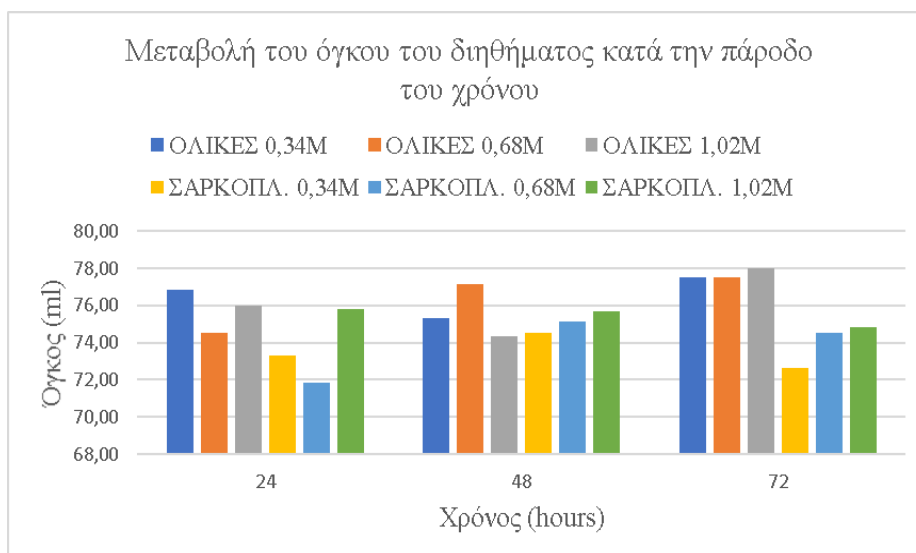


Διάγραμμα 5. 2: Η μεταβολή της συγκέντρωσης των πρωτεϊνών του αμαρινάριστου νωπού κρέατος.

Μεταβολή του όγκου του διηθήματος στον χρόνο

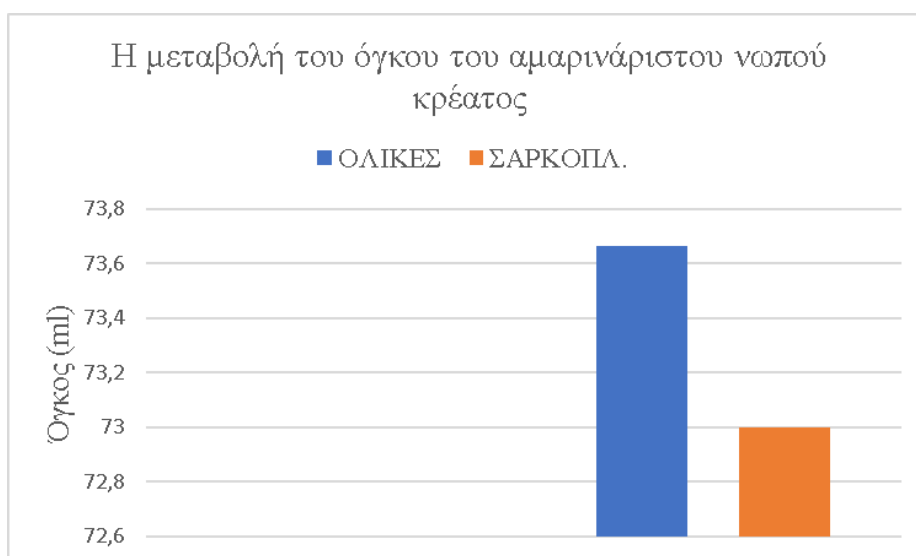
Τόσο στις ολικές πρωτεΐνες όσο και στις σαρκοπλασματικές πρωτεΐνες εύκολα διακρίνονται οι μεταβολές στους όγκους των διηθημάτων. Συγκεκριμένα, όπως αποτυπώνεται και στο διάγραμμα 5.3 που ακολουθεί στις ολικές πρωτεΐνες παρατηρείται απότομη μείωση στις 48 ώρες για τις συγκεντρώσεις 0,34M και 1,02M, ενώ στο επόμενο εικοσιτετράωρο οι τιμές τους έφτασαν στο μέγιστο. Εν αντιθέσει, η συγκέντρωση 0,68M σε όλη την διάρκεια εμφάνιζε ανοδικές τιμές όγκου.

Από την άλλη πλευρά, οι όγκοι των σαρκοπλασματικών πρωτεϊνών με συγκεντρώσεις 0,34M και 0,68M αυξήθηκαν έως την μέγιστη τιμή τους στις 48 ώρες, σε αντίθεση με τις 72 ώρες στις οποίες μειώθηκαν. Τέλος, στην συγκέντρωση 1,02M παρατηρήθηκε καθοδική μείωση στα τρία εικοσιτετράωρα.



Διάγραμμα 5. 3: Η μεταβολή του όγκου του διηθήματος με την πάροδο του χρόνου.

Στο διάγραμμα 5.4 του αμαρινάριστου νωπού κρέατος οι τιμές που αντιπροσωπεύουν τον όγκο των δύο πρωτεϊνών είναι περίπου ίσες, με τον όγκο των ολικών πρωτεϊνών να υπερτερεί. Με την σύγκριση των διαγραμμάτων 5.3 και 5.4 γίνεται αντιληπτό ότι το μαρινάρισμα με χλωριούχο νάτριο αύξησε τους όγκους τόσο των σαρκοπλασματικών πρωτεϊνών όσο και των ολικών πρωτεϊνών.



Διάγραμμα 5. 4: Η μεταβολή του όγκου του αμαρινάριστου νωπού κρέατος.

Αποτέλεσμα Αφριστικής Ικανότητας

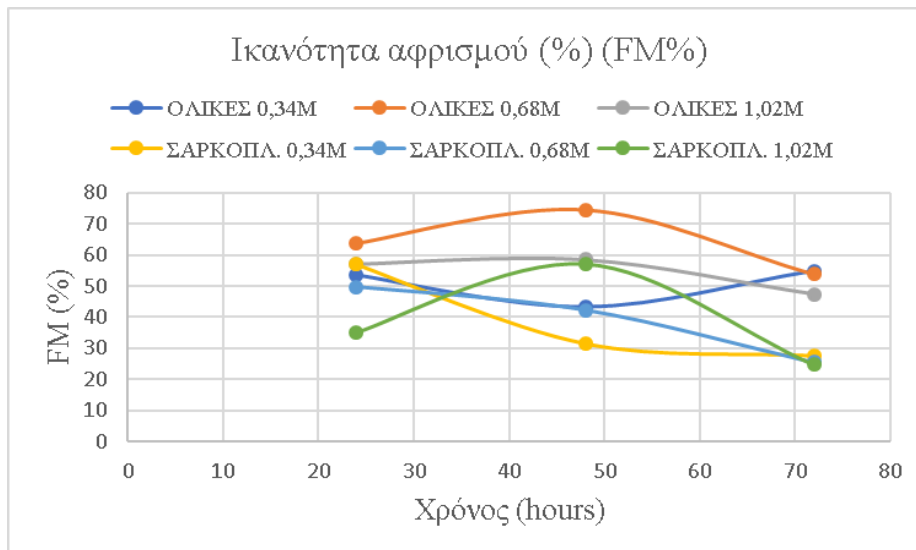
Ικανότητα και Σταθερότητα αφρισμού επί τις εκατό (FM% και FS%) σε συγκέντρωση πρωτεΐνης 1,5M

Στα διαγράμματα 5.5 και 5.6 που ακολουθούν παρουσιάζεται η ικανότητα αφρισμού και η σταθερότητα του αφρού αντίστοιχα των δύο πρωτεϊνών στην συγκέντρωση

