

**ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΧΟΙΡΙΝΗ ΣΠΑΛΑ: Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ
ΤΟΥ ΜΑΡΙΝΑΡΙΣΜΑΤΟΣ ΜΕ ΑΛΑΤΑ
ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΩΝ
ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ
ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΗΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

της

ΙΩΑΝΝΙΔΟΥ ΦΩΤΕΙΝΗΣ

**Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων
Σχολή Περιβάλλοντος
ΙΟΝΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ**



**Αργοστόλι Κεφαλληνίας
Ιανουάριος 2023**

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΧΟΙΡΙΝΗ ΣΠΑΛΑ: Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ
ΤΟΥ ΜΑΡΙΝΑΡΙΣΜΑΤΟΣ ΜΕ ΑΛΑΤΑ
ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΩΝ
ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ
ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΗΣ

Η πτυχιακή εργασία εγκρίθηκε από:

Επιβλέπουσα: Δημητρίλλου Δήμητρα

Μέλος Επιτροπής: Σακαντάνη Ελένη

Μέλος Επιτροπής: Σαμαράς Ιωάννης

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

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή αξιολογείται πειραματικά η επίδραση του μαριναρίσματος με διαλύματα NaCl και CaCl₂, στις φυσικοχημικές ιδιότητες ελληνικής χοιρινής σπάλας. Δείγματα κρέατος κόπηκαν σε τεμάχια (2cmx2cm), τα οποία χωρίστηκαν σε 7 ομάδες. Τα δείγματα της πρώτης ομάδας δεν μαριναρίστηκαν και χρησιμοποιήθηκαν ως μάρτυρες. Τα δείγματα των άλλων 6 ομάδων μαριναρίστηκαν, για 72 ώρες στους 5°C, σε διαλύματα NaCl (0,34M-0,68M-1,08M) και CaCl₂ (0,05M-0,10M-0,15M). Τα πειράματα επαναλήφθηκαν τρεις φορές (1 κάθε εβδομάδα), ακριβώς με τις ίδιες διαδικασίες. Τα αποτελέσματα ήταν ποικίλα. Δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές του pH των μαριναρισμένων δειγμάτων, έναντι του μάρτυρα. Πιο σημαντική ήταν η διακύμανση μεταξύ των επαναλήψεων και μεταξύ των διαλυμάτων του ιδίου άλατος στην ίδια επανάληψη. Η περιεκτικότητα σε υγρασία (%) ήταν μεγαλύτερη σε όλα τα μαριναρισμένα δείγματα σε σχέση με το μάρτυρα, ωστόσο χωρίς σημαντικές διαφορές μεταξύ των διαλυμάτων NaCl και CaCl₂. Επίσης, η απώλεια νερού (%) κατά το μαγείρεμα όλων των μαριναρισμένων δειγμάτων ήταν μεγαλύτερη συγκριτικά με το μάρτυρα. Η αύξηση του βάρους ήταν πολύ μεγαλύτερη στα δείγματα που είχαν μαριναριστεί με διαλύματα NaCl έναντι αυτών με CaCl₂. Συμπερασματικά, η ποικιλία των αποτελεσμάτων οφείλεται κυρίως στο οριακό ή ακραίο pH του αμαρινάριστου δείγματος, σε σχέση με τις φυσιολογικές τιμές (6,0>pH≥5,5).

Λέξεις κλειδιά: Ελληνική χοιρινή σπάλα, κρέας, μαρινάρισμα, NaCl, CaCl₂, pH, φυσικοχημικές ιδιότητες.

ABSTRACT

This study evaluated the effects of marinating greek pork shoulder (Boston butt) with NaCl and CaCl₂ solutions on their physicochemical properties. Pork shoulder samples were cut (2cmx2cm) and divided into 7 groups. The samples of the first group were unmarinated and used as the control sample. The samples of the other 6 groups were marinated for 72 hours at 5°C, into solutions of NaCl (0.34M-0.68M-1.08M) and CaCl₂ (0.05M-0.10M -0.15M). Experiments were replicated three times (1 each week). The results varied. There were no significant differences observed between the pH of the marinated samples, compared to the control. Relative variation observed of its value between: (i) the different solutions of the same salt, and (ii) the three replicates. The moisture value (%) in marinated samples was higher than the ones about the control samples. However no significant difference was observed between the two treatments (NaCl and CaCl₂). Also, the loss of water (%) during the cooking process was lower for both treatments, compared to the control. The gain of weight (%) by marinating with NaCl solutions, was significantly higher compared to the CaCl₂ marinated samples. In conclusion, the different results can be justified due to the marginal or extreme pH values of the unmarinated sample, in relation to its normal ones ($6.0 > \text{pH} \geq 5.5$).

Key words: Greek pork shoulder, meat, marinating, NaCl, CaCl₂, pH, physicochemical properties.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Το μαρινάρισμα και η ιστορία του.....	2
1.1. Ορισμοί.....	2
1.2. Προέλευση και διάδοση.....	2
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Η χημεία πίσω από το μαρινάρισμα κόκκινου κρέατος.....	7
2.1. Το κόκκινο κρέας.....	7
2.1.1. Ταξινόμηση κρεάτων.....	7
2.1.2. Ο μυϊκός ιστός και η τρυφερότητα του μαγειρεμένου κρέατος....	7
2.1.3. Το χοιρινό κρέας.....	8
2.2. Το μαρινάρισμα.....	10
2.2.1. Εφαρμογές και ταξινόμηση μαρινάδων.....	10
2.2.2. Διαδικασίες μεταφοράς μαρινάδας.....	11
2.3. Μαρινάρισμα σε άλμη.....	15
2.3.1. Τα άλατα.....	15
2.3.2. Η λειτουργία της άλμης.....	16
2.4. Άλλα είδη μαρινάδων και η επίδραση των αλάτων.....	19
2.4.1. Όξινες μαρινάδες και άλατα.....	19
2.4.2. Ενζυμικές μαρινάδες και άλατα.....	20
2.5. Γευστική απόλαυση και ασφάλεια τροφίμων.....	22
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Χοιρινό κρέας σε άλμη: ανασκόπηση σχετικών ερευνών.....	24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Πειραματικό Μέρος.....	29
4.1. Σκοπός, χρόνος και τύπος διεξαγωγής.....	29
4.2. Υλικά και εξοπλισμός.....	29
4.3. Δείγμα και δειγματοληψία.....	29
4.4. Πρωτόκολλα αναλύσεων.....	30
4.4.1. Διαλύματα και διαδικασία μαριναρίσματος.....	30
4.4.2. Μέτρηση οξύτητας (pH).....	31
4.4.3. Περιεκτικότητα υγρασίας.....	32
4.4.4. Απώλεια νερού κατά το μαγείρεμα.....	33
4.4.5. Υπολογισμός βάρους μετά το μαρινάρισμα.....	34
4.5. Ημερολόγιο πειραμάτων.....	35
4.6. Αποτελέσματα.....	35
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Συζήτηση - Συμπεράσματα.....	36
5.1. Επίδραση στη pH.....	36
5.2. Επίδραση στην υγρασία, στην απώλεια νερού και στη μάζα.....	41
5.3. Συμπέρασμα.....	45
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	47

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.1: Σύνθεση μυϊκού ιστού κόκκινων κρεάτων και κοτόπουλου.....	9
Πίνακας 2.2: Περιεκτικότητα σε λιπίδια κόκκινων κρεάτων και κοτόπουλου....	9
Πίνακας 2.3: Σύνθεση λιπαρών οξέων κόκκινων κρεάτων και κοτόπουλου.....	9
Πίνακας 2.4: Μέταλλα και βιταμίνες κόκκινων κρεάτων και κοτόπουλου.....	9
Πίνακας 2.5: Σύγκριση διάχυσης και ώσμωσης.....	13
Πίνακας 2.6: Διαφορές προσρόφησης και απορρόφησης.....	15
Πίνακας 2.7: Συνήθη ένζυμα που χρησιμοποιούνται στο μαρινάρισμα.....	21
Πίνακας 4.1: Αποτελέσματα πειράματος.....	36
Πίνακας 5.1: Μέσος όρος και τυπική απόκλιση τιμών pH.....	40
Πίνακας 5.2: Μέσος όρος και τυπική απόκλιση της % υγρασίας.....	42
Πίνακας 5.3: Μέσος όρος και τυπική απόκλιση της % απώλειας νερού.....	43

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 2.1: Δομή σκελετικού μυός θηλαστικών.....	8
Σχήμα 2.2: Διάχυση.....	12
Σχήμα 2.3: Ώσμωση.....	12
Σχήμα 2.4: Προσρόφηση και απορρόφηση.....	14

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1.1: Κρέας-Μούμια.....	3
Εικόνα 2.1: Είδη μαγειρικού άλατος.....	15
Εικόνα 4.1: Δείγματα κρέατος σε βάζα για μαρινάρισμα με NaCl και CaCl ₂	30
Εικόνα 4.2: Δείγματα κρέατος 72 ώρες μετά το μαρινάρισμα	31
Εικόνα 4.3: Προετοιμασία και τελικό στάδιο για τη μέτρηση του pH.....	32
Εικόνα 4.4: Υπολογισμός βάρους κάψας-άμμου-ράβδου/κάψες στο φούρνο....	33
Εικόνα 4.5: Ζύγισμα πριν το μαγείρεμα για τη μέτρηση % απώλειας νερού.....	34

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 5.1: Μεταβολή του pH/H ₂ O και pH/KCl στην 1η δοκιμασία.....	37
Διάγραμμα 5.2: Μεταβολή του pH/H ₂ O και pH/KCl στη 2 ^η δοκιμασία.....	38
Διάγραμμα 5.3: Μεταβολή του pH/H ₂ O και pH/KCl στην 3η δοκιμασία.....	39
Διάγραμμα 5.4: Μεταβολές της % υγρασίας στις τρεις δοκιμασίες.....	41
Διάγραμμα 5.5: Απώλεια % νερού κατά το μαγείρεμα στις τρεις δοκιμασίες...	42
Διάγραμμα 5.6: Αύξηση % βάρους μετά το μαγείρεμα στις τρεις δοκιμασίες...	43
Διάγραμμα 5.7: Επίδραση διαλύματος CaCl ₂ 0,05M στην 1η δοκιμή.....	44
Διάγραμμα 5.8: Επίδραση διαλύματος NaCl 1,08M στην 3η δοκιμή.....	45

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην εργασία αυτή διερευνώνται πειραματικά οι επιδράσεις του μαριναρίσματος με διαλύματα χλωριούχου νατρίου (NaCl) και χλωριούχου ασβεστίου (CaCl₂) επί ελληνικής χοιρινής σπάλας.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται ιστορική αναδρομή της μεθόδου προετοιμασίας κρεάτων πριν το μαγείρεμα με μαρινάδες. Η μέθοδος αυτή που χρονολογείται από την αρχαιότητα, εξελίχθηκε παράλληλα με διάφορους πολιτισμούς, όχι μόνο για την αισθητηριακή βελτίωση του αποτελέσματος αλλά και για τη συντήρηση και την ασφαλή κατανάλωση τροφίμων.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, αναφέρονται οι τεχνικές του μαριναρίσματος και ειδικότερα με χρήση άλμης, μέσα από τις φυσικοχημικές ιδιότητες των διαλυμάτων. Εστιάζοντας στο χοιρινό κρέας, παρατίθενται στοιχεία για τις ιδιαιτερότητες του μυϊκού ιστού και τον τρόπο που λειτουργεί η άλμη σε αυτόν. Επίσης, προσεγγίζεται θεωρητικά, η επίδραση των αλάτων σε άλλου τύπου μαρινάδες (όξινες και ενζυμικές). Το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με αναφορά στην τήρηση των κανόνων υγιεινής και ασφάλειας τροφίμων κατά τη διαδικασία μαριναρίσματος.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται βιβλιογραφική ανασκόπηση σχετικών ερευνών για τα αποτελέσματα του μαριναρίσματος χοιρινού κρέατος με διάφορα άλατα.

Στο τέταρτο κεφάλαιο περιγράφονται λεπτομερώς οι πειραματικές διαδικασίες μαριναρίσματος ελληνικής χοιρινής σπάλας με NaCl και CaCl₂ τριών διαφορετικών συγκεντρώσεων σε τρεις επαναλήψεις. Ειδικότερα, διερευνώνται οι επιπτώσεις στο pH, στην % περιεκτικότητα σε υγρασία, στην % μείωση της απώλειας νερού κατά τη θερμική επεξεργασία και στην % αύξηση της μάζας του κρέατος μετά το μαγείρεμα. Ως μάρτυρας, σε κάθε επανάληψη, χρησιμοποιείται αμαρινάριστο κρέας. Στο τέλος του κεφαλαίου αυτού, αποτυπώνονται συγκεντρωτικά όλα τα αποτελέσματα, όπως καταγράφηκαν κατά τις τρεις επαναλήψεις του πειράματος.

Η εργασία ολοκληρώνεται με την επί μέρους ανάλυση των αποτελεσμάτων, ανά επανάληψη και παράμετρο μελέτης, τα οποία μελετώνται σε σχέση με τα αποτελέσματα άλλων ερευνών. Η συζήτηση διευκολύνεται με τη διαγραμματική απεικόνιση των αποτελεσμάτων. Τα συμπεράσματα που εξάγονται είναι χρήσιμα για περαιτέρω ερευνητική μελέτη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΤΟ ΜΑΡΙΝΑΡΙΣΜΑ ΚΑΙ Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΟΥ

1.1. Ορισμοί

Σύμφωνα με τον ορισμό του Oxford English Dictionary το ουσιαστικό «marinade-μαρινάδα» σημαίνει κάτι αλμυρό που προέρχεται από αλμυρό νερό ή τη θάλασσα και προέρχεται από τη λατινική λέξη «mare» που σημαίνει «θάλασσα» (Jha,2022. Israr, 2020).

Ο ρηματικός τύπος της λέξης που είναι «marinate-μαρινάρω», αναφέρεται ότι εμφανίσθηκε στην αγγλική γλώσσα το 1682, δηλαδή μισό αιώνα περίπου πριν την καθιέρωση του ουσιαστικού που έγινε το 1725, ενώ υποστηρίζεται ότι το ρήμα της αγγλικής προήλθε από το γαλλικό ρήμα «mariner» και αυτό από το ιταλικό «marinare» με την ίδια σημασία, δηλαδή τη συντήρηση μέσω της άλμης. Πράγματι, αρχικά, οι μαρινάδες ήταν απλώς αλμυρό νερό, το οποίο συνέβαλε στη διατήρηση του κρέατος ή του ψαριού, ενισχύοντας μάλιστα και τη γεύση (Merriam-Webster, n.d.).

Σήμερα με τον όρο μαρινάρισμα εννοούμε την εμβάπτιση των κρεάτων και των ψαρικών σε καρυκευμένο υγρό, μαγειρεμένο ή όχι. Σκοπό έχει τη βελτίωση της γεύσης μέσω αρωμάτων και της υφής του μέσω των αντιδράσεων, πριν το μαγείρεμα. Το υγρό αυτό συνήθως παρασκευάζεται από λάδι, καρυκεύματα, αλάτι, οξέα ή ένζυμα. Οι τύποι, η σύσταση και η διαδικασία μαριναρίσματος θα αναφερθούν σε επόμενα κεφάλαια και ενότητες (Hu, 2015. Μπαμπινιώτης, 2004).

1.2. Προέλευση και διάδοση

Οι μαρινάδες έχουν μια μακρά ιστορία που παραπέμπει στην αρχαία Αίγυπτο, όπου αναπτύχθηκε κάποτε ένας από τους μεγαλύτερους αρχαίους πολιτισμούς. Το μαρινάρισμα στην αρχαία Αίγυπτο συνδεόταν όχι μόνο με τη συντήρηση και την αισθητηριακή βελτίωση του κρέατος πριν το μαγείρεμα, περιλαμβανομένων ψαριών και θαλασσινών, αλλά και με την απομάκρυνση τυχόν βλαβερών ουσιών για τον ανθρώπινο οργανισμό. Δηλαδή μπορεί να θεωρηθεί ότι αποτελούσε και μια μέθοδο διασφάλισης της ποιότητας των τροφίμων. Ωστόσο, η απομάκρυνση των ίδιων βλαβερών ουσιών προαπαιτείται και στην ταρίχευση. Ίσως για το λόγο αυτό, το μαρινάρισμα φαίνεται ότι εφαρμοζόταν κυρίως από τους Αιγύπτιους, οι οποίοι είχαν αναπτύξει τις μεθόδους ταρίχευσης ανθρώπων και ζώων (Eng, 2020. Israr, 2020).

Χαρακτηριστικό, της σχέσης ταρίχευσης - μαριναρίσματος, είναι ένα άρθρο του Gray (2015) με τίτλο «Είναι για μία μούμια ή μία μαρινάδα; Ασυνήθιστα συστατικά, όπως χυμός φυτών και ιχθυέλαιο που χρησιμοποιήθηκαν για τη διατήρηση αρχαίου Αιγύπτιου αρχιτέκτονα», αναφερόμενος στον αρχιτέκτονα Kha που πιστεύεται ότι επέβλεψε την κατασκευή ορισμένων πολύ σπουδαίων πυραμίδων, τριών Φαραώ. Ο τάφος του Kha και της συζύγου του, στο Λούξορ, είναι ο πλέον άθικτος της εποχής του Νέου Βασιλείου. Παρά το γεγονός ότι έχουν ταριχευθεί με τα σπλάχνα τους, φαίνεται ότι το ιχθυέλαιο, οι χυμοί φρούτων, το σπαθόχορτο, το κερύ μέλισσας και το λάδι κέδρου, που ανιχνεύθηκαν, διατήρησαν τα σώματά τους εμποδίζοντας διάφορα βακτήρια και έντομα να τα καταστρέψουν. Επιπλέον η ανάλυση στο λινό ύφασμα που περιτυλίγει τα σώματά τους, ανέδειξε ίχνη άλατος του νατρίου – ανθρακικό νάτριο, διττανθρακικό νάτριο, χλωριούχο νάτριο και θειικό νάτριο. Τα σώματα είχαν εμβαπτιστεί, κατά την τεχνική της εποχής, σε διάλυμα άλατος του νατρίου.



Εικόνα 1.1: Κρέας-Μούμια. Βόεια πλάτη σε δοχείο τροφίμων, 3.500 ετών. Πιθανότατα συνόδευε αιώνια, το νεαρό πρίγκιπα Αμενεμχάτ. Ανασκάφηκε σε φαραωνική τοποθεσία κοντά στο Λούξορ και εκτίθεται στο Μητροπολιτικό Μουσείο Τέχνης, Νέας Υόρκης. Πηγή: Atlas Obscura, n.d

Ένα άλλο στοιχείο, είναι ότι ο πολιτισμός των αρχαίων Αιγυπτίων επέβαλε στους τάφους των Φαραώ και άλλων ισχυρών της εποχής να υπάρχει γύρω από τις σαρκοφάγους και φαγητό, εκτός από κοσμήματα και αντικείμενα καθημερινής χρήσης. Αναφέρεται ότι ο Τουταγχαμών τάφηκε το 1323 π.Χ. μαζί με 48 σκαλιστές ξύλινες θήκες που περιείχαν κομμάτια από πουλερικά και βόειο κρέας. Το φαγητό αυτό ήταν επίσης ταριχευμένο και αυτά τα ταφικά ευρήματα προσδιορίζονται ως «μούμιες

κρέατος» (Εικ. 1.1). Πρόκειται για ένα κομμάτι κρέατος προετοιμασμένο σαν να επρόκειτο να μαγειρευτεί, ενώ οι ερευνητές διαπίστωσαν ότι είχε υποβληθεί σε επεξεργασία με αλάτι, είχε τριφτεί με ρητίνη φιστικιάς και με λίπος ή λάδι, και σε ορισμένες περιπτώσεις ανιχνεύθηκε και κερί μέλισσας (Joyce, 2010. Clark et al., 2013).

Στην Κίνα, από τις πρώτες δυναστείες μέχρι και τα μετά Χριστόν χρόνια, αναφέρεται επίσης η εφαρμογή των μαρινάδων σε διάφορα είδη κρεάτων ακόμα και σε κρέατα αγρίων ζώων, όπως οι αρκούδες. Στις παράκτιες περιοχές τα θαλασσινά φαίνεται να τα μαγείρευαν με διάφορα μπαχαρικά, καρπούς και χυμούς φρούτων όπως π.χ. πιπέρι σετσουάν, κάρδαμο, τζίντζερ και κρασί (Benn, 2002).

Το πρώτο πολύ σημαντικό στοιχείο για τη χρήση των μαρινάδων από τους Κινέζους, έχει να κάνει με το γεγονός ότι το φαγητό αποτελούσε πάντα μια πολύ σημαντική πτυχή του πολιτισμού τους. Το φαγητό ήταν πάντα στενά συνδεδεμένο και με τις δύο κυριότερες θρησκείες, σε σημείο που η παρασκευή του να θεωρείται τέχνη. Τόσο ο Κομφουκιανισμός όσο και ο Ταοϊσμός, δίνουν μεγάλη έμφαση στην ικανοποίηση των αισθήσεων. Έτσι ωθούν τους πιστούς να αναπτύξουν σύνθετες διαδικασίες και τεχνικές πολλαπλών φάσεων προετοιμασίας του φαγητού όπως μαγείρεμα στον ατμό και μετά τηγάνισμα ή τηγάνισμα και μετά βράσιμο. Μάλιστα συνηθίζεται να αρωματίζουν σε όλες τις φάσεις. Για παράδειγμα αρωματίζουν με μαρινάδα πριν το ψήσιμο στον ατμό ή το τηγάνισμα και αρωματίζουν ξανά για να συνεχίσουν το μαγείρεμα με βρασμό. Χαρακτηριστική είναι η φράση του φιλοσόφου Λάο Τσε (4^{ος} ή 6^{ος} αι. π.Χ.), που θεωρείται ο ιδρυτής του Ταοϊσμού: «Το να κυβερνάς ένα μεγάλο έθνος μοιάζει πολύ με το μαγείρεμα ενός μικρού ψαριού, ο υπερβολικός χειρισμός θα το καταστρέψει», υπονοώντας ότι για να κυβερνήσει κάποιος επιτυχώς, απαιτεί ακριβώς τις σωστές προσαρμογές και καρυκέυματα (Anderson, 1990. Tastessence, n.d.).

Ένα δεύτερο επίσης σημαντικό στοιχείο της κινεζικής κουζίνας είναι ότι διαχρονικά επιδεχόταν αλλαγές που σχετίζονταν με τις κοινωνικές αλλαγές αλλά και την υιοθέτηση τροφίμων από τη Δύση. Οι κοινωνικές αλλαγές σχετίζονταν με τις διαφορές μεθόδων και τεχνικών παρασκευής φαγητού μεταξύ των κοινωνικών τάξεων. Για παράδειγμα, οι φτωχότερες κοινωνικές τάξεις δεν είχαν πρόσβαση στον πάγο για τη συντήρηση των τροφίμων αλλά ούτε και σε μεγάλη ποικιλία τροφίμων. Ωστόσο, όσο ανέβαινε το βιοτικό επίπεδο, αναπτύσσονταν οι μέθοδοι και οι τεχνικές μαγειρικής και αυξάνονταν οι διαθέσιμες πρώτες ύλες κατά το είδος και την ποσότητα.

