



Σχολή Επιστημών Τροφίμων  
Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων

Πτυχιακή εργασία

**Εναλλακτικές τεχνικές συντήρησης προϊόντων κρέατος με σκοπό την  
παράταση του χρόνου ζωής**

Thesis

**Alternative techniques of preserving meat products in order to extend shelf life**

ΟΝΟΜΑ ΦΟΙΤΗΤΗ/NAME OF STUDENT

**ΚΟΝΤΟΓΙΑΝΝΗ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ  
KONTOGIANNI KONSTANTINA**

ΟΝΟΜΑ ΕΙΣΗΓΗΤΗ/NAME OF THE SUPERVISOR

**ΤΣΑΚΑΛΗ ΕΥΣΤΑΘΙΑ  
TSAKALI EFSTATHIA**

ΑΙΓΑΛΕΩ/ AIGALEO 2023

---

Έγινε δεκτή

Οι υπογράφωντες δηλώνουμε ότι έχουμε εξετάσει τη πτυχιακή εργασία με τίτλο **Εναλλακτικές τεχνικές συντήρησης προϊόντων κρέατος με σκοπό την παράταση του χρόνου ζωής**, που παρουσιάσθηκε από την **ΚΟΝΤΟΓΙΑΝΝΗ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ** και βεβαιώνουμε ότι γίνεται δεκτή.

Ημερομηνία

26/09/2023

Όνομα επιβλέποντος

Τσάκαλη Ευσταθία

Ημερομηνία

26/09/2023

Όνομα μέλους επιτροπής

Μπατρίνου Ανθιμία

Ημερομηνία

26/09/2023

Όνομα μέλους επιτροπής

Μάργαρη Δήμητρα

## **Δήλωση περί λογοκλοπής/Copyright**

Έχοντας πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικής ιδιοκτησίας, δηλώνω ότι είμαι αποκλειστική συγγραφέας της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Δηλώνω, επίσης, ότι αναλαμβάνω όλες τις συνέπειες, όπως αυτές νομίμως ορίζονται, στην περίπτωση που διαπιστωθεί διαχρονικά ότι η εργασία μου αυτή ή τμήμα αυτής αποτελεί προϊόν λογοκλοπής.



Κοντογιάννη Κωνσταντίνα

## **Ευχαριστίες**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα καθηγήτρια μου, Ευσταθία Τσάκαλη για την καθοδήγηση και βοήθεια της.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τα άτομα της οικογένειάς μου και τα κοντινά μου πρόσωπα, για τη στήριξη τους όλο αυτό το διάστημα.

## Περίληψη

Το κρέας αποτελεί ιδιαίτερα σημαντικό προϊόν για τη διατροφή του ανθρώπου. Στις χώρες της Ευρωπαϊκής ένωσης κατατάσσεται ως μια από τις μεγαλύτερες δαπάνες των νοικοκυριών. Το κρέας μπορεί να καταναλωθεί τόσο αυτούσιο, όσο και μετά από επεξεργασία του. Ωστόσο, χαρακτηρίζεται από ιδιαίτερα χαμηλό χρόνο ζωής, γεγονός που οφείλεται στο μικροβιακό φορτίο που φέρει, όσο και σε μια σειρά από διαφορετικούς ενδογενείς παράγοντες.

Παραδοσιακά έχουν αναπτυχθεί πολλαπλές τεχνικές συντήρησης του κρέατος. Τεχνικές όπως η ξήρανση, η ζύμωση και η αλάτιση, χρησιμοποιούνταν παλαιότερα ώστε να αυξήσουν την συντηρησιμότητα του κρέατος με σκοπό να διευκολύνεται η μεταφορά και η αποθήκευση του για πιο μεγάλα χρονικά διαστήματα. Οι τεχνικές αυτές χρησιμοποιούνται και σήμερα, ωστόσο μπορεί να οδηγήσουν στην αλλοίωση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών του κρέατος και στην παραγωγή τοξικών παραγόντων, τα οποία μπορούν να επηρεάσουν τη υγεία των καταναλωτών.

Για αυτό το λόγο είναι αναγκαία η ανάπτυξη νέων εναλλακτικών μεθόδων για την συντήρηση του κρέατος. Αυτές οι μέθοδοι, είτε αυτούσιες, είτε σε συνδυασμό με τις παραδοσιακές τεχνικές, είναι σε θέση να αποφέρουν προϊόντα ανώτερης ποιότητας, αυξημένης ασφάλειας και σταθερότητας. Ως αποτέλεσμα οι καταναλωτές είναι πιο ικανοποιημένοι από τα πολλαπλά οφέλη που φέρουν αυτά τα προϊόντα. Επιπλέον οι εναλλακτικές μέθοδοι είναι πιο οικολογικές προς το περιβάλλον, αφού απαιτούν κατανάλωση λιγότερης ενέργειας.