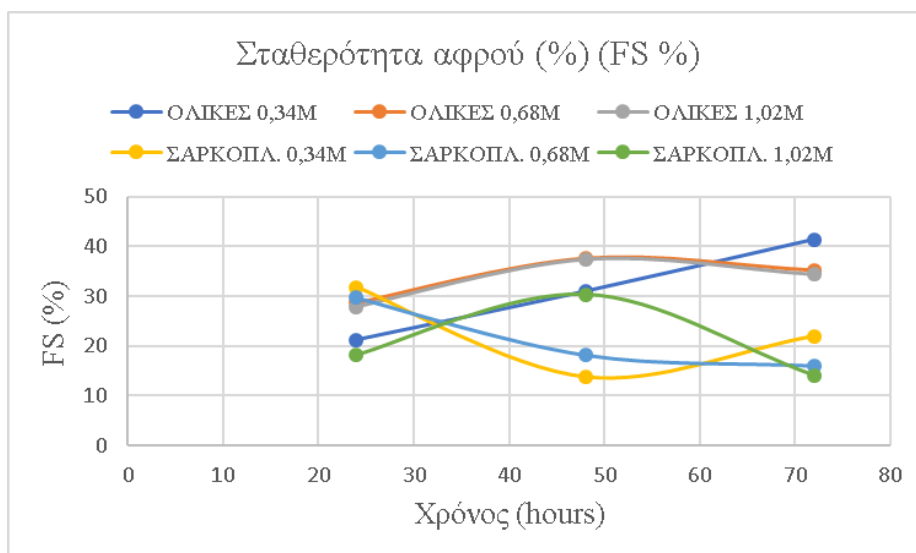
ση 1,5M. Πιο συγκεκριμένα, στο πρώτο διάγραμμα παρατηρείται πως οι ολικές πρωτεΐνες εμφανίζουν διαφορετική συμπεριφορά ανάλογα με την συγκέντρωση. Οι πρωτεΐνες με συγκεντρώσεις μαρινάδας 0,68M και 1,02M παρουσιάζουν παρόμοια συμπεριφορά με άνοδο της τιμής τους ως τις 48 ώρες και ύστερα απότομη μείωση τους στο τελευταίο εικοσιτετράωρο. Ωστόσο, ενώ στις 24 ώρες η συγκέντρωση μαρινάδας 0,34M έχει την μικρότερη τιμή από τις ολικές πρωτεΐνες, παρατηρείται ότι στις 72 ώρες φτάνει στην μέγιστη τιμή ικανότητας αφρισμού.

Όσον αφορά τις σαρκοπλασματικές πρωτεΐνες παρατηρείται μεγάλη αντίθεση στις πρωτεΐνες με την μεγαλύτερη και την μικρότερη συγκέντρωση μαρινάδας (1,02M και 0,34M αντίστοιχα). Επισημαίνεται ότι στις 72 ώρες όλες οι συγκεντρώσεις της πρωτεΐνης έχουν παρόμοιες τιμές.

Στο δεύτερο διάγραμμα παρουσιάζεται η σταθερότητα του αφρού συναρτήσει του χρόνου. Πρώτα απ' όλα, για τις ολικές πρωτεΐνες με συγκεντρώσεις 0,68M και 1,02M ακολουθείται παρόμοια πορεία αύξησης και μείωσης των τιμών και στα τρία εικοσιτετράωρα. Ομοίως, στην περίπτωση της συγκέντρωσης 0,34M παρουσιάζεται μια σταδιακή αύξηση των τιμών της. Στις σαρκοπλασματικές πρωτεΐνες παρατηρείται ίδια συμπεριφορά όπως και στο πρώτο διάγραμμα με ελάχιστες διαφορές.



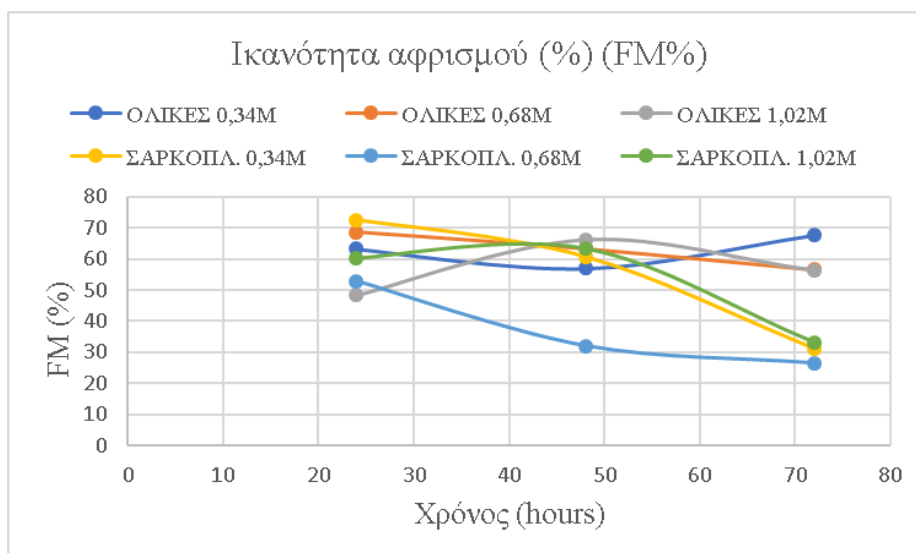
Διάγραμμα 5. 5: Η ικανότητα αφρισμού (%) (FM%) των πρωτεϊνών στην συγκέντρωση 1,5M σε συνάρτηση με τον χρόνο.



Διάγραμμα 5. 6: Η σταθερότητα του αφρού (%) (FS%) των πρωτεϊνών στην συγκέντρωση 1,5M σε συνάρτηση με τον χρόνο.

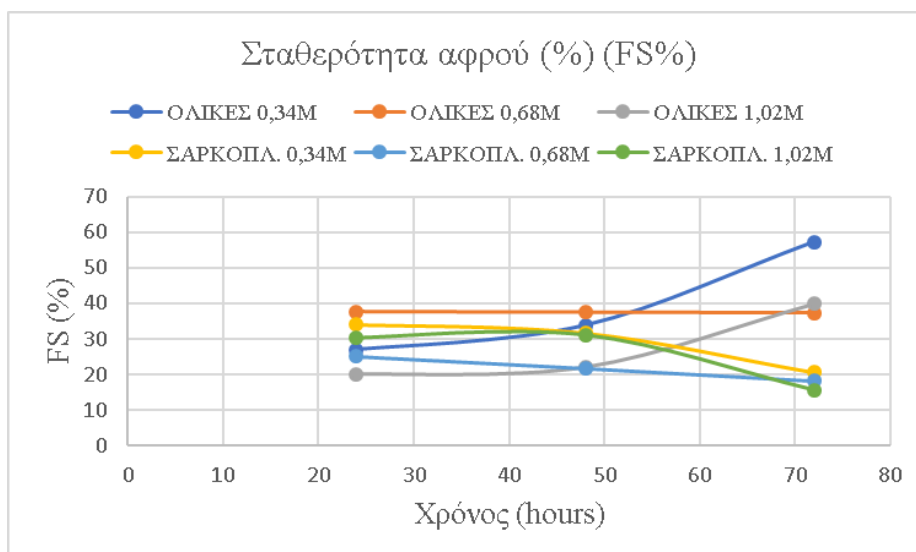
Ικανότητα και Σταθερότητα αφρισμού επί τις εκατό (FM% και FS%) σε συγκέντρωση πρωτεΐνης 3M

Στο παρακάτω διάγραμμα 5.7 διακρίνονται τα αποτελέσματα ικανότητας αφρισμού των δύο πρωτεϊνών στην συγκέντρωση 3M. Αξίζει να αναφερθεί ότι για τις ολικές πρωτεΐνες μέχρι τις 48 ώρες η συγκέντρωση 1,02 M παρουσιάζει αυξανόμενη πορεία. Όσον αφορά το διάλυμα μαρινάδας 0,34M, στα τρία εικοσιτετράωρα εμφανίζει υψηλές τιμές με την μέγιστη ικανότητα αφρισμού να την έχει στις 72 ώρες. Αντιθέτως, η συγκέντρωση μαρινάδας 0,68M ακολουθεί σταθερή καθοδική πορεία, ωστόσο η τιμή στις 72 ώρες ενδέχεται να μην είναι ορθή, λόγω πιθανών εσφαλμένων μετρήσεων κατά την πειραματική διαδικασία. Από την άλλη, στις σαρκοπλασματικές πρωτεΐνες οι συγκεντρώσεις 0,34M και 1,02M έχουν την μέγιστη τιμή, ενώ η συγκέντρωση 0,68M έχει την ελάχιστη. Αποτελεί άξιο αναφοράς ότι στις 72 ώρες και οι τρεις συγκεντρώσεις κατέληξαν σε πολύ κοντινό εύρος τιμών.