Από την άλλη πλευρά, ο Δρόμος του Μεταξιού, εκτός από την εμπορική αξία του για πολλούς αιώνες, αποτέλεσε και μια οδό ανταλλαγής πολιτιστικών στοιχείων. Είναι εκείνος μέσω του οποίου μεταφέρθηκαν στην Κίνα πολλά είδη τροφίμων όπως σουσάμι, αρακάς, κρεμμύδια, κόλιανδρος, αγγούρι, κ.ά. ορισμένα από τα οποία χρησιμοποιούνται για τις σάλτσες-μαρινάδες (Wood, 2004. Chang, 1977).

Ολοκληρώνοντας με την ιστορία της κινεζικής μαρινάδας αξίζει να αναφερθεί η περίφημη «μυστική σάλτσα Lu», η οποία έχει στον πυρήνα της το αλάτι. Παρασκευάζεται στη βάση αλμυρού υγρού όπου αναμειγνύονται σόγια, ζάχαρη, διάφορα μπαχαρικά ή/και ρύζι με αλκοόλ και χρησιμοποιείται όχι μόνο ως μαρινάδα για βρασμένο κρέας που θα καταναλωθεί κρύο, αλλά σερβίρεται και με λαχανικά. Η πρώτη απλή συνταγή της (βρασμένο αλατόνερο), χρονολογείται από τον 5^ο αι. και μέχρι και σήμερα τροποποιείται με προσθήκη μπαχαρικών, κ.ά. έχοντας ωστόσο διατηρήσει τα βασικά συστατικά της και το αλάτι στον πυρήνα της (Feng, 2022).

Στην Ασία, το μαρινάρισμα περιλαμβανόταν στις μαγειρικές συνήθειες πολλών ακόμα λαών. Στην κορεατική χερσόνησο αναφέρεται μαρινάδα μπαχαρικών, σκόρδου, σάλτσας σόγιας και σησαμελαίου για το βόειο κρέας από το 1500 π.Χ., ενώ η σάλτσα σόγιας ήταν μια επιλογή για μαρινάρισμα σχεδόν από όλους τους Ασιάτες, αιώνες πριν εισαχθεί στην Δύση. Στην Ινδία όπου αναπτύχθηκε ένας επίσης μεγάλος πολιτισμός, τόσο τα ευρήματα όσο και τα γραπτά κείμενα, δείχνουν ότι το περίφημο και διαδεδομένο πλέον κοτόπουλο ταντούρι μαγειρευόταν το 3000 π.Χ.. Σύμφωνα με την αρχαία σανσκριτική πραγματεία Sushruta Samhita το κρέας μαριναριζόταν με σκόνη μουστάρδας και αρωματικά μπαχαρικά και ακολούθως ψηνόταν σε πήλινους φούρνους που ονόμαζαν «tandoor» (Jha, 2022. Israr, 2020. E Times, 2020).

Στην Αρχαία Ελλάδα, όπου το λάδι βρισκόταν στο επίκεντρο της διατροφής, το μαρινάρισμα χρονολογείται τουλάχιστον από τον 5^ο αι. π.Χ.. Την εποχή αυτή οι Αθηναίοι, τουλάχιστον της υψηλής τάξης, αγαπούσαν πολύ το μαριναρισμένο με χορταρικά κρέας κυνηγιού όπως τσίχλες, ορτύκια και ελάφια. Η χρήση του αλατιού για παστά κρέατα, περιλαμβανομένων των λουκάνικων, ήταν γνωστή ήδη από τα ομηρικά χρόνια (Δρακάκη, 2020. Lücke, 1974).

Κατά τη Ρωμαϊκή εποχή στο πλαίσιο της ανταλλαγής πολιτισμικών στοιχείων, το μαρινάρισμα φαίνεται ότι εκτιμήθηκε ιδιαίτερα από τους Ρωμαίους οι οποίοι το πρόσθεσαν στις μαγειρικές συνήθειες για την βελτίωση της γεύσης. Για την περίοδο αυτή, αξίζει να αναφερθεί ότι το αλάτι ήταν τόσο πολύτιμο ώστε οι στρατιώτες των ρωμαϊκών λεγεώνων λάμβαναν μια μερίδα αλατιού σε τακτική βάση

ως σημαντικό υλικό για τη συντήρηση και την παρασκευή νόστιμου φαγητού. Ονομαζόταν «σαλάριο», από όπου πιθανότατα προέρχεται και η λέξη «μισθός» τουλάχιστον στην αγγλική και γαλλική γλώσσα. Επιπρόσθετα οι Ρωμαίοι θεσμοθέτησαν την τήρηση κανόνων υγιεινής και ασφάλειας των πωλούμενων τροφίμων και ειδικά του κρέατος σε όλα τα στάδια από τη σφαγή του ζώου μέχρι τη διάθεση του κρέατος. Από την εποχή εκείνη κι έπειτα το μαρινάρισμα σταδιακά διαδόθηκε σε ολόκληρη την Ευρώπη. Ήδη τον 13^ο αιώνα αναφέρεται η εφαρμογή του στη γαλλική κουζίνα, ενώ λίγους αιώνες αργότερα και στη Νέα Γη (Αμερικανική ήπειρος). Λόγω της μαζικής μετανάστευσης Ισπανών και Πορτογάλων στη Νέα Γη διαπιστώνεται η μεταφορά και διάδοση στη Λατινική Αμερική της «escabeche», μια σάλτσας με βάση το ξύδι που χρησιμοποιούσαν ήδη για να κορεστούν και να μαλακώσουν τα κρέατα (Jha, 2022. Israr, 2020. Incze, 2012. Bell, 1993).

Τέλος, στην αμερικανική ήπειρο, το μαρινάρισμα αναφέρεται από την προκολομβιανή εποχή. Οι αυτόχθονες κάτοικοι του Μεξικού περιτύλιγαν το κρέας με φύλλα παπάγιας προκειμένου να το μαλακώσουν. Το ψήσιμο του κρέατος ήταν μια διαδεδομένη μέθοδος σε όλες τις φυλές της αμερικανικής ηπείρου και οι τεχνικές τους αποτέλεσαν τη βάση για την ανάπτυξη του σημερινού μάρμπεκιου. Ωστόσο, μόλις το 1698 αρχίζει να διαδίδεται η μαρινάδα. Ορισμένες πηγές αναφέρουν ότι τότε, ο Δομινικανός ιεραπόστολος Père Labat επισκεπτόμενος τις Γαλλικές Δυτικές Ινδίες είδε ότι οι μάγειρες χρησιμοποιούσαν χυμό λάιμ και καυτερές πιπεριές για να καρυκεύσουν το κρέας στη σχάρα. Επιστρέφοντας διέδωσε τη μέθοδο. Όπως προαναφέρθηκε τουλάχιστον στη Λατινική Αμερική είχε διαδοθεί η μαρινάδα μέσω των αποίκων από την ιβηρική χερσόνησο. Στις ΗΠΑ οι άνθρωποι χρησιμοποιούσαν εμφιαλωμένες μαρινάδες, διαφόρων προελεύσεων και συστατικών ήδη από το 1800. Καθώς εκείνη την εποχή δεν υπήρχαν ψυγεία οι μαρινάδες χρησιμοποιήθηκαν κυρίως για τη συντήρηση των κρεάτων (Hu, 2015. DeHart, n.d.).

Σήμερα, το μαρινάρισμα αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της μαγειρικής σε όλες τις χώρες με συνεχείς προσθήκες και τροποποιήσεις για τη μέγιστη γευστική απόλαυση. Τα είδη, οι τεχνικές και η χημεία της μαρινάδας θα αναλυθούν στα κεφάλαια που ακολουθούν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Η ΧΗΜΕΙΑ ΠΙΣΩ ΑΠΟ ΤΟ ΜΑΡΙΝΑΡΙΣΜΑ ΚΟΚΚΙΝΟΥ ΚΡΕΑΤΟΣ

2.1. Το κόκκινο κρέας

2.1.1. Ταξινόμηση κρεάτων

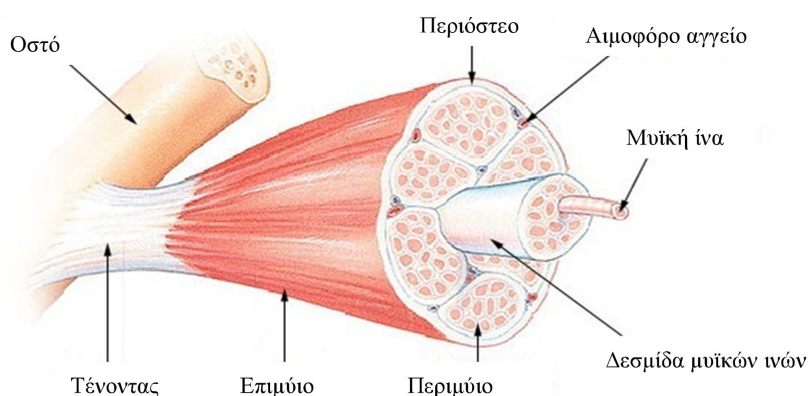
Τα κρέατα κατηγοριοποιούνται σε «λευκά» και «κόκκινα» με κριτήρια όπως: (α) συγκέντρωση μυοσφαιρίνης (σίδηρος και αίμη), (β) λιπιδικό προφίλ, (γ) φυσιολογία μυϊκών ινών και (δ) προθανάτιες/μεταθανάτιες αλλαγές. Τα κριτήρια αυτά πρέπει να συντρέχουν για την ορθή κατάταξη ενός κρέατος. Για παράδειγμα, το χοιρινό φιλέτο (κόκκινο κρέας) και το στήθος κοτόπουλου (λευκό κρέας), είναι σχεδόν πανομοιότυπα ως προς τη μυοσφαιρίνη και τη σύνθεση του ολικού και κορεσμένου λίπους, αλλά το χοιρινό έχει στην πραγματικότητα λιγότερη χοληστερόλη. Το χοιρινό, αποτελεί ένα τυπικό «κόκκινο» κρέας. Το χρώμα του είναι ροζ έως κόκκινο όταν είναι ωμό, αλλά γίνεται πιο ανοιχτό στο μαγείρεμα. Μάλιστα για πολλά χρόνια, το National Pork Board (Υπουργείο Γεωργίας των ΗΠΑ) υπεραπλουστεύοντας, χρησιμοποίησε το σύνθημα «Χοιρινό, το άλλο λευκό κρέας» (Keeton & Dikeman, 2017).

2.1.2. Ο μυϊκός ιστός και η τρυφερότητα του μαγειρεμένου κρέατος

Στα θηλαστικά, η περιεκτικότητα σε νερό των μυών αντιπροσωπεύει περίπου το 75% του βάρους τους και είναι αντιστρόφως ανάλογη με την περιεκτικότητα σε λίπος, ενώ η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη διατηρείται σταθερή. Το 85%, περίπου του νερού είναι παγιδευμένο μέσα στα κύτταρα. Στα μυϊκά κύτταρα, το νερό εντοπίζεται μέσα στα μυοϊνίδια, στο μεταξύ τους χώρο, αλλά και σε αυτόν που μεσολαβεί μέχρι την κυτταρική μεμβράνη. Έτσι, βασικές αλλαγές στην εσωτερική αρχιτεκτονική του κυττάρου επηρεάζουν την ικανότητα των μυϊκών κυττάρων να συγκρατούν νερό. Η συγκράτηση αυτή οφείλεται κατά κύριο λόγο στη δομή των μυϊκών ινών και όχι στις πρωτεΐνες (Juárez et al., 2012).

Η σκληρότητα του κρέατος οφείλεται στους μυϊκούς ιστούς. Αρκεί να αναφερθεί ότι ένας μυς μπορεί να αποτελείται από εκατοντάδες ή και χιλιάδες ομαδοποιημένες μυϊκές ίνες που καλύπτονται από συνδετικό ιστό, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.1. Αυτές οι μυϊκές ίνες περιέχουν ικανή ποσότητα πρωτεϊνών που συντίθενται από πλήθος αμινοξέων, συνδεόμενων μεταξύ τους υπό μορφή αλυσίδων, δημιουργώντας με τον τρόπο αυτό μεγάλα μόρια (Science Learn, 2012).

Γενικότερα, η τρυφερότητα του κρέατος οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στη διάσπαση αυτής ακριβώς της δομής. Ειδικότερα, σχετίζεται με την περιεκτικότητα σε ίνες κολλαγόνου και ελαστίνης στους συνδετικούς ιστούς, με το επιθυμητό να είναι η διάσπαση των «άκαμπτων» πρωτεϊνών σε «εύκαμπτη» ζελατίνη. Κι ενώ αυτό μπορεί να επιτευχθεί με ρύθμιση του χρόνου και της θερμοκρασίας βρασμού, προκύπτει σε κάθε περίπτωση απώλεια υγρασίας με αποτέλεσμα την ξηρότητα του κρέατος (Hu, 2015).



Σχήμα 2.1: Δομή σκελετικού μυός θηλαστικών. Προσαρμογή από Science Learn, 2012.

2.1.3. Το χοιρινό κρέας

Το χοιρινό είναι το δεύτερο κρέας που καταναλώνεται πιο συχνά στον κόσμο μετά τα πουλερικά, παρά τους θρησκευτικούς-πολιτισμικούς περιορισμούς που απαγορεύουν την κατανάλωσή του (π.χ. ιουδαϊσμός, ισλαμισμός). Επιπλέον το χοιρινό έχει ενοχοποιηθεί για επιβλαβείς επιπτώσεις στην υγεία, ιδιαίτερα λόγω των λιπιδίων όπως και όλα τα κόκκινα κρέατα. Παρ' όλα αυτά πρόσφατες μελέτες φαίνεται να ανατρέπουν αυτές τις απόψεις (Market Research, 2022. Astrup et al., 2020. Strasburg, et al., 2007).

Στους ακόλουθους πίνακες παρατίθενται συστατικά στοιχεία του μυϊκού ιστού του χοιρινού κρέατος συγκριτικά με άλλων κόκκινων κρεάτων και πουλερικών, επάνω στα οποία οικοδομήθηκαν οι οδηγίες για την περιορισμένη κατανάλωση κόκκινου κρέατος. Ωστόσο, ο μυϊκός ιστός είναι μια εξαιρετική πηγή πολλών υδατοδιαλυτών βιταμινών και άλλων θρεπτικών στοιχείων και το χοιρινό εμφανίζει αξιοσημείωτα επίπεδα σχεδόν στο σύνολο αυτών (Πίν. 2.4).

Πίνακας 2.1: Σύνθεση* μυϊκού ιστού κόκκινων κρεάτων και κοτόπουλου.

Συστατικά	Χοιρινό	Μοσχάρι	Αρνί	Κοτόπουλο
Νερό	72,34	70,62	73,42	74,76
Πρωτεΐνη	21,07	20,78	20,29	23,09
Λιπίδια	5,88	6,16	5,25	1,24
Τέφρα	1,04	1,02	1,06	1,02

*Προσεγγιστικά ως ποσοστό % ανά μερίδα φαγητού.

Προσαρμογή από: Strasburg et al., 2007.

Πίνακας 2.2: Περιεκτικότητα* σε λιπίδια κόκκινων κρεάτων και κοτόπουλου.

	Χοιρινό	Μοσχάρι	Αρνί	Κοτόπουλο
	Ραχιαίος μυς (πλάτη)		Στήθος	
Λιπίδια	4,6	2,6	5,7	1,0
Ουδέτερα Λιπίδια	79	78	83	52
Φωσφολιπίδια	21	22	10	48

* Ποσοστό % ολικού μυός.

Προσαρμογή από: Strasburg et al., 2007

Πίνακας 2.3: Σύνθεση* λιπαρών οξέων κόκκινων κρεάτων και κοτόπουλου.

Λιπαρά οξέα	Χοίρος	Μοσχάρι	Αρνί	Κοτόπουλο
Ολικά κορεσμένα	35,52	37,66	35,81	26,61
Ολικά μονοακόρεστα	45,24	42,37	40,19	24,19
Ολικά πολυακόρεστα	10,71	3,90	9,14	22,58

* Ποσοστό % του συνολικού λίπους άπαχου φρέσκου κρέατος.

Προσαρμογή από: Strasburg et al., 2007.

Πίνακας 2.4: Μέταλλα και βιταμίνες κόκκινων κρεάτων και κοτόπουλου*

Μέταλλα	Στοιχείο	Χοίρος	Μοσχάρι	Αρνί	Κοτόπουλο
	Κάλιο	380	356	280	255
Βιταμίνες	Φώσφορος	211	199	189	196
	Νάτριο	57	63	66	65
	Μαγνήσιο	23	22	26	28
	Ασβέστιο	16	6	10	11
	Ψευδάργυρος	2,08	4,33	4,06	0,8
	Σίδηρος	0,91	2,13	1,77	0,72
	Θειαμίνη (B1)	966	110	130	70
	Ριβοφλαβίνη (B2)	273	180	230	92
	Νιασίνη(B3)	4,8	3,6	6,0	11,19
	Παντοθενικό οξύ (B5)	788	360	700	819
	Πυριδοξίνη (B6)	500	440	160	550
	Φολικό οξύ (B9)	5	7	23	4
	Κοβαλαμίνη (B12)	0,67	3,25	2,62	0,38

*mg/100g και µg/100g

Προσαρμογή από: Strasburg et al., 2007.

2.2. Το μαρινάρισμα

2.2.1. Εφαρμογές και ταξινόμηση μαρινάδων

Οι μαρινάδες εφαρμόζονται όχι μόνο για τη βελτίωση της γεύσης αλλά και για τη βελτίωση της υφής του κρέατος, δηλαδή να γίνει πιο τρυφερό. Κάτι τέτοιο, όπως αναλύεται στη συνέχεια, προϋποθέτει τη διάσπαση των πρωτεϊνών του κρέατος και τη διατήρηση της υγρασίας. Οι μαρινάδες και κυρίως η άλμη έρχονται ως λύσεις, ελαχιστοποιώντας την απώλεια υγρασίας κατά τη διάρκεια του μαγειρέματος επειδή απαιτείται αφενός χαμηλότερη θερμοκρασία και αφετέρου μικρότερος μαγειρικός χρόνος. Άλλωστε, η αύξηση της ικανότητας στη συγκράτηση νερού του κρέατος αποτελεί το κατεξοχήν πλεονέκτημα της άλμης (Helmenstine, 2021. Lopez et al., 2012).

Οι μαρινάδες που χρησιμοποιούνται για τη βελτίωση των οργανοληπτικών ιδιοτήτων του κρέατος ταξινομούνται με βάση το pH του διαλύματος, σε δύο μεγάλες κατηγορίες: όξινες και ενζυμικές. Μια τρίτη κατηγορία είναι εκείνη που έχει ως βάση τα έλαια. Ενώ η άλμη είναι μια τέταρτη και διακριτή κατηγορία (brine), η οποία αποτελεί και αντικείμενο της παρούσας πτυχιακής. Η προσθήκη ή όχι αλάτων στις τρεις πρώτες κατηγορίες, διαδραματίζει σημαντικό ρόλο για το αισθητηριακό αποτέλεσμα του μαριναρίσματος, τη συντήρηση και αποστείρωση του κρέατος. Σημαντικό ρόλο διαδραματίζει επίσης και το pH της άλμης (Israr, 2020. Karolenko & Muriana, 2020).

Για τη βελτίωση της τρυφερότητας και της γεύσης απαιτούνται διαφορετικοί χρόνοι μαριναρίσματος ανάλογοι της φυσικής τρυφερότητας του κρέατος. Για παράδειγμα, το βόειο κρέας και το αρνί πρέπει να μαρινάρονται με όξινες και ενζυμικές μαρινάδες για περισσότερο χρόνο (24h και 4-8h, αντίστοιχα) από το χοιρινό και το κοτόπουλο (4 και 2h, αντίστοιχα) (IFT, 2020. Hu, 2015).

Στην περίπτωση της άλμης, η διάρκεια της διαδικασίας εξαρτάται κυρίως από την περιεκτικότητα σε άλατα, το μέγεθος και το βάρος του κρέατος. Η ποσότητα της απαιτούμενης άλμης υπολογίζεται στο 50% του βάρους του κρέατος, ενώ στην περίπτωση του χοιρινού κρέατος προτείνεται η έγχυση της άλμης στα σημεία με πυκνό μυϊκό ιστό (The Culinary Pro, n.d.).

Μια άλλη ταξινόμηση των μαρινάδων είναι εκείνη με βάση την τεχνική που εφαρμόζονται. Το μαρινάρισμα κυμαίνεται μεταξύ μιας απλής και φθηνής έως μιας εξαιρετικά πολύπλοκης και δαπανηρής διαδικασίας. Αυτό εξαρτάται από τον όγκο και

το είδος του κρέατος σε συνάρτηση με το χρόνο και το επιθυμητό αποτέλεσμα. Οι βασικές πρακτικές μαρινάρισματος μονής διαδικασίας, είναι πέντε (Byron, 2012):

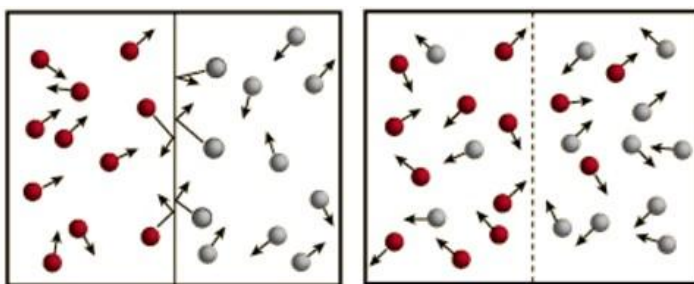
1. *στατικός εμποτισμός* (static soaking): επιλέγεται για χαμηλά επίπεδα παραγωγής όπως στην οικιακή μαγειρική και στα εστιατόρια. Θεωρείται λιγότερο αποτελεσματική και χρονοβόρα, ωστόσο δεν απαιτεί ειδικό εξοπλισμό.
2. *μάλαξη* (massaging): βασίζεται κυρίως στην τριβή, προτείνεται για υψηλά επίπεδα παραγωγής και απαιτεί κατάλληλο εξοπλισμό. Υπολείπεται συγκριτικά με τις άλλες βιομηχανικές πρακτικές, επειδή μπορεί να υπάρχει ανομοιόμορφη τριβή των κεντρικών και περιφερειακών τμημάτων κρέατος στη συσκευή.
3. *ανάδευση με βαρυτική επίδραση* (tumbling): τεχνική για βιομηχανική παραγωγή. Απαιτεί ειδικό εξοπλισμό για την πτώση των τεμαχίων κρέατος και την επίτευξη της τριβής σε συνθήκες κενού.
4. *έγχυση* (injecting): εφαρμόζεται συνδυαστικά με τις πρακτικές ανάδευσης ή μάλαξης επειδή η απλή μορφή της, που εφαρμόζεται σε σπίτια και εστιατόρια, δεν έχει ικανοποιητικά αποτελέσματα. Το κόστος εξοπλισμού για οικιακή ή εστιατορική χρήση είναι χαμηλό αλλά για βιομηχανική εξαιρετικά υψηλό. Η ανάπτυξη του συστήματος «έγχυση-ψεκασμός» έχει βρεθεί ότι ενισχύει την κατανομή της άλμης ή άλλων μειγμάτων μέσω μικροσκοπικών σταγονιδίων υψηλής ταχύτητας.
5. *ανάμειξη μειγμάτων* (mixing/blending) εφαρμόζεται, αντίθετα από τις άλλες, σε αλεσμένα κομμάτια κρέατος.