**Λέξεις-κλειδιά:** Κρέας, αλλοίωση, επεξεργασία, εναλλακτικές τεχνικές, χρόνος ζωής.

## **Abstract**

The meat is a particularly important product for the human nutrition. In the countries of the European Union it ranks as one of the biggest household expenses. The meat can be consumed as it is or after being processed. However it is characterized by a particularly low shelf life, which is due to the microbial load it carries, as well as to a number of different endogenous factors.

Traditionally, multiple meat preservation techniques have been developed. Techniques such as drying, fermentation and salting were used in the past to increase the shelf life of meat in order to facilitate its transport and storage for longer periods of time. These techniques are still being used today, however they can lead to the alteration of the organoleptic characteristics of the meat and the production of toxic agents, which can affect the health of consumers.

In consequence, it is necessary to develop new alternative methods for meat preservation. These methods either alone or in combination with traditional techniques, are able to yield products of superior quality, increased safety and stability. As a result consumers are more satisfied with the multiple benefits that these products bring. In addition, these alternative methods are more environmentally friendly, since they require less energy consumption.

**Keywords:** Meat, spoiling, processing, alternative techniques, shelf life.

## Περιεχόμενα

Περίληψη .....	5
Abstract .....	6
Κεφάλαιο 1 <sup>ο</sup> - Εισαγωγή.....	10
Κεφάλαιο 2 <sup>ο</sup> - Το κρέας: Προϊόντα και αλλοίωση .....	12
2.1 Ορισμός και τύποι κρέατος .....	12
2.2 Τύποι κρέατος .....	13
2.3 Παραγωγή κρέατος στην Ελλάδα .....	15
2.4 Αγορά και κατανάλωση κρέατος στην Ελλάδα.....	16
2.5 Προϊόντα κρέατος.....	16
2.5.1 Τύποι επεξεργασίας του κρέατος .....	17
2.5.2 Τύποι προϊόντων κρέατος .....	19
2.6 Θέματα σχετικά με την αλλοίωση του κρέατος.....	20
2.6.1 Αιτιολογία της αλλοίωσης του κρέατος.....	24
2.6.1.1 Αυτοξειδωση των λιπιδίων.....	25
2.6.1.2 Αυτολυτική ενζυμική αλλοίωση.....	26
2.6.1.3 Μικροβιακή δραστηριότητα.....	27
2.6.2 Αλλαγές που σχετίζονται με την αλλοίωση .....	28
Κεφάλαιο 3 <sup>ο</sup> - Παραδοσιακές τεχνικές συντήρησης κρέατος.....	31
3.1 Η αποξήρανση του κρέατος .....	31
3.1.1 Τεχνικές αποξήρανσης .....	33
3.1.2 Επίδραση της αποξήρανσης στην θρεπτική αξία.....	35
3.1.3 Πρόσθετα υλικά που προστίθενται κατά την διαδικασία της ξήρανσης .....	37
3.1.4 Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά αποξηραμένου κρέατος.....	40
3.2 Η χρήση αλατιού για την συντήρηση του κρέατος .....	42
3.3 Η χρήση μαριναρίσματος .....	45
3.4 Η κάπνιση του κρέατος .....	47
3.5 Θερμική επεξεργασία .....	49
Κεφάλαιο 4 <sup>ο</sup> - Εναλλακτικές τεχνικές συντήρησης κρέατος.....	52
4.1 Η χρήση συνθετικών αντιοξειδωτικών .....	53

4.2 Η χρήση αιθέριων ελαίων και η νανοενθυλάκωση τους .....	54
4.2.1 Νανοενθυλάκωση των αιθέριων ελαίων .....	56
4.3 Επεξεργασία υπό υψηλή πίεση .....	59
4.4 Η χρήση παλμικού φωτός .....	61
4.5 Κρύο πλάσμα .....	63
4.6 Επεξεργασία με υπερήχους .....	64
4.7 Η χρήση ταλαντευόμενου μαγνητικού πεδίου και παλλόμενου ηλεκτρικού πεδίου .....	66
4.8 Η χρήση συσκευασίας υπό κενό με συρρίκνωση .....	68
Συμπεράσματα .....	71
Βιβλιογραφία .....	73
Ξενόγλωσση βιβλιογραφία .....	73
Ελληνική βιβλιογραφία .....	81

## Κατάλογος πινάκων

Πίνακας 1: Εσωτερικοί και εξωτερικοί παράγοντες που σχετίζονται με την διάρκεια ζωής του κρέατος (Mutwakil, 2011).