Διάγραμμα 5. 7: Η ικανότητα αφρισμού (%) (FM%) των πρωτεϊνών στην συγκέντρωση 3M σε συνάρτηση με τον χρόνο.

Τα αποτελέσματα της σταθερότητας του αφρού αποτυπώνονται στο διάγραμμα 5.8. Πιο συγκεκριμένα, στην περίπτωση των ολικών πρωτεϊνών με συγκέντρωση μαρινάδας 0,34M παρατηρείται σταδιακή αύξηση φτάνοντας στο τελευταίο εικοσιτετράωρο στην μέγιστη τιμή. Η συγκέντρωση 0,68M μέχρι τις 48 ώρες έχει υψηλή σταθερότητα αφρού, όμως υπάρχει το ενδεχόμενο στις 72 ώρες η ευθεία να είχε μια διαφορετική πορεία, λόγω του σφάλματος που αναφέρθηκε παραπάνω. Σε αντίθεση με την συγκέντρωση μαρινάδας 1,02M η οποία στα δύο πρώτα εικοσιτετράωρα καταλαμβάνει την ελάχιστη τιμή απ' όλες τις συγκεντρώσεις, ωστόσο στο τελευταίο εικοσιτετράωρο υπάρχει διακριτή αύξηση στην σταθερότητα αφρισμού της. Οι σαρκοπλασματικές πρωτεΐνες εμφανίζουν σχεδόν σταθερές τιμές έως τις 48 ώρες, ενώ στις 72 ώρες μειώνεται η σταθερότητα αφρισμού των πρωτεϊνών.



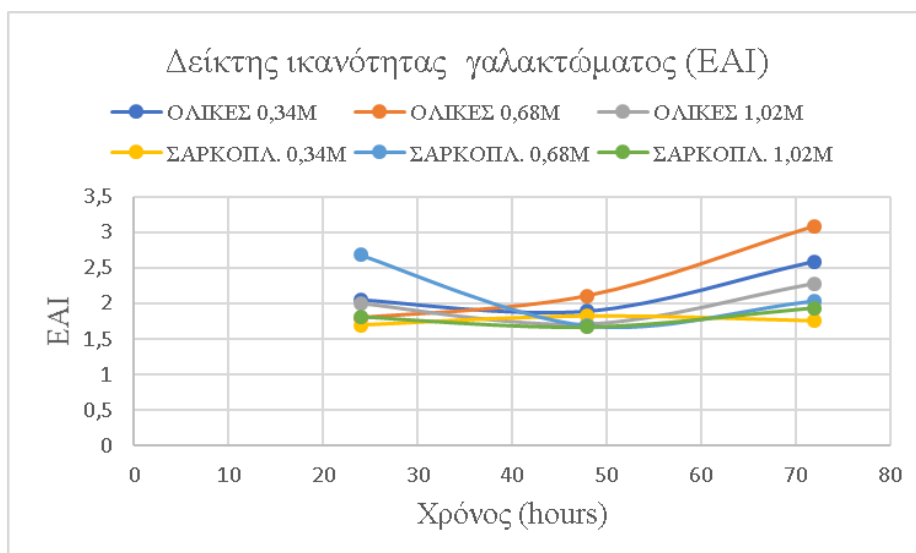
Διάγραμμα 5. 8: Η σταθερότητα του αφρού (%) (FS%) των πρωτεϊνών στην συγκέντρωση 3M σε συνάρτηση με τον χρόνο.

Αποτελέσματα Γαλακτωματοποιητικής Ικανότητας

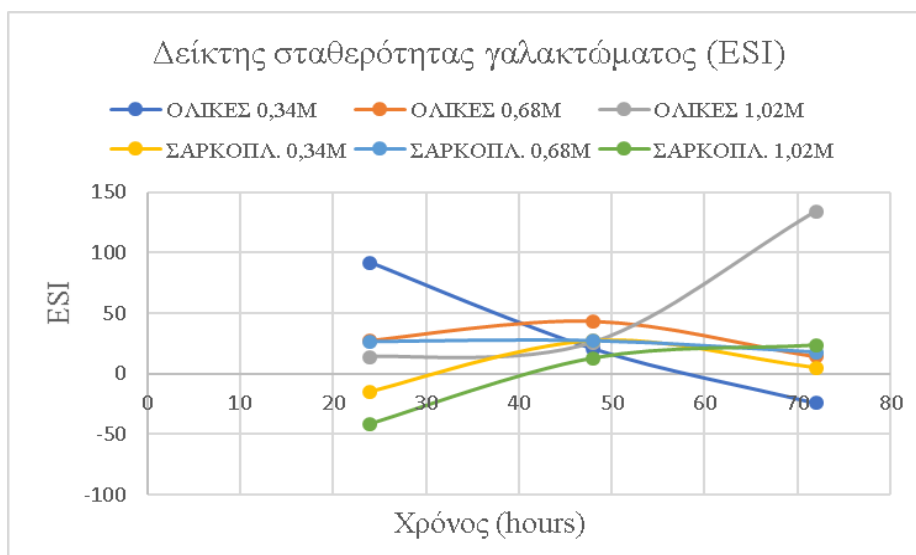
Δείκτες Ικανότητας και Σταθερότητας γαλακτώματος (EAI και ESI) σε συγκέντρωση πρωτεΐνης 1,5M

Στα διαγράμματα 5.9 και 5.10 που ακολουθούν θα αναλυθούν τα αποτελέσματα Ικανότητας και Σταθερότητας γαλακτώματος στην συγκέντρωση πρωτεΐνης 1,5M. Πιο αναλυτικά, στο πρώτο διάγραμμα στις ολικές πρωτεΐνες με συγκέντρωση 0,34M και 1,02M σημειώνεται μια σχετική σταθερότητα μέχρι τις 48 ώρες και ύστερα καταγράφεται σταδιακή αύξηση μέχρι τις 72 ώρες. Από την άλλη, στην συγκέντρωση μαρινάδας 0,68M η μόνη διαφορά που διακρίνεται σε σχέση με τις άλλες συγκεντρώσεις είναι η απότομη αύξηση της μέχρι τις 72 ώρες. Όσον αφορά τις σαρκοπλασματικές πρωτεΐνες παρατηρήθηκε ότι η συγκέντρωση 0,68M εμφανίζει υψηλή ικανότητα γαλακτώματος στο πρώτο εικοσιτετράωρο. Από την άλλη, η επίδραση της μαρινάδας στις συγκεντρώσεις 0,34M και 1,02M παρουσίασε την μικρότερη μεταβολή στις τιμές τους.