2.2.2. Διαδικασίες μεταφοράς μαρινάδας

Η διάχυση και η ώσμωση αποτελούν δύο διαδικασίες μεταφοράς ιόντων, μορίων ή σωματιδίων από μία περιοχή υψηλής συγκέντρωσης σε μία χαμηλής, με τάση εξισορρόπησης. Καθοριστικός παράγοντας για τις διαφορές τους, είναι η ύπαρξη ή όχι ημιδιαπερατής μεμβράνης μεταξύ των διαλυμάτων. Οι διαδικασίες που εξελίσσονται κατά το μαρινάρισμα με άλμη, απασχολούν ιδιαίτερα τους επιστήμονες και περισσότερο οι μεταξύ τους διαφορές, σε σχέση με τις τεχνικές και τα αποτελέσματα. Έτσι, στη βιβλιογραφία, η άλμη περιγράφεται άλλοτε ως διάχυση και άλλοτε ως ώσμωση. Στην πραγματικότητα και οι δύο διαδικασίες μπορούν να εξελιχθούν κατά το μαρινάρισμα με άλμη. Αυτό εξηγείται επιστημονικά, κυρίως

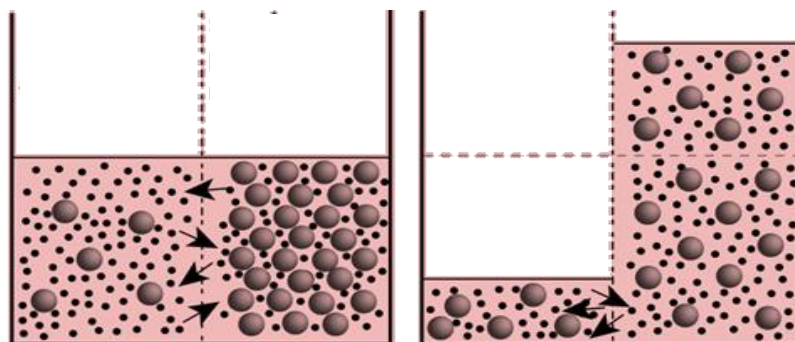
επειδή: (α) η μία αποτελεί μορφή της άλλης και (β) μπορούν να εκδηλωθούν υπό προϋποθέσεις που σχετίζονται με την ποσότητα άλατος, το μέγεθος των κόκκων του, αλλά και το είδος κρέατος (Burton, n.d.. Science of Cooking, n.d.).

Η διάχυση εκδηλώνεται ως αυθόρμητη κίνηση σωματιδίων από μια περιοχή υψηλής συγκέντρωσης προς μία χαμηλής (Σχ. 2.2). Η κίνηση είναι τυχαία και οφείλεται στην κινητική ενέργεια των μορίων, και των δύο περιοχών. Το στατικό αποτέλεσμα είναι η ομοιόμορφη ανάμειξή τους. Η τάση προς τη διάχυση είναι πολύ ισχυρή ακόμη και σε θερμοκρασία δωματίου, λόγω της σχέσης θερμικής και κινητικής ενέργειας των μορίων. Οι τύποι διάχυσης διακρίνονται ανάλογα με τη μορφή του μορίων (υγρά ή αέρια), το μέσο διέλευσης μορίων ή ιόντων (οπές, μεμβράνη), το ιξώδες ή την κατεύθυνση (ανάστροφη), έχοντας εφαρμογές σε διάφορους κλάδους μεταξύ των οποίων και η επιστήμη τροφίμων (Nave, n.d.. Diffen, n.d.).



Σχήμα 2.2: Διάχυση. Αριστερά τα μόρια κινούνται και συγκρούονται με το διαχωριστικό. Δεξιά, χωρίς διαχωριστικό, αναμειγνύονται μεταξύ τους ώστε μετά από κάποιο διάστημα να υπάρχει ομοιόμορφο μείγμα. Προσαρμογή από: Nave, n.d.

Η ώσμωση αποτελεί μια μορφή επιλεκτικής διάχυσης και πρακτικά σημαίνει διάχυση μέσω μιας ημιδιαπερατής μεμβράνης. Οι μεμβράνες αυτές είναι πολύ λεπτά στρώματα υλικού που επιτρέπουν τη διέλευση μόνο μικρών μορίων (π.χ. νερό, γλυκόζη, αμινοξέα) αποτρέποντας τα μεγαλύτερα μόρια (π.χ. σακχαρόζη, πρωτεΐνη). Όταν δύο διαλύματα διαφορετικής συγκέντρωσης διαχωρίζονται από μια ημιδιαπερατή μεμβράνη, τότε ο διαλύτης τείνει να διαχέεται κατά μήκος αυτής από το αραιότερο στο πυκνότερο διάλυμα (Σχ. 2.3) (Nave, n.d.. Diffen, n.d.).



Σχήμα 2.3: Ώσμωση. ● Διαλύτης ● Συμπυκνωμένο διάλυμα ----- Ημιδιαπερατή μεμβράνη.
Προσαρμογή από: Nave, n.d.

Η ώσμωση, έχει πολύ μεγάλη σημασία όταν ο διαλύτης είναι το νερό, όπως δηλαδή η περίπτωση της υγρής άλμης. Αποτελεί μια διαδικασία ήπιας μορφής, η οποία δεν διαταράσσει τις οργανοληπτικές και λειτουργικές ιδιότητες του κρέατος, ενώ ταυτόχρονα ενισχύει τον εμποτισμό διαλυμένων ουσιών (Dimakopoulou-Papazoglou, et al., 2020).

Συνοψίζοντας, οι δύο διαδικασίες είναι σημαντικές για την υγρή άλμη, καθώς στο διάλυμά της η αναλογία ιόντων Νατρίου και Χλωρίου (ή άλλων, ανάλογα με τα άλατα που εφαρμόζονται) είναι υψηλότερη από εκείνη του κρέατος. Κατά συνέπεια τα ιόντα του άλατος (άλμη) θα κινηθούν σε περιοχή μικρότερης συγκέντρωσης (κρέας). Αυτό σε συνδυασμό με την ύπαρξη νερού στην άλμη, ενισχύει την εμφάνιση ώσμωσης. Παράλληλα, το μέγεθος των μικρών μορίων του άλατος είναι ικανό ώστε να προσπελάσει τις κυτταρικές μεμβράνες του κρέατος, αν τις θεωρήσουμε ως μια ημιδιαπερατή μεμβράνη. Στον Πίνακα 2.5 επισημαίνονται οι σημαντικότερες διαφορές μεταξύ διάχυσης και ώσμωσης.

Πίνακας 2.5: Σύγκριση διάχυσης και ώσμωσης

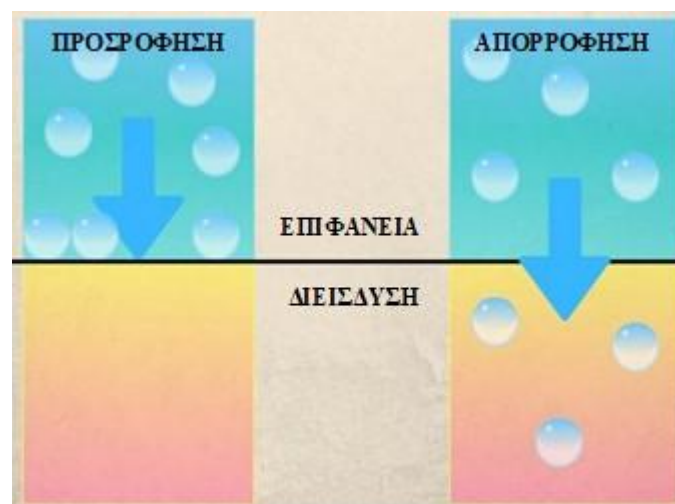
Διάχυση	Ώσμωση
Προκύπτει από τυχαία κίνηση μορίων. Καθαρή ροή ύλης από περιοχή υψηλής σε χαμηλής συγκέντρωσης, χωρίς να απαιτείται νερό.	Εμφανίζεται όταν το ένα μέσο έχει υψηλότερη συγκέντρωση νερού από το άλλο και όταν νερό και σωματίδια μετακινούνται από το ένα στο άλλο μέσο.
Γρήγορη διαδικασία	Αργή διαδικασία.
Τα μόρια ρέουν μόνο προς μία κατεύθυνση.	Τα μόρια ρέουν προς όλες τις κατευθύνσεις.

Διαπιστώνεται κυρίως στα αέρια και λιγότερο στα υγρά. Διαπιστώνεται μόνο στα υγρά.

Προσαρμογή από: Nave, n.d.. Diffen, n.d.

Η προσρόφηση και η απορρόφηση είναι δύο διαδικασίες που παραπέμπουν στην επαφή μιας ουσίας με μια άλλη, και πρακτικά ενός υγρού ή αερίου με ένα στερεό σώμα. Παρουσιάζουν ενδιαφέρον για όλα τα είδη μαρινάρισματος. Ωστόσο, έχουν μεγάλες διαφορές με σημαντικότερη την εξής: με την προσρόφηση επιτυγχάνεται η προσκόλληση σωματιδίων σε μια ουσία ή σώμα, ενώ με την απορρόφηση γίνεται μεταφορά μάζας σε ένα άλλο υλικό όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 2.4 (Helmenstine, 2021).

Κατά συνέπεια το μαρινάρισμα, με την τεχνική του εμποτισμού, αποτελεί μια διαδικασία προσρόφησης και όχι απορρόφησης καθώς το διάλυμα προσκολλάται στην εξωτερική επιφάνεια του κρέατος χωρίς να διεισδύει στο βάθος. Επιπλέον, επειδή οι διαφορές μεταξύ προσρόφησης και απορρόφησης δεν περιορίζονται μόνο στο βαθμό διείσδυσης αλλά σχετίζονται και με άλλες παραμέτρους διαπιστώνονται αντικρουόμενες απόψεις σχετικά με το ρόλο του pH στην μείωση της σκληρότητας του κρέατος (Helmenstine, 2021. Hu, 2015).



Σχήμα 2.4: Προσρόφηση και απορρόφηση. Προσαρμογή από: Helmenstine, 2021.

Τέλος, ερμηνεύοντας τις διαφορές των δύο διαδικασιών (Πίν. 2.6), συμπεραίνεται ότι:

- (1) Το μαρινάρισμα είναι μια εξώθερμη διαδικασία λόγω της απελευθέρωσης ενέργειας όταν το διάλυμα προσκολλάται στην

επιφάνεια του κρέατος. Ο ρυθμός απελευθέρωσης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τα χαρακτηριστικά της επιφάνειας αυτής αλλά και τη θερμοκρασία,

(2) Η χαμηλή θερμοκρασία ευνοεί την προσρόφηση.

Αυτό συμβαίνει επειδή τα σωματίδια με λιγότερη θερμική ενέργεια έχουν και λιγότερη κινητική και είναι πιθανότερο να κολλήσουν στις επιφάνειες σχηματίζοντας δεσμούς, π.χ. ομοιοπολικούς (Helmenstine, 2021).

Πίνακας 2.6: Διαφορές προσρόφησης και απορρόφησης.

Προσρόφηση	Απορρόφηση
Συσσωρευση σωματιδίων στην επιφάνεια μιας ουσίας	Συσσωρευση σωματιδίων σε μια άλλη ουσία
Επιφανειακό φαινόμενο	Μαζικό φαινόμενο
Εξώθερμη διαδικασία	Ενδόθερμη διαδικασία
Ευνοείται από τη μείωση της θερμοκρασίας	Δεν επηρεάζεται από τη θερμοκρασία
Ο ρυθμός αυξάνεται σταθερά μέχρι να φτάσει σε ισορροπία	Εμφανίζεται με ομοιόμορφο ρυθμό
Ταχύτερη διαδικασία	Αργή διαδικασία
Διαφορά μεταξύ επιφανειακής και εσωτερικής συγκέντρωσης	Τελικά η συγκέντρωση είναι ίδια σε όλο το υλικό

Προσαρμογή από: Helmenstine, 2021 και PSIBERG Team, 2022.

2.3. Μαρινάρισμα σε άλμη

2.3.1. Τα άλατα

Το αλάτι (χλωριούχο νάτριο- Na^+Cl^-) χρησιμοποιείται από τα προϊστορικά χρόνια στα τρόφιμα τόσο για τη βελτίωση της γεύσης όσο και για τη συντήρησή τους. Σήμερα η χρήση του δεν περιορίζεται μόνο στα τρόφιμα, αλλά πρωταγωνιστεί στη βιομηχανία κρέατος, για την παραγωγή προϊόντων μακράς διάρκειας (Hui, 2012).

Το οικιακό αλάτι παρέχεται με προσμίξεις, κατά κανόνα ιωδίου, οι οποίες δεν υπάρχουν σε εκείνο που χρησιμοποιείται για την προετοιμασία ή/και τη συντήρηση του κρέατος. Υπάρχουν πολλά είδη μαγειρικού άλατος (Εικ. 2.1) που διαφοροποιούνται σε σχέση με τις προσμίξεις, την προέλευση, το μέγεθος των

κόκκων ή τη χρήση για την οποία προορίζονται (Βαλαβανίδης & Ευσταθίου, 2011. Hui, 2012).



Εικόνα 2.1: Είδη μαγειρικού άλατος. Πηγή: Βαλαβανίδης & Ευσταθίου, 2011.

Αν και οι ωφέλειες από την πρόσληψη άλατος είναι σημαντικές κυρίως για το πεπτικό σύστημα και τον μεταβολισμό, τις τελευταίες δεκαετίες το Νάτριο θεωρείται υπεύθυνο για τις παθήσεις του καρδιαγγειακού συστήματος. Υπό αυτόν τον κίνδυνο, διαπιστώνεται μια αυξητική τάση υποκατάστασης του NaCl από άλλα άλατα όπως KCl, CaCl₂, ή MgCl₂, αποτελώντας ταυτόχρονα και μια πρόκληση για την επεξεργασία κρεάτων μέσω άλμης (Karolenko, 2020. Βαλαβανίδης & Ευσταθίου, 2011).

Πράγματι, φαίνεται ότι παρά το ερευνητικό έργο, ακόμα δεν έχουν προσδιοριστεί επαρκώς και σε όλη την έκτασή τους οι επιπτώσεις από μια τέτοια υποκατάσταση. Επιπτώσεις που σχετίζονται τόσο με τα μαγειρικά αποτελέσματα, όσο και με την ασφάλεια και τη συντήρηση του κρέατος, απαιτούν διεξοδική και ευρύτερη μελέτη ώστε να διαπιστωθεί ο ακριβής τρόπος κίνησης των αλάτων και του νερού, ειδικότερα (Barat et al., 2021).

2.3.2. Η λειτουργία της άλμης

Η άλμη δεν αποτελεί μια τυπική μορφή μαριναρίσματος, αλλά μία διακριτή κυρίως για δύο λόγους: (1) διασφαλίζει το μικρότερο χρόνο μαγειρέματος, διατηρώντας την υγρασία του κρέατος και (2) η περιεκτικότητα σε αλάτι των άλλων μαρινάδων, που σχετίζονται κυρίως με τη γεύση, δεν είναι τόσο υψηλή, ενώ η προσθήκη του σε αυτές, έχει ποικίλα αποτελέσματα. Η μορφή της άλμης μπορεί να είναι ξηρή ή υγρή και εφαρμόζεται κυρίως με τρεις από τις τεχνικές που αναφέρθηκαν στην παράγραφο 2.2.1. (Himanshu, 2020. Mattison, 2020. Prakash, 2019):

- *εμποτισμός*: το κρέας βυθίζεται στην άλμη για ένα χρονικό διάστημα, με τακτική αλλαγή θέσης στο διάλυμα, ώστε να εξασφαλιστεί ομοιόμορφη άλμη.
- *έγχυση*: εφαρμόζεται για τη μείωση του χρόνου της διαδικασίας. Μέσω μίας αντλίας άλμης επιτυγχάνεται η απευθείας έγχυση στις μυϊκές ίνες.
- *ψεκασμός*: επιλέγεται ως ταχύτερη διαδικασία, μέσω «ένεσης-ψεκασμού» σε πολλά σημεία του μυός ταυτόχρονα, ενισχύοντας την ομοιόμορφη και πληρέστερη κατανομή της άλμης.

Η τεχνική της ξηρής άλμης, πρόκειται για τη διαδικασία αλάτισης που περιλαμβάνει το τρίψιμο του κρέατος με καθαρό αλάτι, και κατά προτίμηση με άλλα καρυκεύματα. Ακολουθεί η «ανάπαυσή» του στο ψυγείο. Αυτή η τεχνική, αποτελεί συχνή επιλογή για το χοιρινό επειδή παράγει υπερσυμπυκνωμένες γεύσεις. Η υγρή μορφή είναι συνήθως διάλυμα άλατος και νερού, αν και κάποιες φορές εκτός από προσθήκη αρωματικών, ζάχαρης ή μελιού, οι επαγγελματίες προτείνουν άλλα υγρά όπως για παράδειγμα, ζωμό κρέατος, ή χυμό φρούτων (Mattison, 2020). Ενδεχομένως αυτές οι επιλογές, δηλαδή η υποκατάσταση του νερού με άλλο διαλύτη, να εξηγούν εν μέρει και το λόγο για τον οποίο στη σχετική βιβλιογραφία ο μηχανισμός μαριναρίσματος σε άλμη, άλλοτε εμφανίζεται αποκλειστικά ως όσμωση και άλλοτε αποκλειστικά ως διάχυση (παρ. 2.2.2.).

Το διάλυμα νερού και αλάτων, εφαρμόζεται στη μαγειρική με σκοπό την ενίσχυση της γεύσης και της τρυφερότητας του κρέατος, τη μείωση του χρόνου μαγειρέματος αλλά και τη δημιουργία ροδαλού χρώματος, στην περίπτωση των νιτρωδών αλάτων. Η μέθοδος αν και παραδοσιακή, επανήλθε στη μαγειρική όταν άρχισε να διαπιστώνεται έντονη η τάση «στεγνώματος» των σύγχρονων κρεάτων. Έτσι ειδικά για το χοιρινό κρέας και τα πουλικά, επιλέγεται πριν το μαγείρεμα, η βύθιση σε άλμη 3% έως 6% περιεκτικότητας σε αλάτι/ κιλό, για χρονικό διάστημα από μερικές ώρες έως 2 ημέρες ανάλογα με το είδος του κρέατος (McGee, 2004. Nummer & Andress, 2002).

Η επίδραση της άλμης στο κρέας, ξεκινάει αμέσως μετά τη διάλυση του άλατος στο νερό, οπότε διασπάται σε ένα θετικό ιόν Νατρίου και σε ένα αρνητικό ιόν Χλωρίου [$\text{NaCl} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$]. Τα κινούμενα ιόντα περνούν στο κρέας που έχει χαμηλότερη συγκέντρωση ιόντων. Όπως δηλαδή γίνεται με τη θερμότητα που ρέει από τις θερμές προς τις ψυχρές περιοχές. Βέβαια, το παράδειγμα αναφέρεται μόνο για τις κατευθύνσεις, καθώς ο χρόνος διάχυσης των αλάτων στο κρέας είναι δεκάδες φορές μεγαλύτερος από εκείνον της θερμότητας. Για το λόγο αυτό άλλωστε, ένα

κομμάτι χοιρινού ενώ μαγειρεύεται σε λίγες ώρες, για να γίνει αλλαντικό χρειάζονται μήνες (Blonder, 2011. Burton, n.d.).

Η διαδικασία συνεχίζεται μέχρι τα ιόντα της άλμης και του κρέατος να ισορροπήσουν, με κρίσιμο τον παράγοντα «χρόνο», επειδή σε μικρούς χρόνους η διαδικασία δεν θα ολοκληρωθεί. Τα θετικά φορτισμένα ιόντα (Na) απωθούνται μεταξύ τους δημιουργώντας κενά εισόδου νερού ενώ τα αρνητικά φορτισμένα (Cl) διαχέονται στις μυϊκές ίνες τροποποιώντας την αρχιτεκτονική τους. Μάλιστα, όταν το κρέας θερμανθεί, δημιουργείται μεγαλύτερος χώρος για την κίνηση των ιόντων, επειδή προστίθεται ενέργεια στα ιόντα ενώ ταυτόχρονα διαλύονται οι κυτταρικές μεμβράνες και τα λίπη. Καθώς οι πρωτεΐνες του κρέατος εξακολουθούν να τροποποιούνται και να δεσμεύουν νερό, αποτρέπουν τη συρρίκνωση των μυϊκών ινών και τη συμπίεση του νερού κατά τη διάρκεια του μαγειρέματος (Nummer & Address, 2002. Burton, n.d. Nave, n.d.).

Δύο είναι τα βασικά αποτελέσματα της άλμης στο κρέας. Πρώτον, διαταράσσει την πρωτεϊνική δομή του μυϊκού ιστού σε έκταση ανάλογη της περιεκτικότητας σε αλάτι. Δεύτερον, οι αλληλεπιδράσεις αλατιού και πρωτεϊνών έχουν ως αποτέλεσμα την ενίσχυση της ικανότητας συγκράτησης νερού στα μυϊκά κύτταρα, τα οποία στη συνέχεια απορροφούν νερό από την άλμη. Αυτή η δράση της άλμης έχει τα εξής απώτερα αποτελέσματα (McGee, 2004):

- Μείωση των απωλειών υγρασίας κατά το μαγείρεμα, λόγω της αύξησης του βάρους του κρέατος κατά 10%. Αυτό εξηγείται επειδή κατά τη διάρκεια μαγειρέματος, το κρέας χάνει περίπου το 20% του βάρους του σε υγρασία. Αυτή η απώλεια αντισταθμίζεται από την άλμη που έχει απορροφηθεί και κατά συνέπεια η απώλεια υγρασίας μειώνεται στο μισό.
- Ενίσχυση της τρυφερότητας επειδή τα διαλυμένα πρωτεϊνικά νημάτια δεν μπορούν να δημιουργήσουν συσσωματώσεις, οπότε το μαγειρεμένο κρέας προκύπτει πιο τρυφερό. Επιπλέον, λόγω του ότι η άλμη λειτουργεί εξωτερικά, έχει ισχυρότερη επίδραση στην επιφάνεια του κρέατος που είναι και η περιοχή με τη μεγαλύτερη πιθανότητα να «παραψηθεί».
- Αύξηση της απορρόφησης αρωματικών στοιχείων, που ενδεχομένως έχουν προστεθεί στο διάλυμα, λόγω της διαταραχής του μυϊκού ιστού και της μεταφοράς τους μέσω της κίνησης αλάτος και νερού.

Οι παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η αποτελεσματικότητα της άλμης είναι πολλοί και ανάλογοι της περιπλοκότητας του φαινομένου. Οι σημαντικότεροι από αυτούς είναι η συγκέντρωση και το είδος άλατος, η θερμοκρασία, το pH και η κατεύθυνση των ινών του κρέατος. Ωστόσο, κρίσιμος είναι και ο παράγοντας «νερό». Αξίζει να επισημανθεί ότι το νερό πρέπει να είναι πολύ διαυγές, απαλλαγμένο από άλλα στοιχεία και με χαμηλή περιεκτικότητα σε μεταλλικά στοιχεία (Himanshu, 2020). Αυτή η παράμετρος λήφθηκε υπ' όψιν και στην παρούσα πτυχιακή κατά τη διάρκεια των πειραμάτων.