Πίνακας 2: Υλικά τα οποία προστίθενται κατά την διάρκεια της αποξήρανσης του κρέατος (Προσαρμοσμένο από Ghazali et al., 2022)

Πίνακας 3: Εσωτερικοί και εξωτερικοί παράγοντες που σχετίζονται με την διάρκεια ζωής του κρέατος (Mutwakil, 2011)

Πίνακας 4: Υλικά τα οποία προστίθενται κατά την διάρκεια της αποξήρανσης του κρέατος (Προσαρμοσμένο από Ghazali et al., 2022)

## Κατάλογος εικόνων

Εικόνα 1: Τύποι κρέατος (<https://openclipart.org/detail/332188/types-of-meat>)

Εικόνα 2: Διάρθρωση της παραγωγής κρέατος ανά περιφέρεια στην Ελλάδα (Περιφέρεια Ηπείρου, 2019)

Εικόνα 3: Εικόνα διαφορετικών τύπων κρέατος (από αριστερά προς τα δεξιά): Φυσιολογικό κρέας, κρέας PSE, κρέας DFD (Mutwakil, 2011)

Εικόνα 4: Τύποι αλλοιώσεων στο κρέας και τα βακτήρια που τους προκαλούν (Shao et al., 2021)



Εικόνα 5: Διαδικασία αλατίσματος τεμαχίου κρέατος  
(<https://www.motherearthnews.com/real-food/salting-meat-ze0z1511zdeh/>)

Εικόνα 6: Μαρινάρισμα κρέατος σε βιομηχανική κλίμακα, με την χρήση μηχανημάτων  
(<https://carnitec.com/the-challenges-of-injection-process/>)

Εικόνα 7: Κάπνιση προϊόντων κρέατος σε βιομηχανική κλίμακα  
(<https://equipment7.com/meat-processing-equipment/heat-treatment/meat-chambers-cold-hot-smoking/>)

## Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>- Εισαγωγή

Η σημερινή κοινωνία έχει δημιουργήσει μέσα από τον καταναλωτισμό αυξημένες ανάγκες ως προς την παραγωγή κτηνοτροφικών προϊόντων που αφορούν την κάλυψη της ζήτησης σε προϊόντα κρέατος. Στην Ελλάδα έχει παρατηρηθεί μία εντυπωσιακή αύξηση στην κατανάλωση του κρέατος και των προϊόντων του. Ειδικότερα, από την δεκαετία του 1960 και έπειτα. Στην παραδοσιακή αντίληψη, το κρέας θεωρείται ένα από τα βασικά συστατικά της διατροφής στις δυτικές κοινωνίες, και έχει συνδεθεί με την έννοια της πλούσιας ή ορθής διατροφής.

Το κρέας είναι ένα προϊόν με πολύ μικρή διάρκεια ζωής. Πρόκειται για μια τροφή πλούσια σε θρεπτικά συστατικά και για αυτό αποτελεί ένα ιδανικό υπόστρωμα για την ανάπτυξη μικροοργανισμών. Η διάρκεια ζωής του εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως, το είδος του ζώου, την περιεκτικότητά του σε λίπος, την αρχική του μικροχλωρίδα, τις συνθήκες επεξεργασίας και την υγιεινή στα ενδιάμεσα στάδια της επεξεργασίας. Η βιομηχανία παραγωγής κρέατος και προϊόντων κρέατος για να μπορέσει να ανταπεξέλθει σε αυτό τον αριθμό ζήτησης προϊόντων, χρειάζεται να παράγει προϊόντα με μεγαλύτερο χρόνο ζωής. Σε συνδυασμό, τα προϊόντα αυτά θα πρέπει να είναι υψηλής ποιότητας αλλά και να μην χάνουν πολύτιμα θρεπτικά συστατικά από τις επεξεργασίες στις οποίες υπόκεινται έτσι ώστε να προτιμούνται από τους καταναλωτές.

Έτσι, για να συνδυαστούν όλες αυτές οι απαιτήσεις της σύγχρονης κοινωνίας, θα πρέπει να γίνει επένδυση στην έρευνα για καινούργιες-εναλλακτικές τεχνικές και μεθόδους αλλά και στην πιλοτική και ελεγχόμενη χρήση τους όσο βρίσκονται υπό μελέτη ώστε να ενταχθούν πιο γρήγορα στην βιομηχανία των τροφίμων.

Σκοπός της παρούσας εργασίας, είναι η βιβλιογραφική ανασκόπηση των εναλλακτικών μεθόδων συντήρησης του κρέατος και των προϊόντων του. Θα παρουσιαστεί η δυνατότητα που δίνουν την σήμερα ημερα οι καινοτόμες τεχνολογίες ή/και σε συνδυασμό με τις παραδοσιακές τεχνικές, προκειμένου το κρέας και τα παράγωγα του, να φτάνουν αναλλοίωτα στους καταναλωτές αλλά και με την επιθυμητή ποιότητα.