Στο δεύτερο διάγραμμα παρατηρήθηκε ότι στις ολικές πρωτεΐνες στις 24 ώρες η αύξηση της συγκέντρωσης είχε ως αποτέλεσμα την μείωση του δείκτη σταθερότητας γαλακτώματος. Σε αντίθεση, με τις 48 ώρες όπου η συγκέντρωση 0,68 M είχε την μεγαλύτερη σταθερότητα, ενώ οι συγκεντρώσεις 0,34M και 1,02M είχαν μικρή απόκλιση μεταξύ τους. Καταλήγοντας, στις 72 ώρες καταγράφηκε το αντίστροφο από τις 24 ώρες, με σημείωση ότι στην συγκέντρωση 0,34M η σταθερότητα ήταν αρνητική. Αναφορικά με τις σαρκοπλασματικές πρωτεΐνες στην συγκέντρωση μαρινάδας 0,68 M οι τιμές γαλακτώματος ήταν σταθερές και στις 72 ώρες παρατηρήθηκε αισθητή μείωση. Εν αντιθέσει με τις συγκεντρώσεις 0,34M και 1,02M οι οποίες το πρώτο εικοσιτετράωρο είχαν αρνητικές τιμές παρόλα αυτά η πρώτη ακολούθησε αυξανόμενη πορεία μέχρι τις 42 ώρες, ενώ η δεύτερη ακολούθησε την ίδια πορεία μέχρι τις 72 ώρες αντίστοιχα.



Διάγραμμα 5. 9: Δείκτης ικανότητας γαλακτώματος (EAI) των πρωτεϊνών στην συγκέντρωση 1,5M συναρτήσει του χρόνου.

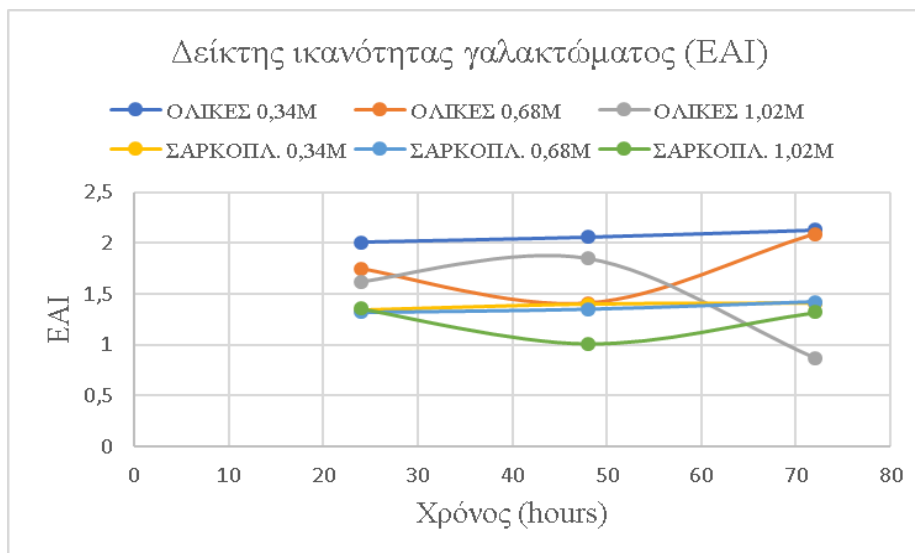


Διάγραμμα 5. 10: Σταθερότητα γαλακτώματος (ESI) των πρωτεϊνών στην συγκέντρωση 1,5M συναρτήσει του χρόνου.

Δείκτες Ικανότητας και Σταθερότητας γαλακτώματος (EAI και ESI) σε συγκέντρωση πρωτεΐνης 3M

Στα διαγράμματα 5.11 και 5.12 παρουσιάζονται οι μεταβολές της ικανότητας και της σταθερότητας των ολικών πρωτεϊνών και σαρκοπλασματικών πρωτεϊνών. Πιο συγκεκριμένα, στο παρακάτω διάγραμμα παρατηρείται ότι στις ολικές πρωτεΐνες η συγκέντρωση 0,34M είχε τις μεγαλύτερες τιμές σε όλη την διάρκεια του πειράματος. Αξιοσημείωτη είναι η αντίθεση μεταξύ των δύο μεγαλύτερων συγκεντρώσεων, η συγκέντρωση 0,68M αυξήθηκε στο μισό σε αντίθεση με την συγκέντρωση 1,02M η ο-

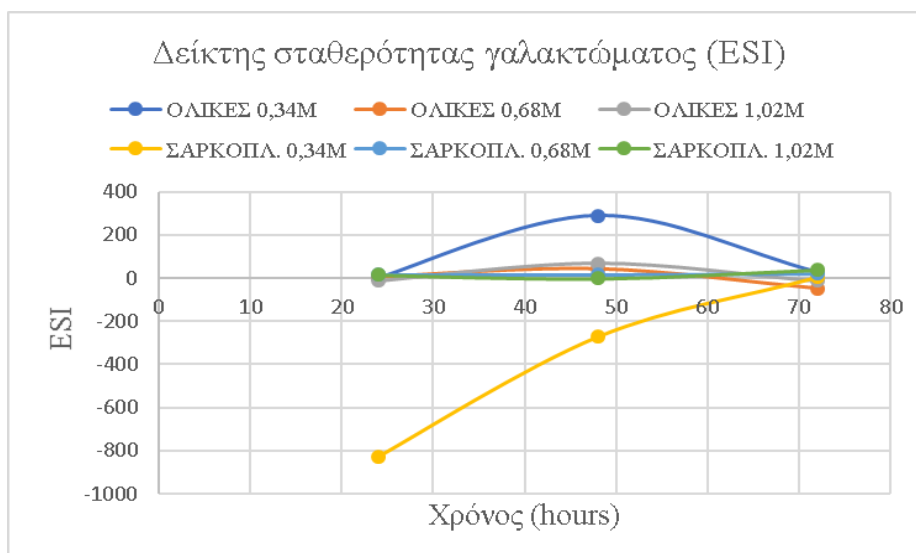
ποία μειώθηκε στο μισό σε σχέση με την αρχική τους τιμή στο χρονικό διάστημα 48 με 72 ώρες. Αναφορικά, με τις σαρκοπλασματικές πρωτεΐνες όλες οι συγκεντρώσεις είναι σε παρόμοιο εύρος τιμών, με εξαίρεση την συγκέντρωση 1,02M η οποία στις 48 ώρες μειώνεται σε μικρό βαθμό.



Διάγραμμα 5. 11: Δείκτης ικανότητας γαλακτώματος (EAI) των πρωτεϊνών στην συγκέντρωση 3M συναρτήσει του χρόνου.

Επιπροσθέτως, στο διάγραμμα που ακολουθεί επισημαίνεται ότι στις ολικές πρωτεΐνες στις 24 ώρες η σταθερότητα γαλακτώματος ήταν πολύ μικρή, με εξαίρεση το 1,02M που ήταν αρνητική. Ωστόσο, στις 48 ώρες υπήρχε σταθερότητα και οι τιμές ήταν υψηλές για όλες τις συγκεντρώσεις, ενώ στις 72 ώρες η σταθερότητα παρέμεινε μόνο για την συγκέντρωση 0,34M. Από την άλλη, οι σαρκοπλασματικές πρωτεΐνες με συγκέντρωση 0,68M είχαν ελάχιστη αύξηση στα τρία εικοσιτετράωρα, ενώ η συγκέντρωση 1,02M εμφάνισε υψηλή σταθερότητα στις 72 ώρες.