Το προφανές αισθητηριακό μειονέκτημα της άλμης, δηλαδή η έντονη αλμυρή γεύση, συνήθως εξισορροπείται, με την προσθήκη ζάχαρης, χυμού φρούτων, ή βουτυρογάλακτος για την αύξηση της γλυκύτητας και της όξυνσης (McGee, 2004). Η ενδεχόμενη αλληλεπίδραση των τελευταίων δύο στοιχείων θα αναφερθεί στη συνέχεια.

2.4. Άλλα είδη μαρινάδων και η επίδραση των αλάτων

2.4.1. Όξινες μαρινάδες και άλατα

Οι όξινες μαρινάδες, χρησιμοποιούνται για την ενίσχυση της τρυφερότητας του κρέατος και γενικότερα την αισθητηριακή βελτίωσή του. Περιλαμβάνουν συνήθως κρασί, ξύδι, ντομάτα και χυμό εσπεριδοειδών (κυρίως λεμονιού και λάιμ). Το οξύ θεωρείται ότι ενισχύει την τρυφερότητα επιτρέποντας μάλιστα και στα καρυκεύματα να προσδώσουν μια πρόσθετη γεύση στο κρέας. Επιπλέον το κρασί και η μπύρα εκτιμώνται ως εξαιρετικές μαρινάδες, αυτής της κατηγορίας, παρά το γεγονός ότι το αλκοόλ δεν έχει χαμηλό pH. Επειδή όμως, το λίπος του κρέατος είναι διαλυτό στην αλκοόλη, ενισχύεται η αξία του μαριναρίσματος λόγω της ενίσχυσης του βαθμού διείσδυσης της όξυνσης και της προσφοράς τανινών. Οι τανίνες αποτελούν παράγοντες τρυφερότητας του κρέατος. Όμως, οι απόψεις για την αποτελεσματικότητα του όξινου μαριναρίσματος στην τρυφερότητα του κρέατος διίστανται, καθώς πολλοί υποστηρίζουν ότι η αίσθηση αυτή οφείλεται μάλλον στα καρυκεύματα παρά σε αυτήν καθ' αυτήν τη βελτίωση της υφής του (Israr, 2020. Hu, 2015).

Οι υποστηρικτές της θετικής επίδρασης της όξινης μαρινάδας στην υφή του κρέατος ισχυρίζονται ότι τα οξέα έχουν έναν μοναδικό τρόπο να μαλακώνουν το κρέας, μετουσιώνοντας τις πρωτεΐνες μέσω της χαλάρωσης των δεσμών τους. Αυτό

περιγράφεται ως διαταραχή των δεσμών του υδρογόνου που είναι αναπτυγμένοι στα ινίδια κολλαγόνου και συμβαίνει λόγω του χαμηλού pH της μαρινάδας. Από την άλλη πλευρά, υποστηρίζεται ότι η διάσπαση που προκαλεί το οξύ στις επιφανειακές ίνες του κρέατος, οδηγεί σε κυτταρική κατάρρευση και συσσωρευτική συγκέντρωσή τους με αποτέλεσμα τη σκλήρυνση. Συνήθως για την εξισορρόπηση των απόψεων προτείνεται η προσθήκη γάλακτος ή γιαουρτιού, δηλαδή συστατικών που παραπέμπουν σε ενζυμικού τύπου μαρινάδα. Με τον τρόπο αυτό αποφεύγεται η υπερβολική επίδραση των οξέων (Israr, 2020, Hu, 2015, EricT, 2013).

Σε κάθε περίπτωση, μελέτες έχουν δείξει τις επιδράσεις που έχει η προσθήκη άλατος στις όξινες μαρινάδες, οι οποίες ποικίλλουν ανάλογα με το είδος και τον τύπο του κρέατος όσο και με τους χρόνους παραμονής του στο διάλυμα οξέος-άλατος. Οι έρευνες εξετάζοντας πολλές παραμέτρους (τρυφερότητα, απώλεια υγρασίας και μάζας, χρόνος μαγειρέματος, κ.ά.), στην πλειονότητά τους, συγκλίνουν στη θετική επίδραση που έχει η παρουσία του άλατος σε όξινη μαρινάδα. Υπάρχουν περιπτώσεις που τα αποτελέσματα οδήγησαν στην επιλογή ή της μίας ή της άλλης μεθόδου και όχι συνδυαστικά. Η σημαντικότερη θετική επίδραση του NaCl σε όξινη μαρινάδα σχετίζεται με την ικανότητα του κρέατος στη συγκράτηση υγρασίας. Πράγματι, με την κατάλληλη αναλογία οξέος και άλατος στο διάλυμα, τα ιόντα Χλωρίου ενισχύουν σημαντικά την ενυδάτωση των πρωτεϊνών, σε χρονικό διάστημα λίγων ωρών. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη διαταραχή της αρχιτεκτονικής των μυών του κρέατος και κατά συνέπεια την αύξηση της τρυφερότητάς του. Σε όλες τις μελέτες επισημαίνεται ο παράγοντας του χρόνου παραμονής του κρέατος στο διάλυμα οξέος-άλατος, επειδή κατά τις πρώτες ώρες εμποτισμού διαπιστώθηκε σκλήρυνση. Αντίθετα, η μεγαλύτερη διάρκεια παραμονής του κρέατος στο διάλυμα οξέος-άλατος επιτρέπει την αύξηση της ιοντικής δύναμης και την πτώση του pH και απώτερα την μετουσίωση των πρωτεϊνών, ώστε οι απώλειες υγρασίας κατά το μαγείρεμα να είναι λιγότερες και το κρέας πιο τρυφερό (Goli et al., 2014).

2.4.2. Ενζυμικές μαρινάδες και άλατα

Οι ενζυμικές μαρινάδες εφαρμόζονται με σκοπό αφενός να μαλακώσουν το κρέας, επιτρέποντας μάλιστα καλύτερη κοπή, αφετέρου να προσδώσουν γεύση. Η δράση τους οφείλεται κυρίως στις πρωτεάσες καρπών και φρούτων, ορισμένες από τις οποίες ενισχύονται από την παρουσία αλάτων, όπως για παράδειγμα η φικίνη του σύκου (Πίν. 2.7). Όπως κάθε πρωτεΐνη, τα ένζυμα αποτελούνται από αλληλουχίες

αμινοξέων που τροποποιούνται μέσω αλληλεπίδρασης, ενώ αυξάνουν τον ρυθμό των κυτταρικών αντιδράσεων. Σε αυτές τις ιδιότητες οφείλεται η τρυφερότητα του κρέατος. Οι ενζυμικές μαρινάδες αποδομούν τις πρωτεΐνες του κρέατος, αυξάνοντας τα επίπεδα πεπτιδίων και ελεύθερων αμινοξέων (Collados et al., 2020. Israr, 2020. Juárez et al., 2012).

Η ενζυμική δραστηριότητα καθορίζεται από διάφορους παράγοντες κυρίως όμως από τη θερμοκρασία και το pH. Οι πολύ υψηλές θερμοκρασίες αποτρέπουν το σχηματισμό συμπλόκων ενζύμου και υποστρώματος (μαρινάδα), από τα οποία εξαρτάται η διάσπαση των δεσμών των αντιδρώντων μορίων (κρέας). Επίσης, το ακραίο pH επηρεάζει τα αμινοξέα προκαλώντας άμεση αδρανοποίηση. Σε αυτούς τους κρίσιμους παράγοντες προστίθενται ο χρόνος παραμονής του κρέατος στο διάλυμα αλλά και η ποσότητα, καθώς τα ένζυμα μπορεί να το αφομοιώσουν πλήρως αν το μαρινάρισμα διαρκέσει για πολύ χρόνο ή/και η αναλογία τους στο διάλυμα είναι πολύ μεγάλη (Collados et al., 2020. Hu, 2015).

Πίνακας 2.7 : Συνήθη ένζυμα που χρησιμοποιούνται στο μαρινάρισμα.

Ονομασία και Προέλευση	Επίδραση στο κρέας
Μυκητια(σι)κή αμυλάση οσπρίων και πρωτεάσες τζίντζερ και μάνγκο.	Η πρωτεάση του τζίντζερ (GP) υπερτερεί, αυξάνοντας την τρυφερότητα και τη γευστικότητα ενώ διατηρεί την υγρασία.
Βρομελίνη. Πρωτεάση του ανανά	Συμβάλλει στην τρυφερότητα χωρίς απώλεια υγρασίας, αλλά μπορεί να δώσει υπερβολικά κρεμώδη υφή, διασπώντας την ελαστίνη και μετατρέποντας το κολλαγόνο.
Παπαΐνη. Πρωτεολυτικό ένζυμο της παπάγια.	Βελτιώνει την τρυφερότητα δρώντας στη δομή των μυών. Προσδίδει πικρή γεύση που αποφεύγεται με προσθήκη άλλων ενζύμων.
Φικίνη. Πρωτεάση του σύκου	Επιδρά μέτρια στο σύμπλοκο ακτομυοσίνης και στο κολλαγόνο, αλλά αυξάνει τη διαλυτότητα των πρωτεϊνών του κρέατος. Η ικανότητά της ενισχύεται με τη χρήση αλάτος στο διάλυμα.
Μυκητιακή πρωτεάση <i>Aspergillus oryzae</i> . Προϊόν ζύμωσης σόγιας.	Χρονολογείται από την αρχαιότητα στην Κίνα με θετικά αποτελέσματα στη γεύση και στην υφή.

Ακτινιδίνη. Πρωτεολυτικό ένζυμο. Ήπιο αποτέλεσμα στην τρυφερότητα δρα σε του φραγκοστάφυλου ή του εύρος pH (5-7) επιτρέποντας τη χρήση σε ευρύ φάσμα.

Προσαρμογή από: Madhusankha & Thilakarathna, 2021. Shurtleff & Aoyagi, 2021. Collados et al., 2020. Hu, 2015. Ionescu et al., 2008. Moodie, 2005.

Οι επιπτώσεις των αλάτων στα ένζυμα αν και απασχολούν την επιστημονική κοινότητα, φαίνεται να μην έχουν προσδιοριστεί με σαφήνεια. Μια σχετική και εκτεταμένη μελέτη των πρωτεασών, καταλήγει ότι ο ρόλος των αλάτων στη σταθερότητα των ενζύμων παραμένει σε επίπεδο θεωρητικό και απαιτείται περαιτέρω πειραματική μελέτη. Ειδικότερα, επισημαίνεται ότι η επίδραση των αλάτων στα ένζυμα εξαρτάται από πολλούς παράγοντες και ειδικότερα από το είδος του ενζύμου, το είδος του άλατος (π.χ. NaCl ή Na₂SO₄) και το pH. Οι μέσες βέλτιστες τιμές του pH έχουν προσδιοριστεί μεταξύ 5 και 7, ενώ στην τιμή 9 είναι συχνή η αρνητική επίδραση των αλάτων (Braham et al., 2014).

Οι διαπιστώσεις αυτές είναι πολύ σημαντικές, δεδομένου ότι η προσθήκη άλατος σε ενζυμική μαρινάδα, μπορεί να μην έχει τα επιθυμητά αποτελέσματα, αν δεν γίνει σωστή επιλογή άλατος και ενζύμου. Ωστόσο, εκείνο που φαίνεται να αποτελεί μια γενική διαπίστωση είναι ότι τα άλατα ενισχύουν τη γεύση μειώνοντας ή αυξάνοντας τη δραστηριότητα ορισμένων ενζύμων που είναι υπεύθυνα για την ανάπτυξη διαφορετικών οργανοληπτικών παραμέτρων (Albarracín et al., 2011).

2.5. Γευστική απόλαυση και ασφάλεια τροφίμων

Στο πρώτο κεφάλαιο αναφέρθηκε η άποψη των αρχαίων πολιτισμών για το μαρινάρισμα, ως μέθοδος αντιμετώπισης μολυσματικών παραγόντων, με τεχνικές όμως που δεν έχουν ακόμα αναλυθεί πλήρως (π.χ. μουμιοποίηση).

Σύμφωνα με προειδοποίηση του Αμερικανικού Ινστιτούτου Έρευνας για τον Καρκίνο (AICR, 2007), επειδή τα ωμά κρέατα συχνά περιέχουν ακατάλληλες προς κατανάλωση ουσίες οι οποίες εξουδετερώνονται με το μαγείρεμα θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στην χρήση της μαρινάδας ως σάλτσα. Κι αυτό επειδή ορισμένα από αυτά τα στοιχεία παραμένουν στο διάλυμα κι ως εκ τούτου το καθιστούν ακατάλληλο για κατανάλωση. Ωστόσο, αυτή η διαπίστωση οδηγεί και στη σκέψη ότι το μαρινάρισμα πράγματι λειτουργεί για την απομάκρυνση βλαβερών ουσιών. Το σκεπτικό στηρίζεται στην παραμονή ποσότητας βλαβερών ουσιών στη μαρινάδα.

Βέβαια ο βαθμός αυτός εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως το είδος των ουσιών, το είδος της μαρινάδας και ο χρόνος παραμονής του κρέατος σε αυτήν.

Οι γενικές κατευθύνσεις για ασφαλές μαρινάρισμα περιλαμβάνουν την εφαρμογή των κατάλληλων τεχνικών ώστε να περιοριστεί ο κίνδυνος μόλυνσης που μπορεί να οδηγήσει σε τροφικές δηλητηριάσεις και εξειδικεύονται στις ακόλουθες οδηγίες (USDA, 2021. Newgent & Ellis, 2021. Christensen, 2020. Mattison, 2020. Cording, 2019):

- Το μαρινάρισμα πρέπει να γίνεται σε, πλαστικό, γυάλινο ή ανοξείδωτο δοχείο με καπάκι ή κάλυψη από μεμβράνη τροφίμων, ώστε να αποφεύγεται οποιαδήποτε επαφή του με άλλα τρόφιμα. Τα απλά μεταλλικά δοχεία μπορεί να αντιδράσουν με ένα όξινο μείγμα.
- Το μαρινάρισμα πρέπει να γίνεται στο ψυγείο και όχι σε θερμοκρασία περιβάλλοντος η οποία ευνοεί την είσοδο του κρέατος στην «επικίνδυνη ζώνη» (4°-60°C). Στις θερμοκρασίες αυτές τα βακτήρια πολλαπλασιάζονται ταχύτερα. Η διάρκεια του μαριναρίσματος δεν μπορεί να είναι μεγαλύτερη από τη διάρκεια ζωής του κρέατος στο ψυγείο.
- Δεν επιτρέπεται η χρήση της μαρινάδας ως σάλτσα για να μην καταναλωθούν τα εναπομείνοντα σε αυτήν μολυσματικά στοιχεία του κρέατος, εκτός κι αν προηγηθεί βρασμός της. Δεν επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση της άλμης για τους ίδιους λόγους αλλά και για την αποτελεσματικότητά της.
- Διασταύρωση της μόλυνσης μπορεί να γίνει κι όταν το ψημένο κρέας σερβιριστεί στο ίδιο σκεύος που ήταν τοποθετημένο ωμό το μαριναρισμένο, χωρίς να έχει προηγηθεί πλύσιμο. Επίσης απαιτείται απολύμανση σκευών και πάγκων που έρχονται σε επαφή με το κρέας, σε διάφορες φάσεις, για την αποφυγή τόσο διασταύρωσης όσο και μεταφοράς μόλυνσης σε άλλα τρόφιμα.
- Η ολοκλήρωση του ψησίματος του κρέατος πρέπει να βεβαιώνεται με τη χρήση θερμομέτρου σύμφωνα με τις αποδεκτές θερμοκρασίες. Για παράδειγμα για να θεωρηθεί ψημένο με ασφάλεια ένα κομμάτι χοιρινού, πρέπει η θερμοκρασία στο εσωτερικό του να είναι κατ' ελάχιστον 71,1°C.
- Στις μαρινάδες με βάση τα έλαια είναι κρίσιμη η ορθή επιλογή του λαδιού που θα χρησιμοποιηθεί η οποία καθορίζεται από το σημείο καπνού. Το σημείο αυτό ορίζεται ως η θερμοκρασία εκείνη κατά την οποία το έλαιο θα αρχίσει να αναδύει καπνό στη διάρκεια μαγειρέματος, μαριναρισμένου κρέατος. Κι αυτό

είναι πολύ σημαντικό, όχι μόνο λόγω της άσχημης γεύσης αλλά και επειδή η διάσπαση των λιπαρών οξέων του λαδιού μπορεί να απελευθερώσει επιβλαβείς χημικές ενώσεις οι οποίες μπορεί να προκαλέσουν έως και κυτταρική βλάβη (Cording, 2019).

Τέλος, αξίζει να επισημανθεί η αποτελεσματικότητα του χλωριούχου νατρίου έναντι παθογόνων μικροοργανισμών και μικροοργανισμών που προκαλούν αλλοιώσεις στα τρόφιμα. Αξιοσημείωτα παραδείγματα αποτελούν η αναστολή της ανάπτυξης λιστέριας και των γαλακτικών βακτηρίων σε έτοιμα προς κατανάλωση κρέατα. Η σχετική βιβλιογραφία για τις αντιμικροβιακές ιδιότητες του NaCl είναι εξαιρετικά πλούσια και αναδεικνύει το ρόλο του στην ασφάλεια και την ποιότητα των τροφίμων (Taormina, 2010).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΧΟΙΡΙΝΟ ΚΡΕΑΣ ΣΕ ΑΛΜΗ: ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΣΧΕΤΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ

Οι Barat et al. (2011) μελέτησαν την κινητική των NaCl και KCl, εφαρμόζοντας άλμη σε άπαχο χοιρινό κρέας (ψαρονέφρι). Το κρέας τεμαχίστηκε κάθετα στις ίνες σε κυλινδρικά τεμάχια διαμέτρου 2cm και μήκους 4cm, με υπολογιζόμενο pH 5,6 έως 5,7. Στη φάση δοκιμής τεμαχίστηκε το κάθε ένα σε 4 μέρη πάχους 1cm. Η σύγκριση έγινε με δυο διαλύματα άλμης απιονισμένου νερού 4°C και 15% συγκέντρωση άλατος. Το ένα διάλυμα περιείχε μόνο NaCl και το άλλο 50% NaCl και 50% KCl. Δεν εφαρμόστηκε ανάδευση. Η περιεκτικότητα σε υγρασία προσδιορίστηκε με ξήρανση: με σταθερό βάρος σε κλίβανο ξήρανσης στους 102°C. Η περιεκτικότητα σε Na, Cl, και K προσδιορίστηκε με ιοντική χρωματογραφία.

Σχετικά με την ικανότητα συγκράτησης νερού, διαπιστώθηκαν τα εξής: (α) το πρώτο στρώμα κρέατος είναι αυτό που επηρεάζεται περισσότερο από το αλάτι με αρχικά πολύ γρήγορη αύξησή του στην επιφάνεια και στη συνέχεια βραδύτερη, (β) μετά από 10 ώρες δεν είχε επιτευχθεί ισορροπία, (γ) στα πρώτα 15 λεπτά δεν παρατηρήθηκαν διαφορές στις μέσες τιμές υγρασίας μεταξύ των στρωμάτων και (δ) κατά τη διάρκεια της διαδικασίας (μέχρι 10 ώρες) εκτός από την είσοδο διαλυμένων ουσιών στον μυ, διαπιστώθηκε ωσμωτική αφυδάτωση. Σχετικά με την ταυτόχρονη δράση NaCl και KCl, διαπιστώθηκε: (α) υψηλότερη συγκέντρωση άλατος στα στρώματα μετά από 10 ώρες, συγκριτικά με μόνο NaCl και (β) υψηλότερη συγκέντρωση του KCl στο ίδιο στρώμα κρέατος, παρά το γεγονός ότι η συγκέντρωσή του στο διάλυμα ήταν ίδια με του NaCl.

Συμπερασματικά, ο συντελεστής διάχυσης ήταν μεγαλύτερος για το ιόν K^+ παρά για το ιόν Na^+ . Διαπίστωση που σημαίνει ότι το KCl μειώνει το χρόνο μαρινάρисματος με άλμη. Επίσης, η διάχυση και η τροποποίηση της μάζας εξαρτώνται από το χρόνο. Όμως για τον υπολογισμό τους απαιτούνται μοντέλα που ενσωματώνουν επιπλέον λεπτομέρειες για τις εμπλεκόμενες φυσικές και χημικές διεργασίες. Ειδικότερα δε, για το νερό και τις δομικές αλλαγές του κρέατος.

Οι Oliveira dos Santos et al. (2012) μελέτησαν τις επιπτώσεις των αλάτων σε χοιρινό κρέας (ράχη), 45 λεπτά μετά τη σφαγή. Τότε διαπιστώθηκε απότομη μείωση του pH των μυών. Η σύγκριση έγινε μεταξύ τεμαχίων που είχαν $pH > 5,7$ και $pH < 5,7$. Τα τεμάχια κάθε ομάδας χωρίστηκαν σε κατηγορίες: (α) χωρίς μαρινάρισμα και (β) υποβλήθηκαν σε 3 είδη μαρινάδας, «διτανθρακικό νάτριο- χλωριούχο νάτριο»,

«τριπολυφωσφορικό νάτριο- χλωριούχο νάτριο» και «διττανθρακικό νάτριο- τριπολυφωσφορικό νάτριο - χλωριούχο νάτριο».

Τα αποτελέσματα ήταν: (1) χωρίς μαρινάρισμα το κρέας με $\text{pH} \leq 5,7$ είχε μεγαλύτερες απώλειες βάρους, ψησίματος και τρυφερότητας, (2) οι μαρινάδες αύξησαν το pH , μείωσαν τις απώλειες, βελτίωσαν την τρυφερότητα, την υγρασία και τη γεύση του κρέατος, (3) περισσότερο από όλες τις μαρινάδες λειτούργησε βελτιωτικά εκείνη των τριών αλάτων, (4) η επίδραση νατρίου και νερού στην κατεύθυνση των μυϊκών ινών του κρέατος, ήταν ανάλογη με την αύξηση της θερμοκρασίας και (5) η διάχυση του νερού στις κάθετες μυϊκές ίνες ήταν μεγαλύτερη από ό,τι στις οριζόντιες. Το γενικό συμπέρασμα ήταν ότι η μέγιστη βελτίωση όλων των χαρακτηριστικών του χοιρινού επιτεύχθηκε με μαρινάδα που συνδυάζει και τα τρία άλατα.