Εν κατακλείδι, οι ελλιπείς ποσότητες διηθημάτων που προέκυψαν κατά τις πειραματικές μετρήσεις πιθανόν να έχουν ως αντίκτυπο μη αντιπροσωπευτικές τιμές για την συγκέντρωση 0,34M στις 24 ώρες για τις δύο πρωτεΐνες, που χρησιμοποιήθηκαν για την μέτρηση των δεικτών του γαλακτώματος

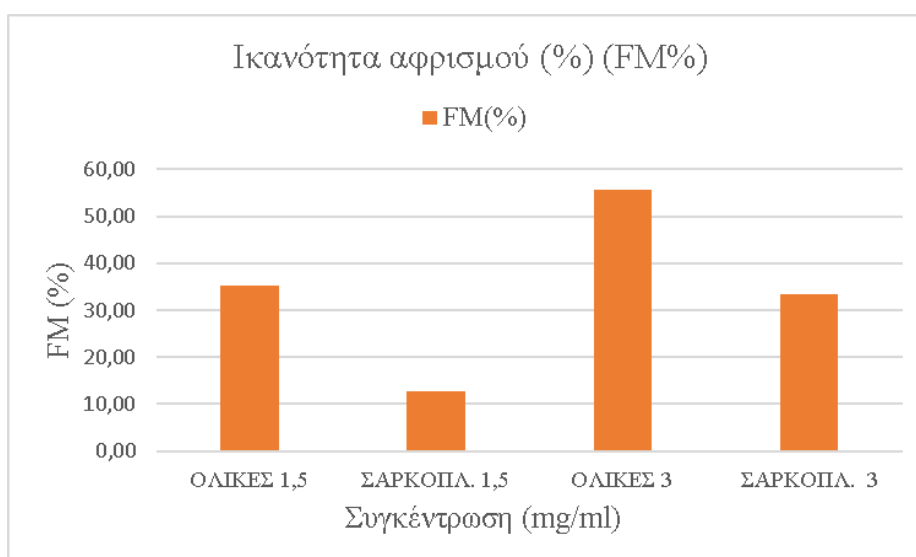


Διάγραμμα 5. 12: Δείκτης σταθερότητας γαλακτώματος (ESI) των πρωτεϊνών στην συγκέντρωση 3M συναρτήσει του χρόνου.

Αποτελέσματα Αφριστικής Ικανότητας Νωπού

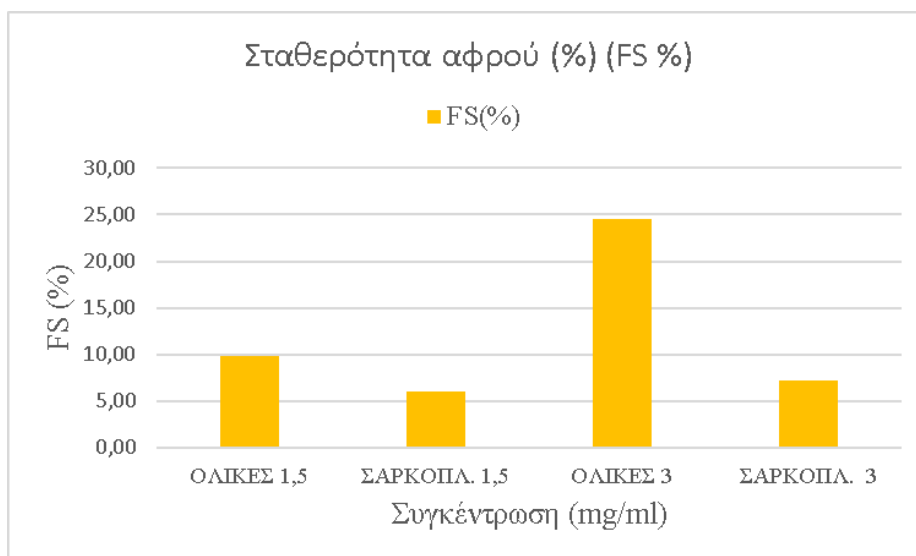
Ικανότητα και Σταθερότητα αφρού (FM% και FS%)στις συγκεντρώσεις 1,5M και 3M του νωπού δείγματος

Τόσο στις ολικές πρωτεΐνες όσο και στις σαρκοπλασματικές πρωτεΐνες η αύξηση της συγκέντρωσης πρωτεΐνης αποδείχθηκε ανάλογη της ικανότητας αφρού. Επίσης, συγκρίνοντας τις δύο πρωτεΐνες στην ίδια συγκέντρωση 1,5M και 3M αντίστοιχα, παρατηρείται μεγάλη απόκλιση στις τιμές τους. Τα παραπάνω αποτελέσματα αποτυπώνονται καλύτερα στο διάγραμμα 5.13.



Διάγραμμα 5. 13: Ικανότητα αφρισμού (%) (FM%) του νωπού δείγματος στις συγκεντρώσεις 1,5M και 3M.

Αντίθετα με το προηγούμενο διάγραμμα στο διάγραμμα 5.14 παρατηρείται πως οι ολικές πρωτεΐνες είχαν την μεγαλύτερη μεταβολή στις τιμές τους, ενώ οι σαρκοπλασματικές πρωτεΐνες είχαν μικρότερη αύξηση των τιμών τους. Επιπλέον, σημειώνεται ότι στην συγκέντρωση 1,5M παρουσιάζεται μικρή διαφορά μεταξύ των τιμών των δύο πρωτεϊνών. Από την άλλη, στην συγκέντρωση πρωτεΐνης 3M η διαφορά των τιμών μεταξύ των ολικών πρωτεϊνών και των σαρκοπλασματικών πρωτεϊνών είναι περίπου τριπλάσια.

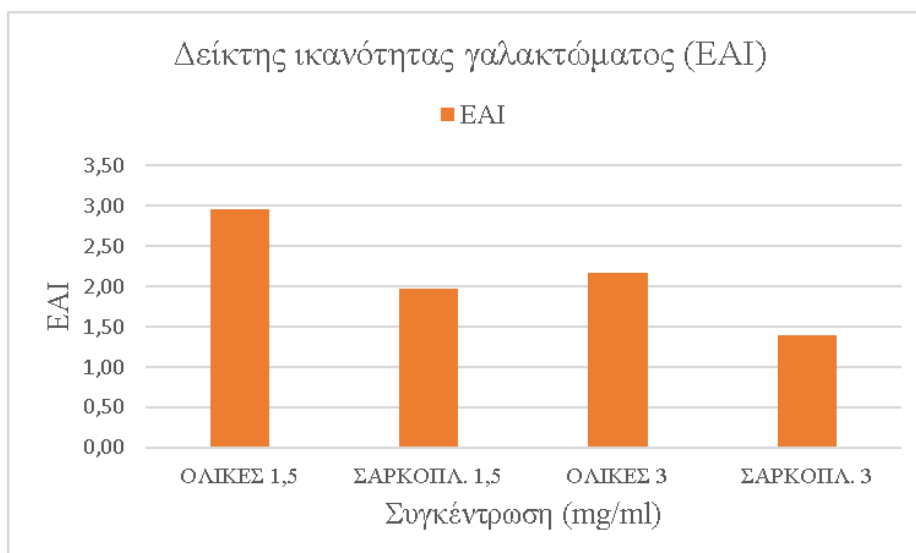


Διάγραμμα 5. 14: Σταθερότητα αφρισμού (%) (FM%) του νωπού δείγματος στις συγκεντρώσεις 1,5M και 3M.

Αποτελέσματα Γαλακτωματοποιητικής Ικανότητας

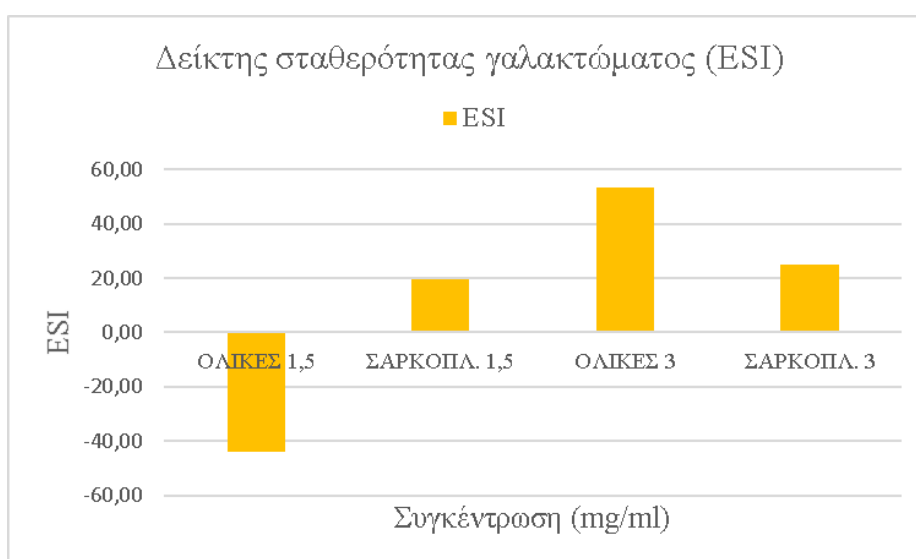
Δείκτες ικανότητας και σταθερότητας γαλακτώματος (EAI και ESI) στις συγκεντρώσεις 1,5M και 3M του νωπού δείγματος

Όπως διαφαίνεται στο διάγραμμα 5.15 η αύξηση της συγκέντρωσης πρωτεΐνης είχε ως αποτέλεσμα την μείωση των τιμών του δείκτη ικανότητας γαλακτώματος. Όσον αφορά την σύγκριση των δύο πρωτεϊνών στην ίδια συγκέντρωση παρατηρείται ότι στην συγκέντρωση 1,5M υπάρχει μεγαλύτερη απόκλιση των τιμών τους. Ενώ στην συγκέντρωση 3M υπάρχει μικρότερη διαφορά μεταξύ των τιμών τους.