Η μελέτη των Kim et al. (2006) αξιολόγησε την επίδραση στα φυσικοχημικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά μαρινάδων χλωριούχου και τριπολυφωσφορικού νατρίου σε χοιρινό κρέας μετά το μαγείρεμα με σάλτσα ντομάτας. Δείγματα ήταν τεμάχια χοιρινού φιλέτου ($3 \times 3 \times 2$ cm) τα οποία μαριναρίστηκαν επί 24 ώρες στους 5°C σε τρεις ομάδες [100% απιονισμένο νερό], [10% χλωριούχο νάτριο], [10% χλωριούχο και 3% φωσφορικό νάτριο]. Τα αποτελέσματα ήταν: (1) η πρόσληψη μαρινάδας με άλατα ήταν σημαντικά μεγαλύτερη από εκείνην του νερού χωρίς σημαντικές διαφορές μεταξύ των αλατούχων μαρινάδων, (2) οι απώλειες από το μαγείρεμα ήταν λιγότερες στο κρέας που είχε μαριναριστεί με συνδυασμό αλάτων, (3) οι απώλειες των μαριναρισμένων μόνο με NaCl ήταν λιγότερες από όσες με σκέτο νερό, (4) τα μαριναρισμένα τεμάχια είχαν υψηλότερο pH , (5) η υψηλότερη ικανότητα συγκράτησης νερού, διαπιστώθηκε στα μαριναρισμένα τεμάχια με συνδυασμό αλάτων, (6) οι δείκτες χρώματος ήταν ελαφρώς υψηλότεροι στο αμαρινάριστο κρέας, (7) η τρυφερότητα, μετρημένη με δείκτη διατμητικής δύναμης πριν το μαγείρεμα δεν έδειξε διαφορές μεταξύ μαριναρισμένων και αμαρινάριστων τεμαχίων, (8) το μαριναρισμένο κρέας με τα δύο άλατα, όταν μαγειρεύτηκε είχε σημαντικά μεγαλύτερη τρυφερότητα σε σχέση με τα άλλα, και (9) η οργανοληπτική αξιολόγηση του χοιρινού μαγειρεμένου σε σάλτσα ντομάτας ήταν οριακά καλύτερη για τα μαριναρισμένα σε σχέση με την τρυφερότητα, την υγρασία και τις συνολικές απώλειες, αλλά γευστικά υπερίσχυσε το αμαρινάριστο κρέας.

Την επίδραση ίδιων αλάτων στο χοιρινό κρέας μελέτησαν οι Detienne & Wicker (1999) αλλά με ενέσιμη τεχνική και περισσότερους συνδυασμούς. Ειδικότερα

σύγκριναν την επίδραση χλωριούχου (NaCl) και τριπολυφωσφορικού (STPP) νατρίου, σε χοιρινό κρέας (ράχη). Το κρέας τεμαχίστηκε σε 48 τεμάχια ομοιογενούς ιστού στα οποία εγχύθηκαν μαρινάδες απιονισμένου νερού και αλάτων σε 16 συνδυασμούς NaCl (0%, 0,5%, 1,0% ή 1,5%) και STPP (0%, 0,15%, 0,30% ή 0,45%). Ο σκοπός ήταν να αξιολογηθεί η απώλεια μάζας του κρέατος μέχρι και το μαγείρεμα, για κάθε περίπτωση. Η μέθοδος περιλάμβανε διάφορα στάδια (έγχυση, ψύξη, ψήσιμο, κ.λπ) κατά τα οποία υπολογιζόταν πάντα το βάρος και το εσωτερικό pH του κρέατος. Η σύγκριση έγινε με τις μετρήσεις χωρίς μαρινάρισμα (0%NaCl και 0% STPP).

Η έρευνα αυτή οδήγησε στα ακόλουθα συμπεράσματα: (1) διακύμανση σε όλες τις παραμέτρους, όπως αύξηση μάζας 8,3%-14,3%, pH 5,69-6,10, απώλεια κατά το μαγείρεμα 16,3%-36,1% και επίπεδα υγρασίας 60%-70,2%, (2) υπό συνθήκες, το μέγιστο κέρδος σε μάζα διαπιστώθηκε όπου δεν υπήρχε NaCl ή STPP, (3) σε κάθε περίπτωση, απαιτήθηκαν μέγιστα επίπεδα του ενός ή του άλλου αλάτος, για την αύξηση της μάζας και (4) η μέγιστη απόδοση τελικού προϊόντος και η ελάχιστη απώλεια μαγειρέματος με το χαμηλότερο επίπεδο αλάτος, παρατηρήθηκαν στην αναλογία 0,45% STPP και 1,0% NaCl. Συμπερασματικά, με τη συμπληρωματική δράση NaCl και STPP υπήρξε βελτίωση των ποιοτικών χαρακτηριστικών και της μάζας χοιρινής πλάτης και αποδείχθηκε η ικανότητα του ενός να αντισταθμίζει το άλλο.

Με την ίδια ενέσιμη τεχνική οι Sheard & Tali (2004) μελέτησαν την τρυφερότητα χοιρινού κρέατος (τεμάχια ράχης) υπό την επίδραση 7 διαλυμάτων τριών αλάτων: χλωριούχο, τριπολυφωσφορικό και διττανθρακικό νάτριο. Οι ενέσιμες μαρινάδες περιλάμβαναν μόνο ένα αλάτι ή συνδυασμούς σε διάφορες αναλογίες. Ως μάρτυρας χρησιμοποιήθηκε διάλυμα 100% νερού με pH 5,45. Η τεχνική εφαρμόστηκε με ζύγισμα ώστε να επιτευχθεί ομοιόμορφη κατανομή σε όλα τα σημεία. Τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε δοχεία, καλύφθηκαν με μεμβράνη και παρέμειναν στον 1°C για 24 ώρες. Ακολούθως μαγειρεύτηκαν συσκευασμένα υπό κενό, σε υδατόλουτρο για 1,5 ώρα στους 79°C. Αφού το ψήσιμο ελέγχθηκε ψηφιακά, καλύφθηκαν με θρυμματισμένο πάγο και αφέθηκαν να κρυώσουν όλη τη νύχτα στον 1°C. Σε όλα τα στάδια καταγράφηκε το βάρος αλλά και το pH, τόσο των τεμαχίων σε διάφορα σημεία, όσο και των μαρινάδων.

Τα αποτελέσματα μετά το μαγείρεμα έδειξαν: (1) οι μέγιστες αυξήσεις στο pH (max 5,97) διαπιστώθηκαν στις περιπτώσεις [φωσφορικό 5% + διττανθρακικό 3%], [φωσφορικό 5%] και [διττανθρακικό 3%], (2) η ελάχιστη τιμή pH (5,36)

μετρήθηκε στο διάλυμα NaCl όπου σημειώθηκε μείωση έναντι του μάρτυρα, (3) η μεγαλύτερη μείωση των απωλειών διαπιστώθηκε στις μαρινάδες με συνδυασμό 5% χλωριούχο, 5% φωσφορικό και 3% διττανθρακικό, νάτριο, (4) όλες οι μαρινάδες αύξησαν σημαντικά την τρυφερότητα αλλά περισσότερο η μαρινάδα με διττανθρακικό και εκείνη με συνδυασμό διττανθρακικού και χλωριούχου νατρίου και (5) η βέλτιστη τρυφερότητα που προσδίδουν τα διττανθρακικά πιθανώς οφείλεται στο διοξείδιο του άνθρακα που παράγεται κατά το μαγείρεμα.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει για την επίδραση των αλάτων στις όξινες μαρινάδες μια έρευνα των Cannon et al. (1993) όπου αξιολογήθηκε η επίδραση του κιτρικού οξέος και του πυροφωσφορικού νατρίου στο χοιρινό κρέας (ράχη και μπούτι). Ειδικότερα αξιολογήθηκαν οι επιπτώσεις μαρινάρισματος με αυτά τα στοιχεία, στο μαγειρεμένο κρέας. Διαπιστώθηκε ότι: (1) το κιτρικό οξύ και το πυροφωσφορικό νάτριο μείωσαν το pH, (2) το τριπολυφωσφορικό νάτριο αύξησε το pH, (3) το όξινο πυροφωσφορικό νάτριο πέτυχε ενδιάμεσες τιμές pH, σε σχέση με τα άλλα, (4) το τριπολυφωσφορικό νάτριο βελτίωσε τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του κρέατος, την ικανότητα συγκράτησης νερού και τις αποδόσεις (5) το πυροφωσφορικό νάτριο μείωσε τη μικροβιακή ανάπτυξη στο χοιρινό ράχης και βελτίωσε την τρυφερότητα στο χοιρινό μπούτι.

Ομοίως, οι Liu et al. (2011) μελέτησαν τις μορφολογικές επιπτώσεις μαρινάδων διαφόρων αλάτων σε χοιρινό κρέας το οποίο έχει υποστεί προηγουμένως και όξινη επεξεργασία. Η μέθοδος εδράζει στο μικροσκοπικό έλεγχο των μυϊκών ινών με εστίαση στο φθορισμό της τρυπτοφάνης και στα καρβονύλια πρωτεΐνης. Το φρέσκο χοιρινό κρέας έχει ψυχθεί (-30°C) και αποψυχθεί (4°C). Παρά την πολυπλοκότητα της μεθόδου, τα συμπεράσματα της έρευνας έχουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την ικανότητα συγκράτησης νερού. Δείγματα χοιρινής πλάτης υποβλήθηκαν σε τρεις συνθήκες μαρινάρισματος σε κύκλους 40 λεπτών: (α) διάλυμα χλωριούχου σιδήρου, ασκορβικού και υπεροξειδίου υδρογόνου, με pH 6,2 και συγκέντρωση NaCl 0,1M και στη συνέχεια σε διάλυμα με συγκέντρωση NaCl 0,6M και πυροφωσφορικού νατρίου 15mM, (β) ταυτόχρονο μαρινάρισμα με όλα τα παραπάνω διαλύματα και (γ) όπως το προηγούμενο μαρινάρισμα με εξαίρεση το φωσφορικό νάτριο που παραλείφθηκε.

Τα αποτελέσματα έδειξαν: (1) οι ιδιότητες ενυδάτωσης και διατήρησης υγρασίας από τους μύες βελτιώθηκαν από το οξειδωτικό στρες σε αναλογία NaCl 0,1 ή 0,6, με ή χωρίς φωσφορικό αλάτι, (2) κατά το μαγείρεμα (71°C) επιδεινώθηκε η

φυσιολογική απώλεια υγρασίας λόγω οξείδωσης, (3) η ενίσχυση της ενυδάτωσης σχετίζεται με τη δράση και την έκταση της οξείδωσης καθώς το μεγαλύτερο μέρος του εισερχόμενου νερού συγκρατήθηκε ως εξής: ερμητικά στα κύτταρα για τα μέτρια οξειδωμένα τεμάχια και χαλαρά στους διευρυμένους εξωκυτταρικούς χώρους, για τα έντονα οξειδωμένα και (4) η έντονη εγκάρσια συρρίκνωση των μυοϊνιδίων και των μυϊκών ινών ήταν υπεύθυνη για την αυξημένη απώλεια μαγειρέματος στους οξειδωμένους μυς. Τα αναλυτικά ευρήματα, οδηγούν στην πληρέστερη κατανόηση του μηχανισμού δέσμευσης νερού, στην περίπτωση εφαρμογής άλμης υπό οξειδωτικές συνθήκες σε χοιρινό κρέας αλλά και στο ρόλο που διαδραματίζει η διάταξη των μυϊκών ινών. Το τελευταίο παρατηρήθηκε και στην προαναφερόμενη μελέτη των Barat et al. (2011), οι οποίοι επισήμαναν την κατεύθυνση κοπής των δειγμάτων κρέατος.

Τέλος, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει και η αντικατάσταση χλωριούχου νατρίου από χλωριούχο κάλιο για την παρασκευή αναδιαρθρωμένων προϊόντων χοιρινού κρέατος (ζαμπόν). Πρόσφατη μελέτη των Neves et al. (2020) είχε στόχο την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων από την αντικατάσταση του χλωριούχου νατρίου με χλωριούχο κάλιο σε μαρινάδα χοιρινού κρέατος. Οι δοκιμές έγιναν με την αντικατάσταση NaCl κατά 40% από KCl σε διάφορες αναλογίες. Τα δείγματα κρέατος είχαν χαρακτηριστικά PSE (ωχρο, μαλακό και εξιδρωματικό κρέας, ταχεία πτώση pH 45 λεπτά μετά το θάνατο) και όπως προκύπτει από τα συμπεράσματα και DFD χαρακτηριστικά (σκοτεινό, ξηρό και στεγνό κρέας, μικρή μεταθανάτια πτώση pH).

Οι διαπιστώσεις στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του προϊόντος από την αντικατάσταση του NaCl έδειξαν ότι δεν επηρεάστηκε η χημική σύνθεση αλλά ούτε οι απώλειες νερού, το pH και το χρώμα του κρέατος. Επίσης, δεν υπήρξαν επιπτώσεις στην υφή, αλλά βελτιώθηκε η αίσθηση μάσησης. Επιπρόσθετα, δεν επηρεάστηκε η αντιληπτή αλμύρα και η αποδοχή των προϊόντων. Αντίθετα, τα χλωμά, μαλακά και εξιδρωματικά προϊόντα ήταν πιο αποδεκτά και οι καταναλωτές παρατήρησαν υψηλότερη αλμυρή γεύση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

4.1. Σκοπός, χρόνος και τόπος διεξαγωγής

Σκοπός των πειραματικών δοκιμασιών είναι η μελέτη της επίδρασης μαριναρίσματος με NaCl και CaCl₂, διαφορετικών συγκεντρώσεων, επί του pH, της υγρασίας, της αύξησης βάρους και της απώλειας νερού κατά το μαγείρεμα ελληνικού χοιρινού κρέατος (σπάλα). Το πείραμα διεξήχθη τον Απρίλιο του 2022, με τρεις (3) εβδομαδιαίες επαναλήψεις στις εργαστηριακές εγκαταστάσεις του Τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων του Ιονίου Πανεπιστημίου, στο Αργοστόλι Κεφαλληνίας.

4.2. Υλικά και εξοπλισμός

- Η μέτρηση της ενεργού οξύτητας (pH) έγινε με απλό φορητό pHμετρο
- Οι ζυγίσεις έγιναν με αναλυτικό ζυγό ακρίβειας 0,001g.
- Χρησιμοποιήθηκε ψυγείο οικιακού τύπου.
- Ο φούρνος ξήρανσης είχε δυνατότητα λειτουργίας στους 103°C.
- Ο ξηραντήρας ήταν εργαστηριακός.
- Για την % περιεκτικότητα υγρασίας, χρησιμοποιήθηκε άμμος και ξήρανση μέχρι σταθερού βάρους στους 103°C και λεπτή γυάλινη ράβδος, ελαφρώς μακρύτερη από τις κάψες.
- Οι κάψες αλουμινίου που χρησιμοποιήθηκαν ήταν κυπελλοειδείς, ύψους 4cm με περίμετρο βάσης 2,4cm και περίμετρο χείλους 5,7cm (Εικ. 4.4).
- Για το μαρινάρισμα χρησιμοποιήθηκαν γυάλινα βάζα με βιδωτό καπάκι χωρητικότητας 750ml.
- Το νερό που χρησιμοποιήθηκε ήταν απιονισμένο.
- Η θερμική επεξεργασία έγινε με υδατόλουτρο και χρησιμοποιήθηκαν σακούλες τροφίμων ερμητικής σφράγισης.

4.3. Δείγμα και δειγματοληψία

Για τις πειραματικές διαδικασίες χρησιμοποιήθηκαν δείγματα νωπής ελληνικής χοιρινής σπάλας που αγοράστηκαν από τοπικό κρεοπωλείο. Τα αντιπροσωπευτικά δείγματα δεν είχαν υποστεί ζημιές ή αλλοιώσεις κατά τη διάρκεια μεταφοράς και συσκευασίας και ήταν απαλλαγμένα από λίπος και συνδετικό ιστό.

Προέκυψαν από τεμάχια κρέατος βάρους τουλάχιστον 200g. Σε κάθε επανάληψη χρησιμοποιήθηκε δείγμα βάρους 1400g.

Το κρέας κόπηκε σε ακανόνιστα τεμάχια διαστάσεων περίπου 2,5cmx2,5cm. Μετά την κοπή τα κομμάτια διαχωρίστηκαν σε 7 μέρη και ζυγίστηκαν με ακρίβεια 0,001g. Το 1^ο μέρος, αφορούσε τα αμαρινάριστα δείγματα και χρησιμοποιήθηκε ως μάρτυρας. Τα άλλα 6 μέρη, προορίζονταν για μαρινάρισμα σε διαλύματα τριών διαφορετικών συγκεντρώσεων NaCl και τριών διαφορετικών συγκεντρώσεων CaCl₂.



Εικόνα 4.1: Δείγματα κρέατος σε βάζα για μαρινάρισμα με NaCl και CaCl₂, στις αναγραφόμενες συγκεντρώσεις.

4.4. Πρωτόκολλα αναλύσεων

4.4.1. Διαλύματα και διαδικασία μαρινάρισματος

Τα διαλύματα μαρινάδων περιείχαν απιονισμένο νερό και άλατα NaCl και CaCl₂, ξεχωριστά και σε διάφορες συγκεντρώσεις. Δεδομένου ότι η συγκέντρωση του NaCl σε διάφορα κρεατοσκευάσματα κυμαίνεται μεταξύ 2%-6% και η συγκέντρωση του CaCl₂ στις μαρινάδες κυμαίνεται μεταξύ 0,05M-0,15M, τα ίδια όρια τηρήθηκαν και στην παρούσα μελέτη. Σε κάθε επανάληψη παρασκευάζονταν συνολικά 6 διαλύματα, τρία για κάθε άλας, με τις ακόλουθες συγκεντρώσεις:

NaCl ► 0,34M 0,68M 1,08M

CaCl₂ ► 0,05M 0,10M 0,15M

Για το μαρινάρισμα των δειγμάτων ακολουθήθηκε η παρακάτω διαδικασία, σε κάθε επανάληψη:

- Δείγματα βάρους 200-210g, τοποθετήθηκαν σε έξι γυάλινα βάζα στα οποία αναγράφηκε, το άλας και η συγκέντρωσή του στο διάλυμα.

- Η αναλογία δείγματος κρέατος προς διάλυμα μαρινάρισματος ήταν 1:3
- Τα βάζα σφραγίσθηκαν και τοποθετήθηκαν στο ψυγείο στους 5°C, όπου παρέμειναν 72 ώρες.
- Μετά το πέρας των 72 ωρών, τα δείγματα αφαιρέθηκαν από τη μαρινάδα, στεγνώθηκαν με χαρτί κουζίνας και πραγματοποιήθηκαν οι αναλύσεις, όπως περιγράφονται στη συνέχεια.



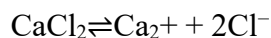
Εικόνα 4.2: Δείγματα κρέατος 72 ώρες μετά το μαρινάρισμα με NaCl και CaCl₂, στις αναγραφόμενες συγκεντρώσεις.

4.4.2. Μέτρηση οξύτητας (pH)

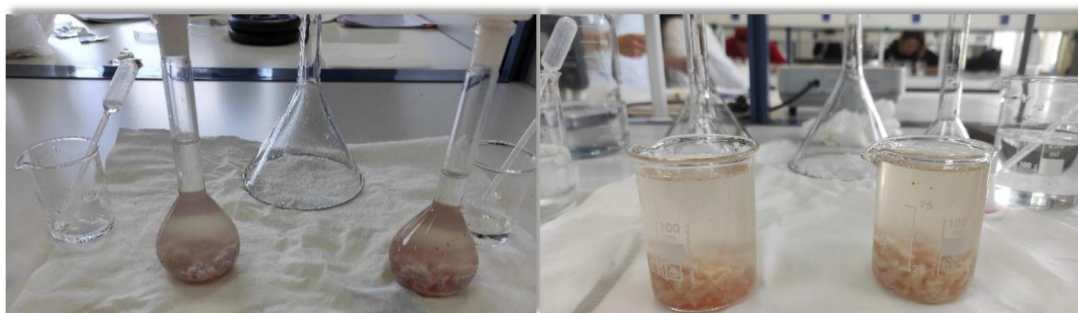
Η μέτρηση του pH όλων των δειγμάτων -μαριναρισμένων και μάρτυρα- σε όλες τις επαναλήψεις έγινε με δύο μεθόδους. Στην πρώτη μέθοδο ο διαλύτης ήταν απιονισμένο νερό και στη δεύτερη KCl 0,15M. Η αναλογία κρέατος-διαλύτη και στις δύο μεθόδους ήταν 10%w/v. Δηλαδή αναμείχθηκαν σε ποτήρι ζέσεως, 10g κρέατος σε 100mL διαλύτη -απιονισμένο νερό και αντίστοιχα KCl 0,15M. Το pH μετρήθηκε με απλό φορητό pHμετρο και καταγράφηκαν οι τιμές ξεχωριστά για κάθε δείγμα (μαριναρισμένα και μάρτυρας).

Η επιλογή της μέτρησης του pH με μία ακόμη μέθοδο, εκτός από εκείνη με απιονισμένο νερό, έγινε για να προσεγγισθούν με μεγαλύτερη ακρίβεια οι τιμές του, που θα μπορούσαν να επηρεαστούν λόγω αραίωσης των δειγμάτων. Η αραίωση αυτή οφείλεται στην τροποποίηση της συγκέντρωσης των ιόντων που περιβάλλουν τα κύτταρα του μυϊκού ιστού και μπορεί να περιοριστεί αν η ομογενοποίηση του δείγματος γίνει με διάλυμα 0,15M KCl.

Δηλαδή το διάλυμα 0,15M KCl διαδραματίζει ρυθμιστικό ρόλο διατηρώντας σχετικά σταθερό το pH. Ο ρόλος αυτός οφείλεται στην επίδραση του κοινού ιόντος. Εάν υπάρχουν πολλά άλατα σε ένα σύστημα, ιονίζονται όλα στο διάλυμα και εάν τα άλατα περιέχουν ένα κοινό κατιόν ή ανιόν, αυτά συμβάλλουν στη συγκέντρωση του κοινού ιόντος. Ειδικότερα, σε ένα σύστημα όπως του παρόντος πειράματος, που περιέχει KCl και NaCl ή CaCl₂, τα ιόντα Cl⁻ είναι κοινά ιόντα:



αλλά η συγκέντρωσή τους σε σχέση με τη συγκέντρωση ιόντων Na^+ ή Ca^{2+} ή K^+ , διαφέρει όταν αναμειχθούν. Για παράδειγμα τα μαριναρισμένα δείγματα με CaCl_2 0,15M, όπου $[\text{Ca}^{2+}] = 0,15\text{M}$ και $[\text{Cl}^-] = 0,30\text{M}$ όταν εισαχθούν σε διάλυμα KCl 0,15M, όπου $[\text{K}^+] = 0,15\text{M}$ και $[\text{Cl}^-] = 0,15\text{M}$, τα ιόντα $[\text{Cl}^-]$ έχουν πλέον συγκέντρωση 0,45M (LibreText Chemistry, 2017).



Εικόνα 4.3: Προετοιμασία και τελικό στάδιο για τη μέτρηση του pH.

Αποτέλεσμα της προσθήκης κοινού ιόντος είναι η μείωση της διαλυτότητας, καθώς η αντίδραση μετατοπίζεται προς τα αριστερά προκαλώντας καθίζηση. Κατά συνέπεια, η διαλυτότητα μιας ιοντικής ένωσης εξαρτάται από τις συγκεντρώσεις άλλων αλάτων που περιέχουν τα ίδια ιόντα. Το φαινόμενο εξηγείται λόγω της αντίστροφης σχέσης των συγκεντρώσεων ισορροπίας κατιόντων και ανιόντων. Δηλαδή, καθώς αυξάνεται η συγκέντρωση του ανιόντος (Cl^-), μειώνεται η μέγιστη συγκέντρωση του κατιόντος (Na^+ , Ca^{2+} , K^+) που απαιτείται -και αντίστροφα- έτσι ώστε να υπάρχει ισορροπία στο διάλυμα (LibreText Chemistry, 2017).