Διάγραμμα 5. 15: Δείκτης ικανότητας γαλακτώματος (EAI) του νωπού δείγματος στις συγκεντρώσεις 1,5M και 3M.

Με την αύξηση της συγκέντρωσης πρωτεΐνης από 1,5M σε 3M παρατηρήθηκε αύξηση των τιμών των δύο πρωτεϊνών. Πιο συγκεκριμένα, στις ολικές πρωτεΐνες η αύξηση των τιμών τους ήταν ιδιαίτερα αισθητή, ενώ στις σαρκοπλασματικές πρωτεΐνες η αύξηση των τιμών τους ήταν ελάχιστη. Επιπρόσθετα, αξίζει να αναφερθεί ότι στην συγκέντρωση 1,5M οι τιμές των ολικών πρωτεϊνών ήταν υπό του μηδενός ενώ οι τιμές των σαρκοπλασματικών ήταν θετικές. Από την άλλη πλευρά, στην συγκέντρωση 3M οι τιμές ήταν θετικές και στις δύο πρωτεΐνες, με τις τιμές των ολικών πρωτεϊνών να υπερέχουν εις διπλούν των τιμών των σαρκοπλασματικών πρωτεϊνών. Τα παραπάνω αποτυπώνονται καλύτερα στο διάγραμμα 5.16 που ακολουθεί.



Διάγραμμα 5. 16: Δείκτης σταθερότητας γαλακτώματος (ESI) του νωπού δείγματος στις συγκεντρώσεις 1,5M και 3M.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η προσθήκη χλωριούχου νατρίου φαίνεται να επηρεάζει τις λειτουργικές ιδιότητες των πρωτεϊνών, όπως την δημιουργία και την σταθεροποίηση γαλακτωμάτων και αφρού (Wang et al., 2023). Οι Figueroa et al. το 2020 σε δείγμα χοιρινού κρέατος παρατήρησαν κατά το μαρινάρισμα ότι η προσθήκη άλατος αυξάνει την ικανότητα συγκράτησης νερού με άμεσο απότοκο την αύξηση του όγκου του κρέατος. Οι παραπάνω παρατηρήσεις διασταυρώνονται με τα αποτελέσματα της πειραματικής διαδικασίας αναφορικά με το νωπό και το μαριναρισμένο δείγμα. Επιπροσθέτως, στην ίδια έρευνα παρατήρησαν σε μαριναρισμένο χοιρινό κρέας την αύξηση του όγκου του μέχρι τις 45 ώρες, ενώ στο πέρας των 60 ωρών ο όγκος μειώθηκε αισθητά. Αμφιλεγόμενα είναι ωστόσο τα αποτελέσματα του πειράματος, αφού οι ολικές πρωτεΐνες αυξάνονται ενώ οι σαρκοπλασματικές πρωτεΐνες μειώνονται μέχρι τις 72 ώρες.

Κατά τους Steen et al. το 2016 το μαρινάρισμα με NaCl προσδίδει καλύτερες ιδιότητες αφρισμού σε σχέση με ένα νωπό δείγμα. Εντούτοις, στο μαριναρισμένο μπουτί οι τιμές αυξάνονται σε συγκεκριμένο εύρος συγκεντρώσεων, ενώ περαιτέρω αύξηση του άλατος μειώνει αυτές τις ιδιότητες. Παρόμοια αποτελέσματα παρατηρούνται στην πειραματική διαδικασία για όλα τα δείγματα. Οι Chan et al. το 2011 σε πείραμα που πραγματοποίησαν σε στήθος γαλοπούλας όταν αύξησαν την συγκέντρωση των πρωτεϊνών από 1,5M σε 3M δεν παρατήρησαν ιδιαίτερες μεταβολές στις αφριστικές ιδιότητες τους. Από την άλλη, οι παραπάνω ισχυρισμοί δεν επιβεβαιώνονται στην παρούσα εργασία, καθώς με την αύξηση της συγκέντρωσης των πρωτεϊνών επήλθε και αύξηση των τιμών αφρισμού των μαριναρισμένων και των νωπών δειγμάτων. Στο άρθρο τους οι Steen et al. το 2016 ανέφεραν ότι οι σαρκοπλασματικές είναι πρωτεΐνες χαμηλού μοριακού βάρους. Στο κεφάλαιο 3 σημειώθηκε πως οι ολικές πρωτεΐνες εμπεριέχουν όλες τις πρωτεΐνες που βρίσκονται στην μυϊκή ίνα και τις σαρκοπλασματικές πρωτεΐνες, οπότε αναμένεται να έχουν μεγαλύτερο μοριακό βάρος. Επιπλέον, σύμφωνα με τους Narsimhan και Xiang το 2018 οι μικρές πρωτεΐνες εμφανίζουν καλύτερη ικανότητα αφρισμού άρα οι σαρκοπλασματικές πρωτεΐνες προβλέπεται να έχουν μεγαλύτερες τιμές σε σχέση με τις ολικές πρωτεΐνες. Το ίδιο παρατηρούν και οι Haque et al., το 2016 για την σταθερότητα του αφρού. Στην παρούσα μελέτη δεν έχουν ισχύ οι παραπάνω ισχυρισμοί καθώς οι τιμές των ολικών πρωτεϊνών υπερτερούν. Αυτό επαληθεύεται και από την πειραματική διαδικασία τόσο στα αμαρινάρι-

στα όσο και στα μαριναρισμένα δείγματα, αφού κατά την ομογενοποίηση οι ολικές πρωτεΐνες υπερχείλιζαν.

Η χρήση του άλατος NaCl αυξάνει την διαλυτότητα των πρωτεϊνών το οποίο συνεπάγεται με καλές γαλακτωματοποιητικές ικανότητες, όπως αναφέρεται από τους Song et al., (2020) και Dara et al., (2021). Ωστόσο, στην συγκεκριμένη μελέτη το μη μαριναρισμένο δείγμα εμφάνισε υψηλότερες τιμές γαλακτώματος σε σχέση με τα μαριναρισμένα δείγματα. Σύμφωνα με τους Zhu et al, (2020) η αύξηση της συγκέντρωσης NaCl είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της σταθερότητας και γαλακτωματοποιητικής ικανότητας των μυϊκών ινιδίων για τις συγκεντρώσεις έως 0,6M. Στην συγκεκριμένη εργασία αυτό παρατηρείται μόνο για την συγκέντρωση πρωτεΐνης 1,5M. Σύμφωνα με τους Lin και Xiong, (2021) τα μυϊκά ινίδια αναμένεται να μην έχουν καλές γαλακτωματοποιητικές ιδιότητες σε σχέση με τις σαρκοπλασματικές πρωτεΐνες, σε συγκέντρωση άλατος μικρότερη από 0,5M λόγω της διαλυτότητας τους σε πυκνά διαλύματα. Σε αυτή την εργασία δεν ισχύει και αυτό πιθανόν να οφείλεται στο γεγονός ότι οι ολικές πρωτεΐνες προκύπτουν από το άθροισμα των μυϊκών ινιδίων και των σαρκοπλασματικών πρωτεϊνών. Σύμφωνα με τους Sadiq et al., (2021) οι μυοϊνιδιακές πρωτεΐνες έχουν υψηλότερους δείκτες γαλακτωματοποίησης σε σχέση με τις σαρκοπλασματικές πρωτεΐνες, τα αποτελέσματα αυτά επιβεβαιώνονται και στην συγκεκριμένη έρευνα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

Από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση και τα αποτελέσματα προκύπτουν θέματα ειδικού ενδιαφέροντος, τα οποία χρήζουν περαιτέρω μελέτης. Αναφορικά με την επίδραση του μαριναρίσματος χλωριούχου νατρίου στις λειτουργικές ιδιότητες των πρωτεϊνών, σημειώνονται οι εξής παρατηρήσεις:

- Για την καλύτερη κατανόηση των λειτουργικών ιδιοτήτων των πρωτεϊνών ενδείκνυται η περαιτέρω μελέτη των φυσικοχημικών παραγόντων (pH και ικανότητα συγκράτησης νερού) οι οποίοι έχουν άμεση επίδραση στις πρωτεΐνες.
- Τα δείγματα κρέατος (χοιρινό μπούτι) που μελετήθηκαν στην παρούσα εργασία περιείχαν μικρή ποσότητα λίπους η οποία πιθανόν να επηρέασε τις μετρήσεις.
- Οι ολικές πρωτεΐνες παρουσίασαν δύσκολη παραλαβή διηθήματος, για αυτό τον λόγο συνιστάται η αναζήτηση μιας άλλης μεθόδου η οποία θα διευκολύνει την διάλυση και την εκχύλιση τους

Καταλήγοντας, η παρούσα πτυχιακή μπορεί να αξιοποιηθεί ως οδηγός για μελλοντικές έρευνες στο πεδίο των λειτουργικών ιδιοτήτων των πρωτεϊνών του χοιρινού κρέατος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το χοιρινό είναι από τα πιο καταναλισκόμενα κρέατα στον κόσμο. Στη βιβλιογραφία δεν υπάρχουν δεδομένα σχετικά με την επίδραση του μαριναρίσματος με χλωριούχο νάτριο στις ολικές πρωτεΐνες και τις σαρκοπλασματικές πρωτεΐνες ελληνικού χοιρινού μπουτιού. Στην παρούσα εργασία έγιναν δοκιμές σε μαριναρισμένο χοιρινό μπούτι με τρεις διαφορετικές συγκεντρώσεις άλατος, καθώς και σε αμαρινάριστο. Αρχικά, όσον αφορά τη συγκέντρωση και τις γαλακτωματοποιητικές ιδιότητες των πρωτεϊνών παρατηρήθηκαν υψηλότερες μετρήσεις στο νωπό σε σχέση με το μαριναρισμένο όπως αποδείχθηκε από τα πειραματικά αποτελέσματα. Αναφορικά με τις διεπιφανειακές ιδιότητες των πρωτεϊνών, οι ολικές πρωτεΐνες σε συγκεκριμένο εύρος συγκεντρώσεων NaCl εμφάνισαν τις υψηλότερες μετρήσεις. Επίσης, το μαρινάρισμα με χλωριούχο νάτριο καθώς και η αύξηση συγκέντρωσης πρωτεΐνης είχαν θετικά αποτελέσματα στις ιδιότητες του αφρισμού. Παρόλα αυτά, στο γαλάκτωμα η αύξηση της συγκέντρωσης της πρωτεΐνης μείωσε τους δείκτες γαλακτωματοποίησης. Εν κατακλείδι, είναι σημαντικό να κατανοηθεί η επίδραση του χλωριούχου νατρίου στις λειτουργικές ιδιότητες των πρωτεϊνών του χοιρινού κρέατος, έτσι ώστε να αξιοποιηθούν στο έπακρον.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξενόγλωσση

1. Belitz D.-H., Grosch W. and Schieberle P. (2020). Χημεία Τροφίμων, Τζιόλα, Αθήνα
2. Boskou D. (2006). Olive oil: chemistry and technology, AOCS, Thessaloniki.
3. Cai, Z., Wei, Y., Shi, A., Zhong, J., Rao, P., Wang, Q., & Zhang, H. (2023). Correlation between interfacial layer properties and physical stability of food emulsions: Current trends, challenges, strategies, and further perspectives. *Advances in Colloid and Interface Science*, 102863.
4. Chan, J. T. Y., Omana, D.A., & Betti, M. (2011). Functional and rheological properties of properties in frozen turkey breast meat with different ultimate pH. *Poultry Science*, 90(5), 1112-1123.
5. Chang, S. K., & Zhang, Y. (2017). Protein analysis. *Food Analysis*, 315-331.
6. Damigou, E., Kosti, R. I., Anastasiou, C., Chrysohoou, C., Barkas, F., Adamidis, P. S., ... & ATTICA Study Group. (2023). Associations between meat type consumption pattern and incident cardionascular disease: The ATTICA epidemiological cohort study (2002-2022). *Meat Science*, 205, 109294.
7. Dara, P. K., Geetha, A., Mohanty, U., Raghavankutty, M., Mathew, S., Nagarajao, 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.
8. Day, L., Cakebread, J.A., & Loveday, S.M. (2022). Food proteins from animals and plants: Differences in the nutritional and functional properties. *Trends in Food Science & Technology*, 119, 428-442.
9. Figueroa, C., Ramírez, C., Núñez, H., Jaques, A., & Simpson, R. (2020). Application of vacuum impregnation and CO₂-laser microperforations in the potential acceleration of the pork marinating process. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 66, 102500.
10. Ganesan Nrsimhan, G.N., & Xiang Ning, X.N. (2018). Role of proteins on formation, drainage, and stability of liquid food foams. *Annual Review of Food Science and Technology*, Vol. 9, 45-63.

11. Gargi, A., & Sengun, I. Y. (2021). Marination liquids enriched with probiotics and their inactivation effects against food-borne pathogens inoculated on meat. *Meat Science*, 182, 108624.
12. Gornall, A. G., Bardawill, C. J., & David, M. M. (1949). Determination of serum proteins by means of the biuret reaction. *Journal of Biological Chemistry*, 177(2), 751-766.
13. Haque, M.A., Timilsena, Y. P., & Adhikari, B. (2016). Food proteins, structure, and function. Elsevier. Hillerton, JE and JFV Vincent (1983). "Consideration of the importance of hydrophobic interactions in stabilizing insect cuticle." *International Journal of Biological Macromolecules*, 5(3), 163-166.
14. Higuera-Barraza, O.A., Del Toro-Sanchez, C. L., Ruiz-Cruz, S., & Márquez-Ríos, E. (2016). Effects of high-energy ultrasound on the functional properties of proteins. *Ultrasonics Sonochemistry*, 31, 558-562.
15. Hui, Y. H. (Ed.). (2012). Handbook of meat and meat processing, CRC press, New York.
16. Jelic Milkovic, S., Crncan, A., Kristic, J., Kralik, I., Djurkin Kusec, I., Gvozdanovic, K., ...& Loncaric, R. (2023). Consumer Preferences for Cured Meat Products from the Autochthonous Black Slavonian Pig. *Foods*, 12(19), 3666.
17. Jia, J., Dawson, T.P., Wu, F., Han, Q., & Cui, X. (2023). Global meat demand projection: Quo Vadimus? *Journal of Cleaner Production*, 429, 139460.
18. Kim, Y. J., Lee, M. H., Kim, S. M., Kim, B. K., Yong, H. I., & Choi, Y. S. (2023). Improvement of structural, physicochemical, and rheological properties of porcine myofibrillar proteins by high-intensity ultrasound treatment for application as Pickering stabilizers. *Ultrasonics Sonochemistry*, 92, 106263.
19. Laliotis, G. P., & Avdi, M. (2018). Evidence of genetic hybridization of the wild boar and the indigenous black pig in northern Greece. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 34(2), 149-158.
20. 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.
21. Lebret, B., & Candek-Potokar, M. (2022). Pork quality attributes from farm to fork. Part II. Processed pork products. *Animal*, 16, 100383.