4.4.3. Περιεκτικότητα υγρασίας

Ο προσδιορισμός της % περιεκτικότητας σε υγρασία, έγινε με πλήρη ανάμειξη του δείγματος κρέατος με άμμο και ξήρανση μέχρι σταθερού βάρους στους 103°C . Η άμμος πριν τη χρήση είχε ξηραθεί στους 150°C - 160°C και αποθηκευτεί στον ξηραντήρα. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε ήταν η εξής:

1. Μεταφέρθηκε στην κάψα ποσότητα άμμου 15g και ξηράθηκε μαζί με τη ράβδο ανάμειξης για 30min στο φούρνο, στους 103°C .

2. Η κάψα με την άμμο και τη ράβδο μεταφέρθηκαν στον ξηραντήρα για να αποκτήσουν θερμοκρασία περιβάλλοντος.
3. Ζυγίστηκαν με ακρίβεια 0,001g (m₀).
4. Μεταφέρθηκαν 5g ομογενοποιημένου δείγματος στην κάψα. Η ανάμειξη έγινε με τη βοήθεια της γυάλινης ράβδου.
5. Ζυγίστηκαν όλα τα στοιχεία (κάψα-άμμος-ράβδος -δείγμα) με ακρίβεια 0,001g (m₁) και τοποθετήθηκαν στον φούρνο για 2 ώρες στους 103°C.
6. Μεταφορά στον ξηραντήρα για να αποκτήσουν θερμοκρασία περιβάλλοντος.



Εικόνα 4.4: Αριστερά, υπολογισμός βάρους κάψας-άμμου-ράβδου και δεξιά κάψες στο φούρνο ξήρανσης.

7. Ακολούθως ζυγίστηκαν εκ νέου με ακρίβεια 0,001g (m₂).
8. Η διαδικασία επαναλήφθηκε μέχρι η διαφορά μεταξύ δύο διαδοχικών ζυγίσεων να είναι μικρότερη από το 0,1% της μάζας του δείγματος. Τα αποτελέσματα εκφράζονται με τη σχέση:

$$W(\%) = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} \times 100$$

4.4.4. Απώλεια νερού κατά το μαγείρεμα

Η θερμική επεξεργασία (βρασμός) έγινε με υδατόλουτρο. Για τον προσδιορισμό της % απώλειας νερού ακολουθήθηκε η παρακάτω διαδικασία:

1. Ζυγίστηκαν δείγματα βάρους 80±2g (B1).



Εικόνα 4.5: Ζύγισμα πριν το μαγείρεμα για τη μέτρηση % απώλειας νερού.

2. Τοποθετήθηκαν ξεχωριστά στις σακούλες, οι οποίες αριθμήθηκαν [1-6], αντίστοιχα με το άλας και την περιεκτικότητά του στο διάλυμα της μαρινάδας.
3. Τοποθετήθηκαν στο υδατόλουτρο στους 75°C επί 20min.
4. Ψύχθηκαν σε υδατόλουτρο για 15min.
5. Παρέμειναν μέχρι να έλθουν σε θερμοκρασία δωματίου.
6. Ζυγίστηκαν εκ νέου (B2).

Η απώλεια νερού (%) υπολογίστηκε από τη σχέση:

$$\text{Απώλεια νερού κατά το μαγείρεμα (\%)} = \frac{B_1 - B_2}{B_1} \times 100$$

4.4.5. Υπολογισμός βάρους μετά το μαρινάρισμα

Για τον υπολογισμό της % αύξησης βάρους μετά το μαρινάρισμα η διαδικασία που ακολουθήθηκε έχει ως εξής:

1. Απομάκρυνση κρέατος από την μαρινάδα.
2. Στέγνωμα με χαρτί κουζίνας, για την αφαίρεση της επιφανειακής υπερβολικής υγρασίας.
3. Ζύγισμα με ακρίβεια 0,001g (τελικό βάρος).

Το ποσοστό αύξησης βάρους του στεγνωμένου/μαριναρισμένου δείγματος, υπολογίστηκε σε σχέση με το βάρος που είχε πριν τοποθετηθεί στη μαρινάδα (αρχικό βάρος) από τη σχέση:

$$\text{Αύξηση βάρους (\%)} = \frac{\text{Τελικό βάρος} - \text{Αρχικό βάρος}}{\text{Αρχικό βάρος}} \times 100$$

4.5. Ημερολόγιο πειραμάτων

Σε κάθε επανάληψη τηρήθηκαν τα πρωτόκολλα δειγματοληψίας και αναλύσεων, όπως αναφέρθηκαν, και οι ημερήσιες διαδικασίες εξελίσσονταν ως εξής:

1η ημέρα: Προμήθεια κρέατος και άμεση μεταφορά του στο εργαστήριο. Κοπή, τοποθέτηση των 6 μερών σε αντίστοιχα βάζα με μαρινάδες και εισαγωγή στο ψυγείο. Καταγραφή της ώρας. Ανάλυση του αμαρινάριστου κρέατος (7^ο μέρος, μάρτυρας): μέτρηση pH με νερό και KCl, υπολογισμός % απώλειας νερού μετά το υδατόλουτρο, τοποθέτηση κρέατος στις κάψες ξήρανσης (2 δείγματα) και μεταφορά στον φούρνο ξήρανσης.

2η ημέρα: Αφαίρεση των 2 καψών από τον φούρνο και τοποθέτηση στον ξηραντήρα έως ότου έρθουν σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, χωρίς να πάρουν υγρασία. Ζύγιση με ακρίβεια 0,001g.

4η ημέρα: Αφαίρεση του κρέατος από τα διαλύματα μετά από ακριβώς 72 ώρες και στράγγιση αυτού. Διαχωρισμός σε δοχεία τα οποία είχαν επισημανθεί με βάση το άλας και τη συγκέντρωσή του στο διάλυμα. Αναλύσεις όλων των ομάδων δειγμάτων: ζύγιση μετά τη στράγγιση για τον υπολογισμό της % αύξησης βάρους, μέτρηση pH με νερό και KCl, υδατόλουτρο σε αριθμημένα για το κάθε δείγμα σακουλάκια, και τέλος τοποθέτηση 2 δειγμάτων κρέατος για κάθε διάλυμα σε κάψα και μεταφορά στον φούρνο για ξήρανση.

5η ημέρα: Αφαίρεση των καψών από το φούρνο και τοποθέτηση στον ξηραντήρα έως ότου έρθουν σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, χωρίς να πάρουν υγρασία, και ζύγιση με ακρίβεια 0,001g για τον υπολογισμό % υγρασίας. Τοποθέτηση νέων καψών με άμμο στο φούρνο ξήρανσης, ώστε να είναι έτοιμη για την επόμενη επανάληψη που ξεκινούσε μετά από 72 ώρες.

4.6. Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα των πειραμάτων καταγράφονταν κάθε φορά, ανά ημέρα και επανάληψη και αποτυπώνονται συγκριτικά στον Πίνακα 4.1.

Πίνακας 4.1. Αποτελέσματα πειράματος, ανά επανάληψη και περιεκτικότητα διαλύματος σε NaCl και CaCl₂.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ		ΝΩΠΟ*	ΜΑΡΙΝΑΡΙΣΜΕΝΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ					
			NaCl			CaCl ₂		
			0,34M	0,68M	1,08M	0,05M	0,10M	0,15M
1 ^η ΔΟΚΙΜΗ	pH H ₂ O	6,02	5,75	5,81	5,99	6,06	5,88	5,92
	pH KCl	5,99	5,51	5,44	5,66	5,86	5,68	6,03
	Υγρασία (%)	74,95	79,32	81,02	79,45	80,13	76,49	81,10
	% ↓ H ₂ O (%)	18,72	26,36	27,36	23,70	36,65	29,57	18,85
	% ↑ βάρους (%)		13,48	13,48	26,76	4,03	5,21	7,78
2 ^η ΔΟΚΙΜΗ	pH H ₂ O	5,24	5,95	6,08	5,94	6,06	6,11	5,61
	pH KCl	5,35	5,65	5,76	5,67	5,77	5,76	5,62
	Υγρασία (%)	75,12	81,18	80,73	81,23	78,94	79,84	79,98
	% ↓ H ₂ O (%)	25,88	35,87	39,05	37,91	38,75	33,78	36,67
	% ↑ βάρους (%)		15,18	27,35	37,29	6,67	7,75	9,31
3 ^η ΔΟΚΙΜΗ	pH H ₂ O	5,34	5,89	5,92	5,96	6,08	5,23	5,65
	pH KCl	5,54	5,63	5,68	5,70	5,08	5,72	5,68
	Υγρασία (%)	76,77	81,47	83,26	82,35	80,61	80,84	80,47
	% ↓ H ₂ O (%)	23,29	31,50	33,27	36,05	32,88	31,67	30,98
	% ↑ βάρους (%)		23,63	36,83	38,80	8,28	10,80	10,80

*Αμαρινάριστα δείγματα. ↓: απώλεια ↑: αύξηση

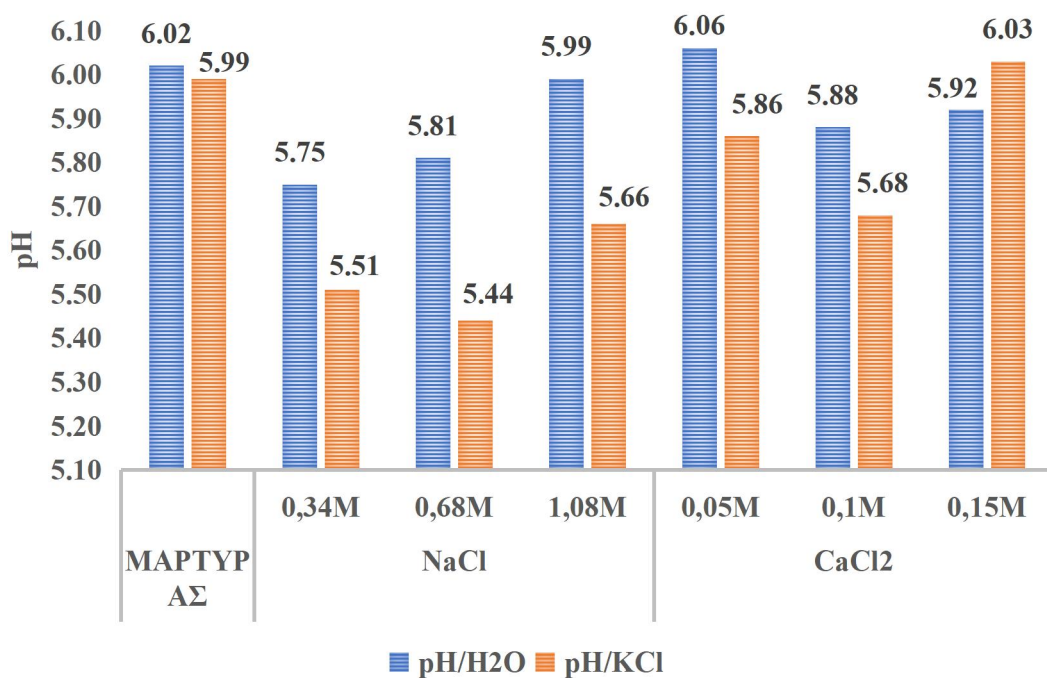
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΣΥΖΗΤΗΣΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

5.1. Επίδραση στο pH

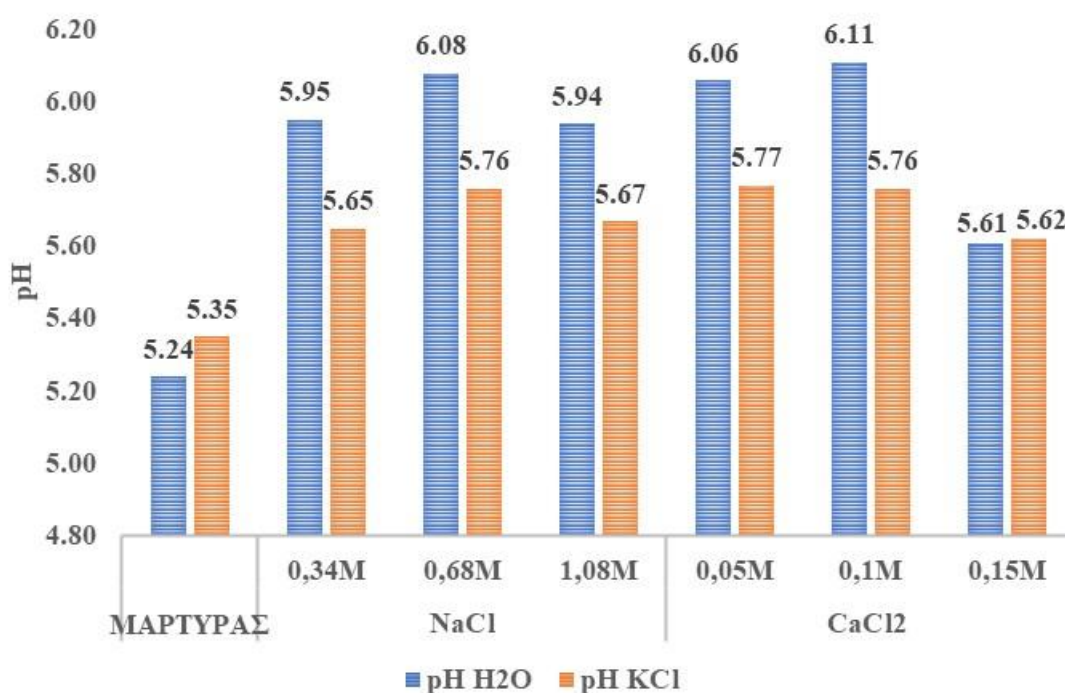
Τα αποτελέσματα μαριναρίσματος με NaCl και CaCl₂ διαπιστώθηκαν ποικίλα τόσο μεταξύ τους, όσο και σε σχέση με τις συγκεντρώσεις στο διάλυμα αλλά και μεταξύ των επαναλήψεων. Στην πρώτη δοκιμασία με NaCl τριών διαφορετικών συγκεντρώσεων στο διάλυμα διαπιστώθηκε μείωση του pH μαριναρισμένου κρέατος σε σχέση με εκείνο του αμαρινάριστου και με τις δύο μεθόδους υπολογισμού του, δηλαδή σε νερό και σε διάλυμα KCl (στο εξής pH /H₂O και pH/KCl).

Από την άλλη πλευρά, στις μαρινάδες με CaCl₂ στην ίδια δοκιμασία διαπιστώθηκε ελαφρά μείωση του pH σε τέσσερις από τις έξι μετρήσεις και στις άλλες δύο σημειώθηκε αύξηση (+0,04). Αύξηση μετρήθηκε στο διάλυμα CaCl₂ 0,05M/H₂O και στο διάλυμα CaCl₂ 0,15M/ KCl. Η μέγιστη τιμή pH διαπιστώθηκε στο διάλυμα CaCl₂ 0,05M και ανήλθε σε 6,06 έναντι 6,02 του μάρτυρα, με μέτρηση H₂O.



Διάγραμμα 5.1: Μεταβολή του pH/H₂O και pH/KCl μετά από μαρινάρισμα σε διαλύματα NaCl και CaCl₂ τριών διαφορετικών συγκεντρώσεων (M), στην πρώτη δοκιμασία.

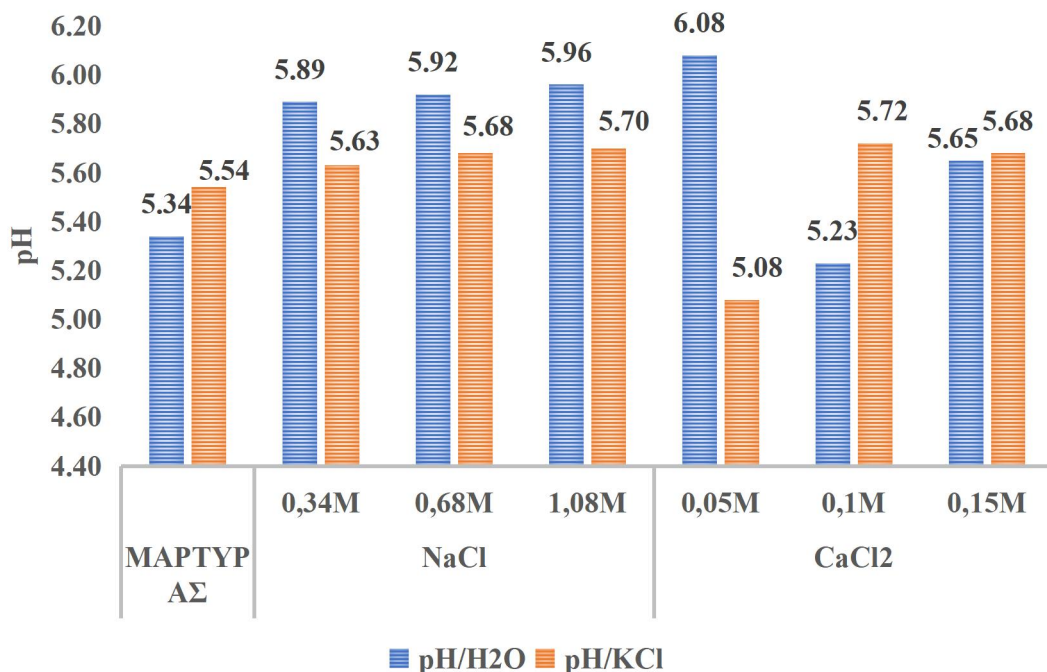
Στη δεύτερη δοκιμασία, στα διαλύματα NaCl σημειώθηκε αύξηση του pH, συγκριτικά με το pH του αμαρινάριστου, σε όλες τις μετρήσεις. Η μεγαλύτερη αύξηση (+0,84) μετρήθηκε σε NaCl 0,68M /H₂O. Στην ίδια επανάληψη διαπιστώθηκε αύξηση του pH σε όλες τις μετρήσεις και των διαλυμάτων CaCl₂. Οι μεγαλύτερες αυξήσεις σημειώθηκαν στα διαλύματα CaCl₂ 0,10M/H₂O και CaCl₂ 0,05M/H₂O (+0,87 και +0,82 αντίστοιχα). Συνολικά, στην επανάληψη αυτή, το μέγιστο pH διαπιστώθηκε στο διάλυμα CaCl₂ 0,10M/ H₂O και υπολογίστηκε σε 6,11 έναντι 5,24 του μάρτυρα.



Διάγραμμα 5.2: Μεταβολή του pH/H₂O και pH/KCl μετά από μαρινάρισμα σε διαλύματα NaCl και CaCl₂ τριών διαφορετικών συγκεντρώσεων (M), στη δεύτερη δοκιμασία.

Στην τρίτη δοκιμασία διαπιστώθηκε επίσης αύξηση του pH σε όλα τα διαλύματα NaCl. Γενικά η αύξηση ήταν μικρότερη στη μέτρηση pH/KCl και στις τρεις συγκεντρώσεις. Η μεγαλύτερη αύξηση (+0,62) παρατηρήθηκε σε NaCl 1,08M /H₂O. Ομοίως, αύξηση μετρήθηκε και στα διαλύματα CaCl₂ με εξαίρεση τις μετρήσεις CaCl₂ 0,1M/H₂O και CaCl₂ 0,05M/KCl (μειωμένο pH κατά -0,11 και -0,46, αντίστοιχα). Το pH 6,08 που μετρήθηκε στο διάλυμα CaCl₂ 0,05M/H₂O παραμένει το υψηλότερο σε σχέση με εκείνο του αμαρινάριστου (5,34) σε αυτήν την επανάληψη. Άξιο αναφοράς είναι ότι στο ίδιο διάλυμα CaCl₂ 0,05M, κατά τη μέτρηση με H₂O

διαπιστώθηκε η μεγαλύτερη αύξηση pH και με μέτρηση σε KCl μείωση, ενώ στο αμαρινάριστο δεν υπήρχε μεγάλη απόκλιση τιμών, μεταξύ των δύο μετρήσεων (Διάγραμμα 5.3).



Διάγραμμα 5.3: Μεταβολή του pH/H₂O και pH/KCl μετά από μαρινάρισμα σε διαλύματα NaCl και CaCl₂ τριών διαφορετικών συγκεντρώσεων (M), στην τρίτη δοκιμασία.

Μια πρώτη διαπίστωση είναι η διακύμανση των τιμών του pH, μεταξύ της πρώτης και των άλλων δύο επαναλήψεων. Στην πρώτη δοκιμή όλα τα διαλύματα NaCl μείωσαν το pH, ενώ μόνο δύο από τα διαλύματα CaCl₂ ήταν ικανά να το αυξήσουν. Αντίθετα στις άλλες δοκιμές μόνο σε 4 περιπτώσεις μετρήθηκε μειωμένο pH έναντι του μάρτυρα. Αυτό ενδεχομένως να οφείλεται στη διαφορετική ποιότητα νωπού κρέατος.

Το αμαρινάριστο δείγμα της 1^{ης} δοκιμής είχε pH από 6,02 έως 5,99 στις αντίστοιχες με H₂O και KCl μετρήσεις του. Στα αμαρινάριστα δείγματα των άλλων δύο δοκιμών μετρήθηκε μεταξύ 5,25 και 5,54. Λαμβάνοντας υπ' όψιν ότι φυσιολογικά το pH του χοιρινού μυϊκού ιστού, κυμαίνεται γύρω στο 7 και ότι 24 ώρες μετά τη θανάτωση του ζώου φθάνει 5,5–5,8, προφανώς κάτι τέτοιο δεν συνέβη στο δείγμα μας. Έτσι, για το δείγμα της πρώτης δοκιμής αναφερόμαστε, οριακά, σε ένα κρέας με στεγνό, ξηρό και σκοτεινό μυϊκό ιστό (DFD, pH>6,0). Ωστόσο εκτός φυσιολογικών κατώτερων ορίων pH διαπιστώθηκαν και τα δείγματα των άλλων δύο,

με οριακή τη μία μέτρηση. Οι επιπτώσεις στο τελικό αποτέλεσμα που μπορεί να έχει το χαμηλό pH του αμαρινάριστου δείγματος περιγράφεται στη βιβλιογραφία και γενικά τα όρια $6,0 > \text{pH} \geq 5,5$, θεωρούνται τα κατάλληλα για τη βελτιστοποίηση του αποτελέσματος μετά το μαγείρεμα (Dilger, 2021. Tornberg, 1996. Asghar & Pearson, 1980).

Η δεύτερη διαπίστωση είναι ότι τα δύο άλατα δεν παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές στην επίδρασή τους στο pH, αλλά υπάρχει μια διακύμανση ανάλογα με τη συγκέντρωσή τους στο διάλυμα (Πίν. 5.1). Και τα δύο ευρήματα είναι σε σχετική συμφωνία με τα αποτελέσματα άλλων μελετών.

ΔΕΙΓΜΑΤΑ	ΜΕΤΡΗΣΗ σε KCl		ΜΕΤΡΗΣΗ σε H ₂ O	
	M.O. pH	Σ pH	M.O. pH	Σ pH
Μάρτυρας	5,63	0,27	5,53	0,35
NaCl 0,34M	5,60	0,06	5,86	0,08
NaCl 0,68M	5,63	0,14	5,94	0,11
NaCl 1,08M	5,68	0,02	5,96	0,02
CaCl ₂ 0,05M	5,57	0,35	6,07	0,01
CaCl ₂ 0,10M	5,72	0,03	5,74	0,37
CaCl ₂ 0,15M	5,78	0,18	5,73	0,14

Πίνακας 5.1: Μέσος όρος (M.O.) και τυπική απόκλιση (Σ) τιμών pH των 7 διαλυμάτων, στις τρεις δοκιμασίες με τις δύο μεθόδους μέτρησης (KCl και H₂O).

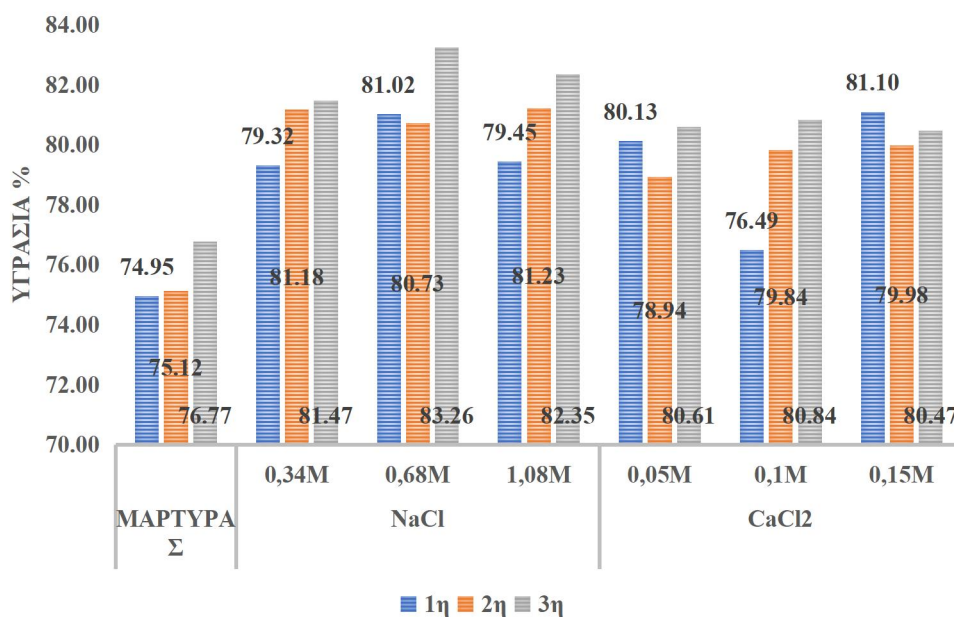
Οι Kim et al. (2006) διαπίστωσαν αύξηση του pH λόγω μαριναρίσματος με NaCl και οι Detienne & Wicker (1999) επισήμαναν τις διακυμάνσεις στην τιμή του, της τάξης 5,69 -6,10, ανάλογα με τη συγκέντρωση του NaCl στο διάλυμα. Επιπλέον, στη μελέτη των Sheard & Tali (2004) η ελάχιστη τιμή pH που μετρήθηκε σε διάλυμα NaCl ήταν 5,36 και ήταν μειωμένη έναντι του μάρτυρα (100% νερό). Στο παρόν πείραμα η ελάχιστη τιμή pH σε διάλυμα NaCl ήταν 5,44, επίσης μειωμένη έναντι του μάρτυρα, και διαπιστώθηκε στη συγκέντρωση 0,68M με μέτρηση KCl. Στη συγκέντρωση αυτή διαπιστώθηκε και η μεγαλύτερη τυπική απόκλιση τιμών pH στα διαλύματα NaCl, ανεξάρτητα από τη μέθοδο μέτρησης (Πίν. 5.1).

Επίσης, από πολλές μελέτες επί διαφόρων ειδών κρεάτων, προκύπτει αύξηση της τιμής του pH υπό την επίδραση CaCl₂ (Pérez et al., 1998), αν και τα αποτελέσματα είναι αντικρουόμενα (Vidal, et al., 2020). Συνήθως, βέβαια, μελετώνται οι θετικές επιδράσεις του αλάτος αυτού στην τρυφερότητα του κρέατος ή/και η συνδυαστική δράση του με άλλα άλατα. Ωστόσο, ο ρόλος του pH παραμένει

σημαντικός για το τελικό αποτέλεσμα, και ορισμένοι εκτιμούν ότι το CaCl_2 σημειώνει πολύ θετικές επιδράσεις στην ικανότητα συγκράτησης νερού, όπως σχολιάζεται στη συνέχεια (Klinhom et al., 2015. McFarlane & Unruh, 1996).

5.2. Επίδραση στην υγρασία, στην απώλεια νερού και στη μάζα

Στα διαλύματα NaCl δεν διαπιστώθηκε μεγάλη αύξηση της % υγρασίας των δειγμάτων, σχετικά με τα αμαρινάριστα, σε όλες τις επαναλήψεις. Η μέγιστη αύξηση (+6,49%) παρατηρήθηκε στην 3^η δοκιμή στο διάλυμα NaCl 0,68M και η ελάχιστη (+4,37%) στο διάλυμα NaCl 0,34M της 1^{ης} δοκιμής. Ειδικότερα, η αύξηση % της υγρασίας ήταν μεγαλύτερη με το διάλυμα NaCl 0,68M σε όλες τις δοκιμές (Διάγραμμα 5.6).



Διάγραμμα 5.4: Μεταβολές της % υγρασίας μετά την ξήρανση στον φούρνο, των μαριναρισμένων σε διαλύματα NaCl και CaCl_2 δειγμάτων, τριών διαφορετικών συγκεντρώσεων (M), στις τρεις δοκιμασίες.

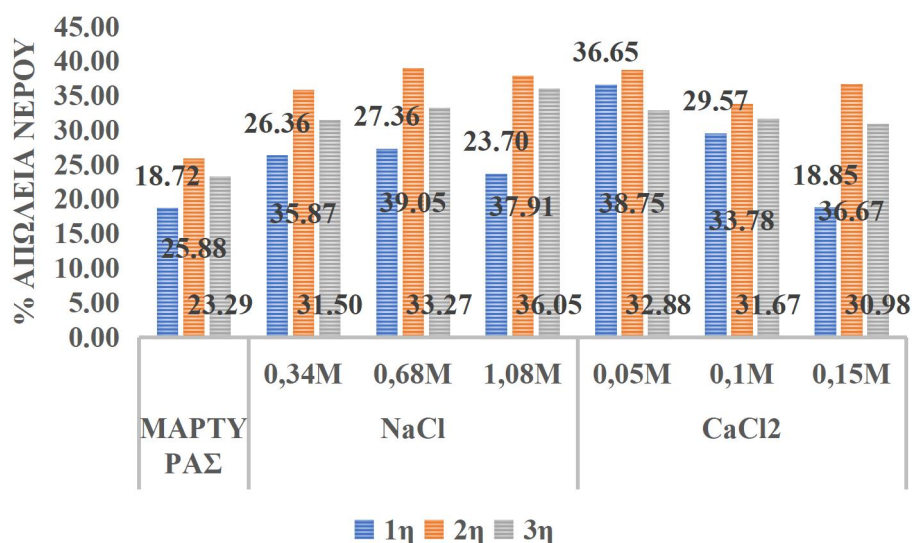
Στα διαλύματα CaCl_2 εμφανίζεται ελαφρώς μεγαλύτερη διακύμανση σε σχέση με το μάρτυρα. Η μέγιστη αύξηση (+6,15%) διαπιστώθηκε στην πρώτη επανάληψη στο διάλυμα CaCl_2 0,15M και η ελάχιστη (+1,54%) στην ίδια επανάληψη, στο διάλυμα CaCl_2 0,10M. Το διάλυμα με συγκέντρωση 0,15M CaCl_2 , εμφανίζει σε

όλες τις επαναλήψεις τις μεγαλύτερες αυξήσεις της % υγρασίας. Συγκριτικά, μεταξύ των δύο αλάτων, φαίνεται ότι το μαρινάρισμα με NaCl αυξάνει περισσότερο την % υγρασία (Πίν. 5.2).

ΔΕΙΓΜΑΤΑ	Μέση τιμή	Τυπική Απόκλιση
Μάρτυρας	75,61	0,82
NaCl 0,34M	80,66	0,95
NaCl 0,68M	81,67	1,13
NaCl 1,08M	81,01	1,19
CaCl ₂ 0,05M	79,89	0,70
CaCl ₂ 0,10M	79,06	1,86
CaCl ₂ 0,15M	80,52	0,46

Πίνακας 5.2: Μέσος όρος και τυπική απόκλιση της % υγρασίας των 7 διαλυμάτων, στις τρεις δοκιμασίες.

Η απώλεια νερού των μαριναρισμένων δειγμάτων παρουσίασε μια διακύμανση της τάξης από σχεδόν ίση έως και σχεδόν διπλάσια με την % απώλεια των αμαριναριστών δειγμάτων. Στην πρώτη δοκιμασία με 18% απώλεια νερού του μάρτυρα, στο διάλυμα CaCl₂ 0,05M μετρήθηκε απώλεια 36,65%. Στο διάλυμα CaCl₂ 0,15M, όπου διαπιστώνεται και η μεγαλύτερη τυπική απόκλιση (Πίν. 5.3) διαπιστώθηκε σχεδόν ίση με του μάρτυρα (18,85%). Στα δείγματα των διαλυμάτων NaCl η απώλεια νερού ήταν σταθερά μεγαλύτερη έναντι του μάρτυρα.



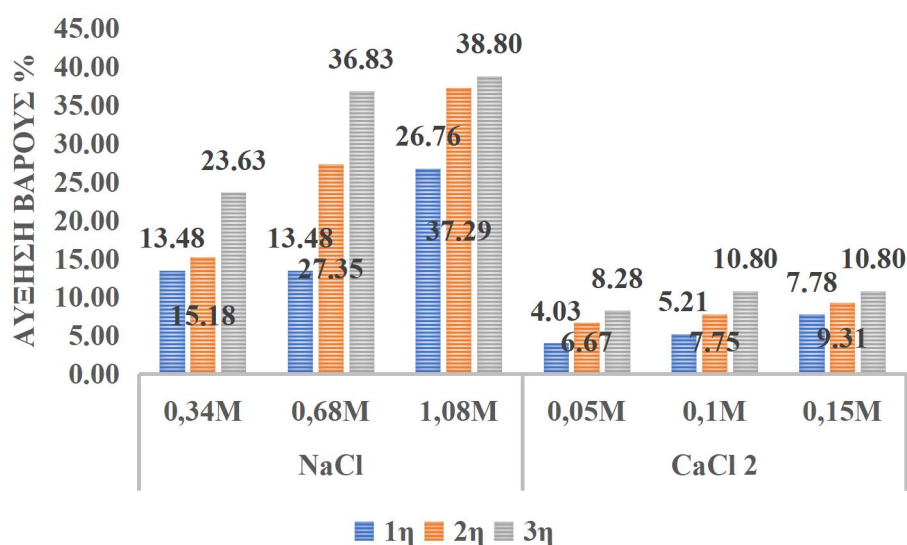
Διάγραμμα 5.5: Απώλεια % νερού κατά το μαγείρεμα μαριναρισμένων σε διαλύματα NaCl και CaCl₂ δειγμάτων, τριών διαφορετικών συγκεντρώσεων (M), στις τρεις δοκιμασίες.

Η μικρότερη αύξηση διαπιστώθηκε στην πρώτη δοκιμασία στο διάλυμα NaCl 1,08M (23,7% έναντι 18,85% του μάρτυρα) και η μεγαλύτερη στη 2^η δοκιμασία στο διάλυμα NaCl 0,68M (39,05% έναντι 25,88% του μάρτυρα). Συνολικά η % απώλεια νερού στα δείγματα μαριναρισμένα με CaCl₂ μετρήθηκε ελαφρώς μικρότερη σε σχέση με τα μαριναρισμένα σε διάλυμα NaCl.

ΔΕΙΓΜΑΤΑ	Μέση τιμή	Τυπική Απόκλιση
Μάρτυρας	22,63	2,96
NaCl 0,34M	31,24	3,89
NaCl 0,68M	33,23	4,77
NaCl 1,08M	32,55	6,31
CaCl ₂ 0,05M	36,09	2,43
CaCl ₂ 0,10M	31,67	1,72
CaCl ₂ 0,15M	28,83	7,43

Πίνακας 5.3: Μέσος όρος και τυπική απόκλιση της % απώλειας νερού των 7 διαλυμάτων, στις τρεις δοκιμασίες.

Η αύξηση βάρους μετά το μαρινάρισμα των δειγμάτων με διαλύματα NaCl είναι μεγαλύτερη εκείνης που διαπιστώθηκε στα μαριναρισμένα με CaCl₂. Η μέγιστη αύξηση βάρους σημειώθηκε στο NaCl 1,08M, στην 3^η δοκιμασία, όπου έφθασε σε ποσοστό 38,8%. Η ελάχιστη (4,03%) μετρήθηκε στο διάλυμα CaCl₂ 0,05M στην 1^η δοκιμασία. Στην 3^η δοκιμασία, παρατηρήθηκε συνολικά και στις 6 ομάδες δειγμάτων μεγαλύτερη αύξηση βάρους σε σχέση με την 1^η και τη 2^η.

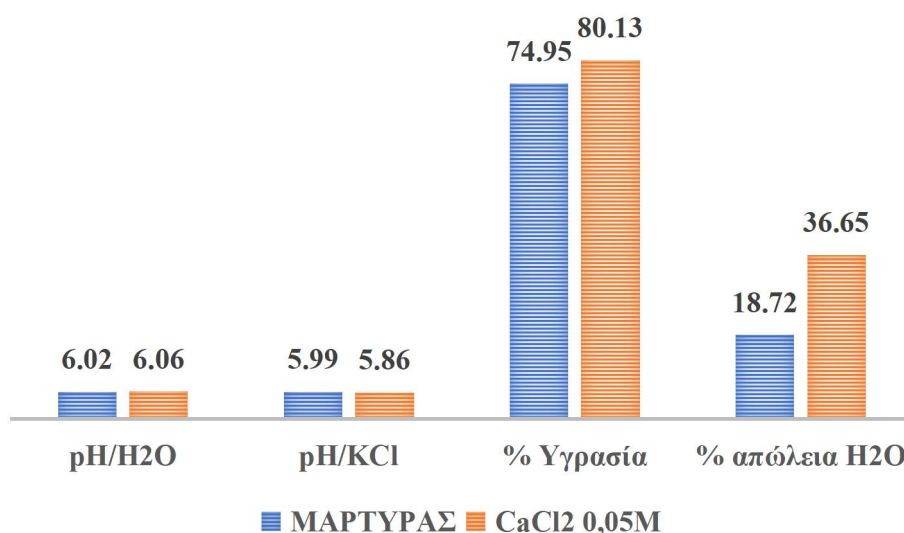


Διάγραμμα 5.6: Αύξηση % βάρους μετά το μαρινάρισμα των δειγμάτων σε διαλύματα NaCl και CaCl₂ τριών διαφορετικών συγκεντρώσεων (M), στις τρεις δοκιμασίες.

Λαμβάνοντας υπόψιν όσα αναφέρθηκαν στο θεωρητικό μέρος, τα ευρήματα αυτά σχετίζονται άμεσα με το pH του κρέατος, τόσο πριν όσο και μετά το μαρινάρισμα. Άλλωστε η μείωση του pH στο χοιρινό κρέας περιορίζει το διαθέσιμο χώρο για την κίνηση νερού οδηγώντας στην αποβολή του κατά το μαγείρεμα. Κατά συνέπεια η αύξησή του, μέσω του μαρινάρισματος, αποτελεί μια κρίσιμη διαδικασία για την τρυφερότητα του κρέατος (Dilger, 2021. Joo et al.,1999).

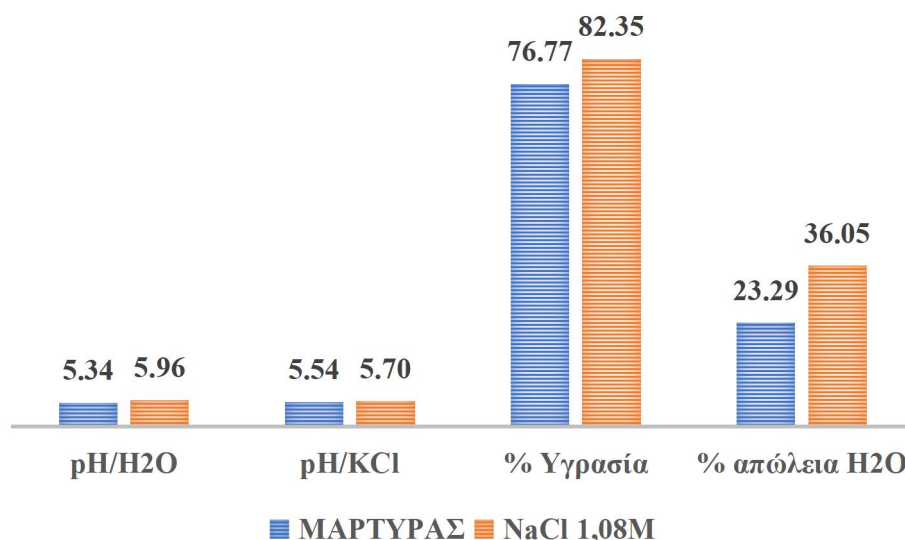
Υπό αυτήν την έννοια, παρουσιάζει εξαιρετικό ενδιαφέρον η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της παρούσας έρευνας με βάση τις τιμές pH των έξι διαλυμάτων. Για παράδειγμα στην πρώτη δοκιμασία, το διάλυμα CaCl₂ με συγκέντρωση 0,05M εμφανίζει τη μέγιστη αύξηση pH, η οποία ωστόσο είναι πολύ κοντά στην τιμή του αμαρινάριστου δείγματος (6,06 έναντι 5,99-6,02 του μάρτυρα).

Το ίδιο διάλυμα στην ίδια δοκιμασία εμφανίζει διπλάσια απώλεια νερού έναντι του μάρτυρα (Διάγραμμα 5.7) και την ελάχιστη αύξηση βάρους σε σχέση με όλα τα διαλύματα (NaCl και CaCl₂) σε όλες τις δοκιμασίες.



Διάγραμμα 5.7: Επίδραση διαλύματος CaCl₂ 0,05M στην 1^η δοκιμή, συγκριτικά με το μάρτυρα και τη μεταβολή του pH.

Ομοίως, στην 3^η δοκιμασία στο διάλυμα NaCl 1,08M μετρήθηκε η μέγιστη αύξηση pH (5,70-5,96 έναντι 5,34-5,54 του μάρτυρα) αλλά και πολύ υψηλή υγρασία (82,35% έναντι 76,77% του μάρτυρα) και μεγαλύτερη απώλεια νερού (36,05% έναντι 23,29%).



Διάγραμμα 5.8: Επίδραση διαλύματος NaCl 1,08M στην 3^η δοκιμή, συγκριτικά με το μάρτυρα και τη μεταβολή του pH.

Τα αποτελέσματα είναι ως ένα βαθμό σύμφωνα με εκείνα σχετικών μελετών και πλήρως ασύμφωνα με ορισμένα άλλα. Οι Pérez et al. (1998) ανέφεραν μείωση της ικανότητας συγκράτησης νερού στο κρέας που υποβλήθηκε σε μαρινάρισμα CaCl₂, την οποία απέδωσαν στην εμφάνιση πρωτεόλυσης των μυοϊνιδιακών πρωτεϊνών και στη μείωση του pH στα δείγματα. Οι Klinthom et al. (2005) αναφέρουν ότι η εφαρμογή CaCl₂ στο μαρινάρισμα (αποκλειστικά ή σε συνδυασμό) βελτίωσε την ικανότητα συγκράτησης νερού μειώνοντας έτσι τις απώλειες κατά το μαγείρεμα. Οι McFarlane & Unruh (1996) εκτίμησαν ότι η τρυφερότητα του χοιρινού κρέατος μπορεί να ενισχυθεί με έγχυση CaCl₂.

Οι Kim et al. (2006) κατέγραψαν υψηλότερη ικανότητα συγκράτησης νερού, στα μαριναρισμένα τεμάχια χοιρινού με συνδυασμό χλωριούχου και φωσφορικού νατρίου. Οι Detienne & Wicker (1999) μελετώντας δείγματα χοιρινού που είχαν επεξεργασθεί με μαρινάδες NaCl και STTP (ξεχωριστά ή συνδυαστικά) διαπίστωσαν διακύμανση σε όλες τις παραμέτρους: αύξηση μάζας 8,3%-14,3%, pH 5,69-6,10, απώλεια κατά το μαγείρεμα 16,3%-36,1% και επίπεδα υγρασίας 60%-70,2%, ενώ επισήμαναν τη χρήση και των δύο αλάτων για βέλτιστη απόδοση.

5.3. Συμπέρασμα

Η παρούσα έρευνα δεν ανέδειξε πολύ σημαντικές διαφορές από την επεξεργασία ελληνικής χοιρινής σπάλας με μαρινάδες NaCl και CaCl₂, με εξαίρεση

την αύξηση βάρους μετά το μαρινάρισμα που διαπιστώθηκε μεγαλύτερη στα δείγματα που είχαν μαριναριστεί σε διαλύματα NaCl.

Οι επαναλήψεις είχαν περιορισμούς με σημαντικότερο την έλλειψη πληροφόρησης για την ποιότητα των δειγμάτων, η οποία σχετίζεται με μια σειρά παραγόντων όπως το φύλο, η ηλικία, η προθανάτια διαχείριση του ζώου, η θερμοκρασία συντήρησης του κρέατος, και άλλα σημαντικά στοιχεία (Kim et al., 2016).