22. Lin, L., & Xiong, Y.L. (2021). Competitive adsorption and dilatational rheology of pork myofibrillar and sarcoplasmic proteins at the O/W emulsion interface. *Food Hydrocolloids*, 118, 106816.
23. Mann, N. J. (2018). A brief history of meat in the human diet and current health implications. *Meat Science*, 144, 169-179.
24. Michailidou, S., Kalivas, A., Ganopoulos, I., Stea, E., Michailidis, G., Tsafaris, A., & Argiriou, A. (2014). A multi-farm assessment of Greek black pig genetic diversity using microsatellite molecular markers. *Genetics and Molecular Research*, 13(2), 2752-2765.
25. Murray, B. S. (2020). Recent developments in food foams. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 50, 101394.
26. Narsimhan, G., & Xiang, N. (2018). Role of proteins on formation, drainage, and stability of liquid food foams. *Annual Review of Food Science and Technology*, 9, 45-63.
27. Nour, V. (2022). Effect of sour cherry or plum juice marinades on quality characteristics and oxidative stability of pork loin. *Foods*, 11(8), 1088.
28. Sadiq, K., Al-Hussainy, J., & Al-Robeay, H. Y. E. (2021, November). Myofibrillars and Sarcoplasmic Proteins Separated The Effect of Different Preservation and Cooking Methods on Functional Characteristics of From Common Carp and Silver Carp Prof. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 910, No. 1, p. 012105). IOP Publishing.
29. Saricaoglu, F.T., Gul, O., Tural, S., & Turhan, S. (2017). Potential application of high pressure homogenization (HPH) for improving functional and rheological properties of mechanically deboned chicken meat (MDCM) proteins. *Journal of Food Engineering*, 215, 161-171.
30. Singh, P., Yadav, S., Pathera, A. K., & Sharma, D. P. (2018). Effect of vacuum tumbling on sensory quality of marinated chicken products. *Asian Journal of Animal Sciences*, 13, 27-30.
31. 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.
32. Song, D. H., Ham, Y. K., Noh, S.W., Chin, K. B., & Kim, H. W. (2020). Evaluation of NaCl and KCl salting effects on technological properties of pre- and post-rigor chicken breasts at various ionic strengths. *Foods*, 9(6), 721.

33. Steen, L., Glorieux, S., Goemaere, O., Brijs, K., Paelinck, H., Foubert, I., & Fraeye, I. (2016). Functional properties of pork liver protein fractions. *Food and Bioprocess Technology*, 9, 970-980.
34. Subroto, E., Lembong, E., Filianty, F., Indianto, R., Primalia, G., Putri, M. S.K.Z., ... & Junar, S. (2020). The analysis techniques of amino acid and protein in food and agricultural products. *International Journal of Scientific & Technology Research*, 9(10), 29-36.
35. Toldrà, M., Parés, D., Saguer, E., & Carretero, C. (2019). Recovery and extraction of technofunctional proteins from porcine spleen using response surface methodology. *Food and Bioprocess Technology*, 12, 298-312.
36. Wang, J., Huang, X. H., Zhang, Y.Y., Li, S., Dong, X., & Quin, L. (2023). Effect of sodium salt on meat products and reduction sodium strategies-A review. *Meat Science*, 109296.
37. Wouters, A. G., Rombouts, I., Fierens, E., Brijs, K., & Delcour, J.A. (2016). Relevance of the functional properties of enzymatic plant protein hydrolysates in food systems. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(4), 786-800.
38. Zeng, Y., Chen, E., Zhang, X., Li, D., Wang, Q., & Sun, Y. (2022). Nutritional Value and Physicochemical Characteristics of Alternative Protein for Meat and Dairy—A Review. *Foods*, 11(21), 3326.
39. Zheng, J., Sun, D.I., Li, X., Liu, D., Li, C., Zheng, Y., ...& Shao, J. H. (2021). The effect of fatty acid chain length and saturation on the emulsification properties of pork myofibrillar proteins. *LWT*, 139, 110242.
40. Zhu, C. Z., Jin, H. Q., Yin, F., Cui, W. M., Zhang, Q. H., & Zhao, G. M. (2021). Emulsion-forming properties of heat-induced pork myofibrillar protein affected by NaCl. *International Journal of Food Science & Technology*, 56(6), 3016-3025.

Ελληνόγλωσση

1. Γεωργάκης Α. Σ., Βαρελτζής Π. Κ. και Αμβροσιάδης Α. Ι. (2002). Τεχνολογία τροφίμων ζωικής προέλευσης, Σύγχρονη Παιδεία, Θεσσαλονίκη.
2. Γεωργάκης Α. Σ., Αμβροσιάδη Ι., Βασιλοπούλου Ε., Βολιτάκη Α., Γενηγιώργη Κ., Ζυγογιάννη Δ., Honikel Ο. Κ., Καφάτου Α., Κοϊδη Π., Κουτσουμάνη Κ., Κρυστάλλη Α., Leistner L., Μπατρινού Α., Μπλούκα Ι., Νάσκα Α., Πόγγα Ν., Ραμαντάνη Σ., Ράντσιου Α., Σούλτσου Ν., Στοφόρου Ν., Τριχοπούλου Α.,

- Τυρπένου Α., Φλουρή Σ., Φωτοπούλου Χ. (2005). Το κρέας και τα Προϊόντα του (Παραγωγή-Εμπορία-Τεχνολογία-Υγιεινή), Σύγχρονη Παιδεία, Θεσσαλονίκη.
3. Κανονισμός (ΕΚ) Αριθμ. 853/2004 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου για τον καθορισμό ειδικών κανόνων υγιεινής για τα τρόφιμα ζωικής προέλευσης Παράρτημα Ι «Ορισμοί».
 4. Κοντομηνάς Γ. Μ. και Μπαδέκα Β. Α. (2023). Χημεία Τροφίμων, Νέον, Αθήνα.
 5. Κυρανάς Ε. (2011). Λειτουργικές ιδιότητες νερού, πρωτεϊνών, σακχάρων, λιπιδίων & φυσικών χρωστικών. Επίδραση στην Ποιότητα & τη Θρεπτική αξία των τροφίμων, Τζιόλα, Θεσσαλονίκη.
 6. Κώδικας Τροφίμων και Ποτών (Κ.Τ.Π.) (2014). Προϊόντα με βάση το κρέας- Παρασκευάσματα κρέατος: Επεξεργασίες, Άρθρο 89α, Έκδοση 1.
 7. Λάζος Σ. Ε. και Λάζου Ε. Α. (2016). Επεξεργασία Τροφίμων:2 Διεργασίες Συντηρήσεως με Φυσικοχημικές, Βιολογικές, Νέες & Αναδυόμενες Τεχνολογίες, Παπαζήση, Αθήνα.
 8. Μπλούκας Γ. Ι. (2017). Τεχνολογία κρέατος (Κρέας και Προϊόντα Κρέατος), Σταμούλης, Αθήνα.
 9. Ραμαντάνης Β. Σ., (2020). Τεχνολογία κρέατος, Σύγχρονη Παιδεία, Θεσσαλονίκη.
 10. Ρογδάκης Ε. (2006). Γενική Ζωοτεχνία, Αθ. Σταμούλης, Αθήνα.

Εικόνες

Εικόνα 1.1 : Ραμαντάνης Β. Σ., (2020). Τεχνολογία κρέατος, Σύγχρονη Παιδεία, Θεσσαλονίκη.

Εικόνα 2.1 : Wang, J., Huang, XH, Zhang, YY, Li, S., Dong, X., & Quin, L. (2023). Effect of sodium salt on meat products and reduction sodium strategies-A review. *Meat Science*, 109296.