Ωστόσο, ο περιορισμός αυτός ανέδειξε κάποια στοιχεία τα οποία ενδεχομένως να είναι χρήσιμα για άλλες μελέτες. Επίσης, αναδεικνύοντας τις ικανότητες κάθε άλατος ξεχωριστά, μπορεί να είναι δόκιμο να επαναληφθεί το πείραμα με την προσθήκη διαλυμάτων που θα περιέχουν NaCl και CaCl₂, σε διαφορετικές περιεκτικότητες για την εύρεση του αποδοτικότερου συνδυασμού.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Albarracín, W., Sánchez, I., Grau, R., Barat, J., 2011. Salt in food processing; usage and reduction: A review. *International Journal of Food Science & Technology*. 46(7):1329 - 1336. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2010.02492.x
- Anderson, E.N., 1990. *The Food of China* (2nd Ed.). Yale University Press, New Haven.
- Asghar, A., Pearson, A.M., 1980. Influence of ante- and postmortem treatments upon muscle composition and meat quality. *Advances in Food Research*, 26:53-213. [Abstract]. DOI:10.1016/S0065-2628(08)60318-3.
- Astrup A., Magkos F., Bier D, et al. (2020) Saturated Fats and Health: A Reassessment and Proposal for Food-Based Recommendations. *Journal of the American College of Cardiology*, Aug, 76 (7): 844–857. DOI: 10.1016/j.jacc.2020.05.077
- Astrup A., Magkos F., Bier D, et al. (2020) Saturated Fats and Health: A Reassessment and Proposal for Food-Based Recommendations. *Journal of the American College of Cardiology*, Aug, 76 (7): 844–857. DOI: 10.1016/j.jacc.2020.05.077
- Atlas Obscura, n.d. Ancient Egyptian Beef Shoulder. [Διαδίκτυο]. Διεύθυνση πρόσβασης <https://www.atlasobscura.com/places/beef-case-egypt-mummy-metropolitan-museum> (εξακριβώθηκε 31 Οκτ. 2022).
- Βαλαβανίδης, Α., Ευσταθίου, Κ., 2011. Η χημική ένωση του μήνα: Na⁺Cl⁻. «Η Χημική Ένωση του Μήνα», Τμήμα Χημείας, Σχολή Φυσικομαθηματικής, ΕΚΠΑ. [Διαδίκτυο]. Διεύθυνση πρόσβασης http://195.134.76.37/chemicals/chem_NaCl.htm (εξακριβώθηκε 3 Νοεμ. 2022).
- Barat, J.M., Baigts, D., Aliño, M. et al., 2011. Kinetics studies during NaCl and KCl pork meat brining. *Journal of Food Engineering*, 106(1): 102-110. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2011.04.022
- Barat, J.M., Baigts, D., Aliño, M., Fernández, F.J., Pérez-García, V.M., 2021. Kinetics studies during NaCl and KCl pork meat brining. *Journal of Food Engineering*, 106(1): 102-110. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2011.04.022
- Bell, R.G., 1993. Development of the principles and practises of meat hygiene: A microbiologist's perspective. *Food Control* 4(3):134-40
- Benn, C., 2002. *China's Golden Age: Everyday Life in the Tang Dynasty*. Oxford University Press, Oxford
- Blonder, G., 2011. Follow the Salt. [Διαδίκτυο]. Διεύθυνση πρόσβασης <https://genuineideas.com/ArticlesIndex/diffusion.html> (εξακριβώθηκε 1 Δεκ. 2022).
- Braham, S.A., Siar, E.H., Arana-Peña, S., Carballares, D., Morellon-Sterling, R., Bavandi, H, de Andrades, D., Kornecki J.F., Fernandez-Lafuente R., 2021. Effect of Concentrated Salts Solutions on the Stability of Immobilized Enzymes: Influence of Inactivation Conditions and Immobilization Protocol. *Molecules* 26(4):968. DOI: 10.3390/molecules26040968
- Burton, J., n.d. The Science Behind Brining. [Διαδίκτυο]. Διεύθυνση πρόσβασης <https://stellaculinary.com/content/brine/science-behind-brining.pdf> (εξακριβώθηκε 29 Νοεμ. 2022).

- Byron, W.J., 2012. Marination: Processing Technology. In Hui, Y.H. (ed.) Handbook of Meat and Meat Processing (2th Ed.), pp 495-504. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.
- Cannon, J.E., McKeith, F.K., Martin, S.E. et al., 1993. Acceptability and Shelf-life of Marinated Fresh and Precooked Pork. Journal of Food Science, 58(6):1249-1253 [Abstract]. DOI:10.1111/j.1365-2621.1993.tb06158.x
- Chang, K.C., 1977. Food in Chinese culture: anthropological and historical perspectives. Yale University Press, New Haven and London.
- Christensen, D., 2020. Marinating Meat Safely. Food and Nutrition. Extension-Utah State University. [Διαδίκτυο]. Διεύθυνση πρόσβασης https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1307&context=extension_curall (εξακριβώθηκε 14 Νοεμ. 2022).
- Clark, K.A., Ikram, S., Evershed, R.P., 2013. Organic chemistry of balms used in the preparation of pharaonic meat mummies. Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS) 110 (51): 20392-20395. DOI: 10.1073/pnas.1315160110
- Collados, A., Conversa, V., Fombellida, M., Rozas, S., Kim, J.H., Arbolea, J.C., Román, M., Perezábad, L. 2020. Applying food enzymes in the kitchen. International Journal of Gastronomy and Food Science, 21:100212. DOI: 10.1016/j.ijgfs.2020.100212
- Cook's Illustrated, n.d. Blooming in Oil for Flavor. [Διαδίκτυο]. Διεύθυνση πρόσβασης https://www.americanastestkitchen.com/cooksillustrated/how_tos/6581-blooming-in-oil-for-flavor (εξακριβώθηκε 2 Νοεμ. 2022).
- Cording, J., 2019. All You Need to Know About Oil Smoke Point. Michelin Guide. [Διαδίκτυο]. Διεύθυνση πρόσβασης <https://guide.michelin.com/us/en/article/features/oil-smoke-point-cooking-quality-safety> (εξακριβώθηκε 2 Νοεμ. 2022).
- DeHart, R., n.d. Tasting the History of Barbecue. Tennessee State Museum [Διαδίκτυο]. Διεύθυνση πρόσβασης <https://tnmuseum.org/Stories/posts/tasting-the-history-of-barbecue?locale=en> (εξακριβώθηκε 1 Νοεμ. 2022).
- Detienne, N.A. and Wicker, L., 1999. Sodium Chloride and Tripolyphosphate Effects on Physical and Quality Characteristics of Injected Pork Loins. Journal of Food Science, 64(6):1042-1047. DOI: 10.1111/j.1365-2621.1999.tb12278.x
- Diffen, n.d. Diffusion and Osmosis. [Διαδίκτυο]. Διεύθυνση πρόσβασης https://www.diffen.com/difference/Diffusion_vs_Osmosis (εξακριβώθηκε 28 Νοεμ. 2022).
- Dilger, A., 2021. Getting Back to Basics: The Role of pH in Pork Quality. [Διαδίκτυο]. Διεύθυνση πρόσβασης <https://www.porkbusiness.com/news/hog-production/getting-back-basics-role-ph-pork-quality> (εξακριβώθηκε 20 Δεκ 2022).
- Dimakopoulou-Papazoglou, D., Katsanidis, E., 2020. Osmotic Processing of Meat: Mathematical Modeling and Quality Parameters. Food Engineering Reviews, 12(1):32-47. DOI: 10.1007/s12393-019-09203-1
- Δρακάκη, Γ., 2020. Το φαγητό των Αρχαίων Ελλήνων- Οι διατροφικές συνήθειες των προγόνων μας. In.gr 10 Νοεμ. [Διαδίκτυο]. Διεύθυνση πρόσβασης <https://www.in.gr/2020/11/10/life/geysi/fagito-ton-arxaion-ellinon-oi-diatrofikes-synitheies-ton-progonon-mas/> (εξακριβώθηκε 1 Νοεμ. 2022).
- E Times, 2022. The History of Tandoori Chicken: Infographics. Entertainment Times, Apr 17 [Διαδίκτυο]. Διεύθυνση πρόσβασης <https://timesofindia.indiatimes.com/life-style/food-news/the-history-of-tandoori-chicken-infographics/articleshow/75203860.cms> (εξακριβώθηκε 30 Οκτ. 2022).

- Eng, J., 2020. Recreate the Ancient Egyptian Recipes Painted on Tomb Walls: Make bread fit for a pharaoh and a sweet treat out of tiger nuts. [Διαδίκτυο]. Διεύθυνση πρόσβασης https://www.atlasobscura.com/articles/ancient-egyptian-recipes?fbclid=IwAR1L7oW_lQvE3pPjENMR8CAEosv2PngsHwcYto5x5qLjCzit7jdp5P0ZHH8 (εξακριβώθηκε 29 Οκτ. 2022).
- EricT, 2013. Some surprising facts about marinades and the origin of the word. Culinary Lore. [Διαδίκτυο]. Διεύθυνση πρόσβασης <https://culinarylore.com/food-science/surprising-facts-about-marinades-and-word-origi/> (εξακριβώθηκε 2 Νοεμ. 2022).
- Falkowitz, M., n.d. What's the Difference Between a Brine and a Marinade? [Διαδίκτυο]. Διεύθυνση πρόσβασης <https://tastecooking.com/whats-difference-brine-marinade/> (εξακριβώθηκε 23 Νοεμ. 2022).
- Feng, E., 2022. The secrets of China's «secret sauce». National Public Radio, Mar 27 [Διαδίκτυο]. Διεύθυνση πρόσβασης <https://www.npr.org/sections/goatsandsoda/2022/03/27/1088193484/the-secrets-of-chinas-secret-sauce> (εξακριβώθηκε 30 Οκτ. 2022).
- 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. DOI: 10.1016/j.meatsci.2013.10.031
- Gray, R., 2015. Is it for a mummy or a marinade? Unusual ingredients including plant gum and fish oil used to preserve ancient Egyptian architect. Daily Mail, online, 17 Aug. [Διαδίκτυο]. Διεύθυνση πρόσβασης <https://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-3200867/Is-mummy-marinade-Unusual-ingredients-including-plant-gum-fish-oil-used-preserve-ancient-Egyptian-architect.html> (εξακριβώθηκε 28 Οκτ. 2022).
- Helmenstine, A., 2021. Adsorption vs Absorption – Differences and Examples. Science Notes. [Διαδίκτυο]. Διεύθυνση πρόσβασης <https://sciencenotes.org/adsorption-vs-absorption-differences-and-examples/> (εξακριβώθηκε 3 Νοεμ. 2022).
- Himanshu, R., 2020. Brines, Cures & Marinades (Types, Methods & Uses). HM|HUB, 5th Sem Food Production Notes. [Διαδίκτυο]. Διεύθυνση πρόσβασης <https://hmhub.in/brines-cures-marinades-types-methods-uses/> (εξακριβώθηκε 20 Νοεμ. 2022).
- Hu, C., 2015. Science of Marinades. Discover, Mar 31. [Διαδίκτυο]. Διεύθυνση πρόσβασης <https://www.discovermagazine.com/health/science-of-marinades> (εξακριβώθηκε 31 Οκτ. 2022).
- Hui, Y.H., 2012. Meat Industries: Characteristics and Manufacturing Processes. In Hui, Y.H. (ed.) *Handbook of Meat and Meat Processing* (2th Ed.), pp 3-34. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.
- IFT, 2020. Preparing Meat: The Chemistry Behind Marination. [Διαδίκτυο]. Διεύθυνση πρόσβασης <https://www.ift.org/career-development/learn-about-food-science/food-facts/food-facts-food-chemistry/preparing-meat-the-chemistry-behind-marination> (εξακριβώθηκε 2 Νοεμ. 2022).
- Incze, K., 2012. Mold-Ripened Sausages. In Hui, Y.H. (ed.) *Handbook of Meat and Meat Processing* (2th Ed.), pp 647-661. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.
- Ionescu, A., Aprodu, I., Pascaru, G., 2008. Effect of papain and bromelin on muscle and collagen proteins in beef meat. *The Annals of the University Dunarea De Jos*

- of Galati. Fascicle VI-Food Technology, 32:9-16. [Διαδίκτυο]. Διεύθυνση πρόσβασης <https://www.gup.ugal.ro/ugaljournals/index.php/food/article/view/3681> (εξακριβώθηκε 10 Νοεμ. 2022).
- Israr, H., 2020. Marinated with history. The Daily Star, Tue Dec 22. [Διαδίκτυο]. Διεύθυνση πρόσβασης <https://www.thedailystar.net/lifestyle/news/marinated-history-2014989> (εξακριβώθηκε 31 Οκτ. 2022).
- Jha, P., 2022. Where Did the Concept of Marinating Food Come From: Let's Get Into The History Of It. Slurrrp, January 20. [Διαδίκτυο]. Διεύθυνση πρόσβασης <https://www.slurrrp.com/article/where-did-the-concept-of-marinating-food-come-from--let%E2%80%99s-get-into-the-history-of-it-1629113882971> (εξακριβώθηκε 31 Οκτ. 2022).
- Joyce, C., 2010. Meat Mummies: How Ancient Egyptians Prepared Feasts For Afterlife. National Public Radio, Nov 18. [Διαδίκτυο]. Διεύθυνση πρόσβασης <https://www.npr.org/sections/thesalt/2013/11/18/246002182/meat-mummies-how-ancient-egyptians-prepared-feasts-for-afterlife> (εξακριβώθηκε 31 Οκτ. 2022).
- Joo, S.T., Kauffman, R.G., Kim, B.C., Park, G.B., 1999. The relationship of sarcoplasmic and myofibrillar protein solubility to colour and water-holding capacity in porcine longissimus muscle. Meat Science, 52(3):291-297. DOI:10.1016/S0309-1740(99)00005-4
- Juárez, M., Aldai, N., López-Campos, Ó., Dugan, M.E.R., Uttaro, B. and Aalhus, J.L., 2012. Beef Texture and Juiciness. In Hui, Y.H. (ed.) Handbook of Meat and Meat Processing (2th Ed.), pp 177-206. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.
- Karolenko, C, Muriana, P., 2020. Quantification of Process Lethality (5-Log Reduction) of Salmonella and Salt Concentration during Sodium Replacement in Biltong Marinade. Foods 9(11):1570. DOI:10.3390/foods9111570
- Keeton, J., Dikeman, M., 2017. 'Red' and 'white' meats—terms that lead to confusion. Animal Frontiers, 7(4): 29-33: DOI: 10.2527/af.2017.0440
- Kim, I.S., Jin, S.K., Park, K.H, et al., 2006. Physicochemical Properties of Pork Loin Marinated with a NaCl and Sodium Tripolyphosphate Solution and Sensory Attributes of Tomato Sauce-Stewed Products using Marinated Loin. Korean Journal for Food Science of Animal Resources, 26(4): 411-417 [Abstract].
- Kim, T.W., Kim, C.W., Yang, M.R., No, G.R., Kim S.W., Kim, I.S., 2016. Pork Quality Traits According to Postmortem pH and Temperature in Berkshire. Korean Journal for Food Science of Animal Resources, 36(1):29-36. DOI: 10.5851/kosfa.2016.36.1.29
- Klinhom, P., Klinhom, J., Senapa, J., Methawiwat, S., 2015. Improving the quality of citric acid and calcium chloride marinated culled cow meat. International Food Research Journal, 22(4):1410-1416.
- LibreText Chemistry, 2017. Buffers: Solutions That Resist pH Change. SCC: CHEM 400 [Διαδίκτυο]. Διεύθυνση πρόσβασης https://chem.libretexts.org/Courses/Sacramento_City_College/SCC%3A_Chem_400_-_General_Chemistry_I/Text/17%3A_Aqueous_Ionic_Equilibrium/17.2%3A_Buffers%3A_Solutions_That_Resist_pH_Change#title (εξακριβώθηκε 26 Δεκ. 2022)
- Liu, Z., Xiong, Y.L., Chen, J. (2011). Morphological Examinations of Oxidatively Stressed Pork Muscle and Myofibrils upon Salt Marination and Cooking to Elucidate the Water-Binding Potential. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 59(24): 13026-13034. DOI: 10.1021/jf2041017

- Lopez, K., Schilling, M.W., Armstrong, T.W., Smith, B.S., Corzo, A., 2012. Sodium chloride concentration affects yield, quality, and sensory acceptability of vacuum-tumbled marinated broiler breast fillets. *Poultry Science*, 91(5): 1186-1194. DOI: 10.3382/ps.2011-01733
- Lücke, F.K., 1974. Fermented sausages. In Wood, BJB (ed). *Microbiology of Fermented Foods*, pp. 41-49. Applied Science Publishers, London.
- Madhusankha, G.D.M.P., Thilakarathna, R.C.N., 2021. Meat tenderization mechanism and the impact of plant exogenous proteases: A review. *Arabian Journal of Chemistry* 14(2):102967. DOI: 10.1016/j.arabjc.2020.102967
- Market Research, 2022. Global Pork Meat Market - 2021-2028. Διεύθυνση πρόσβασης: <https://www.marketresearch.com/DataM-Intelligence-4Market-Research-LLP-v4207/Global-Pork-Meat-30005166/> (εξακριβώθηκε 2 Δεκ. 2022).
- Market Research, 2022. Global Pork Meat Market - 2021-2028. [Διαδίκτυο]. Διεύθυνση πρόσβασης: <https://www.marketresearch.com/DataM-Intelligence-4Market-Research-LLP-v4207/Global-Pork-Meat-30005166/> (εξακριβώθηκε 2 Δεκ. 2022).
- Mattison, L.D., 2020. How to Brine Practically Any Meat. Taste of Home. [Διαδίκτυο]. Διεύθυνση πρόσβασης <https://www.tasteofhome.com/article/this-is-everything-you-need-to-know-about-brine/> (εξακριβώθηκε 22 Νοεμ. 2022).
- McFarlane, B.J., Unruh, J.A., 1996. Effects of blast chilling and postmortem calcium chloride injection on tenderness of pork longissimus muscle. [Abstract]. *Journal of Animal Science*, 74(8): 1842-5. DOI: 10.2527/1996.7481842x
- McGee, H., 2004. *On Food and Cooking: The Science and Lore of the Kitchen*. Scribner, NY, USA.
- Merriam-Webster, n.d.. Marinade. [Διαδίκτυο]. Διεύθυνση πρόσβασης <https://www.merriam-webster.com/dictionary/marinade> (εξακριβώθηκε 31 Οκτ. 2022).
- Moodie, P., 2005. Use of Enzymes in Marinades Prepared: Foods R & D Conference-Presentation. Enzyme Development Corporation (EDC) [Διαδίκτυο]. Διεύθυνση πρόσβασης <https://www.enzymedevelopment.com/wp-content/uploads/2019/10/Use-of-Enzymes-in-Marinades.pdf> (εξακριβώθηκε 3 Νοεμ. 2022).
- Μπαμπινιώτης, Γ., 2004. Λεξικό για το Σχολείο & το Γραφείο. Κέντρο Λεξικολογίας, Αθήνα.
- Nave, R., n.d. Diffusion. HyperPhysics, Georgia State University. [Διαδίκτυο]. Διεύθυνση πρόσβασης <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/Kinetic/diffus.html> (εξακριβώθηκε 28 Νοεμ. 2022).
- Neves, M.P, de Oliveira Paula M.M., Fontes. P.R. et al., 2020. Effect of pork quality and salt replacer KCl on technological and sensorial characteristics of restructured cooked hams. *Food Science and Technology International*, 26(8): 676-684. DOI: 10.1177/1082013220923889
- Newgent, J., Ellis, E., 2021. How to Marinate Safely. Academy of Nutrition and Dietetics. [Διαδίκτυο]. Διεύθυνση πρόσβασης <https://www.eatright.org/homefoodsafety/four-steps/refrigerate/how-to-marinate-safely> (εξακριβώθηκε 15 Νοεμ. 2022).
- Nummer, B.A., Andress, E.L., 2002. *Curing and Smoking Meats for Home Food Preservation Literature Review and Critical Preservation Points*. Athens, GA: The University of Georgia, Cooperative Extension Service. [Διαδίκτυο]. Διεύθυνση

- πρόσβασης https://nchfp.uga.edu/publications/nchfp/lit_rev/cure_smoke_rev.html (εξακριβώθηκε 1 Δεκ. 2022).
- Oliveira dos Santos, V., Caldara, F., Seno, L. et al., 2012. Marinade with alkaline solutions for the improvement of pork quality. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 47(11):1655-1662. DOI:10.1590/S0100-204X2012001100013
- Pérez, M.L., Escalona, H., Guerrero, I., 1998. Effect of calcium chloride marination on calpain and quality characteristics of meat from chicken, horse, cattle and rabbit. *Meat Science*, 48 (1-2), 125–134. DOI:10.1016/S0309-1740(97)00083-1
- Prakash, S., 2019. A Mess-Free Way to Brine Your Pork Chops. *Kitchn*. [Διαδίκτυο]. Διεύθυνση πρόσβασης <https://www.thekitchn.com/dry-brine-pork-chops-258186> (εξακριβώθηκε 22 Νοεμ. 2022).
- PSIBERG Team, 2022. What is the Difference Between Adsorption and Absorption. [Διαδίκτυο] Διεύθυνση πρόσβασης <https://psiberg.com/adsorption-vs-absorption/> (εξακριβώθηκε 3 Νοεμ. 2022).
- Rothman, L., 2021. This is the best type of oil for marinating. *Mashed*. [Διαδίκτυο]. Διεύθυνση πρόσβασης <https://www.mashed.com/407637/this-is-the-best-type-of-oil-for-marinating/> (εξακριβώθηκε 3 Νοεμ. 2022).
- Science Learn, 2012. Fruit enzymes tenderise meat. [Διαδίκτυο] Διεύθυνση πρόσβασης <https://www.sciencelearn.org.nz/resources/1945-fruit-enzymes-tenderise-meat> (εξακριβώθηκε 3 Νοεμ. 2022).
- Science of Cooking, n.d. Science of Brining. [Διαδίκτυο]. Διεύθυνση πρόσβασης <https://www.scienceofcooking.com/science-of-brining.html> (εξακριβώθηκε 29 Νοεμ. 2022)
- Sheard, P.R and Tali, A., 2004. Injection of salt, tripolyphosphate and bicarbonate marinade solutions to improve the yield and tenderness of cooked pork loin. *Meat Science*, 68(2):305-311. DOI: 10.1016/j.meatsci.2004.03.012
- Shurtleff, W., Aoyagi, A., 2021. History of Koji - Grains and/or Soybeans Enrobed with a Mold Culture (300 BCE to 2021). *Soyinfo Center*. [Διαδίκτυο]. Διεύθυνση πρόσβασης <https://www.soyinfocenter.com/pdf/265/Koji.pdf> (εξακριβώθηκε 3 Νοεμ. 2022)
- Strasburg, G., Xiong, Y.L., Chiang, W., 2007. Physiology and Chemistry of Edible Muscle Tissues. In *Fennema's Food Chemistry* K.L. Parkin & O.R. Fennema (eds). Boca Raton CRC Press pp 924-973.
- Strasburg, G., Xiong, Y.L., Chiang, W., 2007. Physiology and Chemistry of Edible Muscle Tissues. In *K.L. Parkin & O.R. Fennema (eds). Fennema's Food Chemistry*, pp 924-973. CRC Press, Boca Raton.
- Taormina, P.J., 2010. Implications of Salt and Sodium Reduction on Microbial Food Safety. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50:3, 209-227, DOI: 10.1080/10408391003626207
- Tastessence, n.d.. Ancient Chinese Food. [Διαδίκτυο] Διεύθυνση πρόσβασης <https://tastessence.com/ancient-chinese-food> (εξακριβώθηκε 29 Οκτ. 2022).
- The Culinary Pro, n.d. Brines. [Διαδίκτυο]. Διεύθυνση πρόσβασης <https://www.theculinarypro.com/brines> (εξακριβώθηκε 20 Νοεμ. 2022).
- Tornberg, E., 1996. Biophysical aspects of meat tenderness. *Meat Science*, 43(1): 175-191. DOI:10.1016/0309-1740(96)00064-2
- Vidal, V.A.S., Paglarini, C., Ferreira, A. dos Santos, J.R., 2020. Influence of the addition of KCl and CaCl₂ blends on the physicochemical parameters of salted

meat products throughout the processing steps. Food Science and Technology, 40(3): 665-670. DOI:10.1590/fst.14919

Wood, F., 2004. The Silk Road: Two Thousand Years in the Heart of Asia. University of California Press, Oakland, CA, USA.