Η εργασία χωρίζεται σε 3 επιμέρους θεωρητικά κεφάλαια. Στο πρώτο θεωρητικό κεφάλαιο (κεφάλαιο 2) θα αναλυθούν τα διαφορετικά ζητήματα που σχετίζονται με το κρέας και την αλλοίωση του. Στο δεύτερο θεωρητικό κεφάλαιο (κεφάλαιο 3) θα αναλυθούν οι κυριότερες παραδοσιακές τεχνικές συντήρησης του κρέατος. Στο τρίτο θεωρητικό κεφάλαιο (κεφάλαιο 4) θα αναλυθούν οι εναλλακτικές μέθοδοι συντήρησης του κρέατος.

## **Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>- Το κρέας: Προϊόντα και αλλοίωση**

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναλυθούν διαφορετικά ζητήματα, τα οποία σχετίζονται με το κρέας. Πιο συγκεκριμένα θα παρουσιαστούν οι ορισμοί που σχετίζονται με το κρέας τα προϊόντα του, την παραγωγή και την κατανάλωση του ενώ θα αναλυθούν και ζητήματα που σχετίζονται με την αλλοίωση του.

### **2.1 Ορισμός και τύποι κρέατος**

Σύμφωνα με την κοινοτική νομοθεσία, ως κρέας ορίζονται τα βρώσιμα όργανα, συμπεριλαμβανομένου του αίματος, των οικόσιτων και λαγόμορφων ζώων, καθώς και των πουλερικών. Το νωπό κρέας περιλαμβάνει κάθε κρέας που έχει συσκευαστεί σε κενό αέρος ή έχει διατηρηθεί σε ελεγχόμενο περιβάλλον και έχει συντηρηθεί με ψύξη, κατάψυξη ή ταχεία κατάψυξη(Κανονισμός ΕΚ αριθ. 853: 2004).

Σύμφωνα με το Διεθνές Συνέδριο της Γενεύης του 1908, ως νωπό κρέας ορίζονται όλα τα βρώσιμα συστατικά του ζώου που είναι κατάλληλα για κατανάλωση από τον άνθρωπο και δεν έχουν υποστεί καμία άλλη επεξεργασία εκτός από την κατάψυξη.

Τα ζωικά τρόφιμα είναι τρόφιμα ζωικής προέλευσης που παρασκευάζονται από υποπροϊόντα ή κομμάτια σφαγμένων ζώων. Οι ζωικές τροφές χωνεύονται σχεδόν εξ ολοκλήρου από τον οργανισμό και έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε λευκώματα, λίπος και ελάχιστους υδατάνθρακες (Κασαλιά, 2016).

Το τμήμα του ζώου το οποίο παραμένει μετά από τις διαδικασίες της σφαγής, της αφάιμαξης, της εκδοράς, του εκσπλαχνισμού και της πιθανής αφαίρεσης της κεφαλής και των άκρων είναι γνωστό και σφάγιο. Το σφάγιο αποτελείται από μυϊκό ιστό, λιπώδη ιστό και οστά ενώ σημαντικό τμήμα του μυϊκού αποτελεί ο συνδετικός ιστός. Η ύπαρξη γνώσεων για τη δομή, τη σύνθεση και τη λειτουργία των ιστών που απαρτίζονται στο κρέας είναι καλή γιατί κατανοούμε τις μεταβολές που συμβαίνουν στο μυϊκό ιστό μετά την σφαγή του ζώου αλλά και τις παραμέτρους που προσδιορίζουν την ποιότητα του κρέατος (Κασαλιά, 2016).

Το "μηχανικά διαχωρισμένο κρέας" ή "ΜΔΚ" περιγράφεται στον κανονισμό 853/2004 ως το προϊόν που λαμβάνεται με την εξαγωγή κρέατος από τα σαρκώδη οστά πριν από την αφαίρεση των οστών ή από τα σφάγια κοτόπουλου με τη χρήση μηχανικών διαδικασιών που προκαλούν απώλεια ή αλλοίωση της δομής των μυϊκών

ινών. Θα πρέπει να χρησιμοποιούνται υλικά που πληρούν τα κριτήρια για το νωπό κρέας, όπως το κρέας που συσκευάζεται σε κενό αέρος ή σε ελεγχόμενο περιβάλλον. Ως νωπό κρέας ορίζεται το κρέας που δεν έχει υποστεί καμία άλλη επεξεργασία συντήρησης εκτός από ψύξη, κατάψυξη ή ταχεία κατάψυξη. Τα ακόλουθα μέρη των ζώων δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται για την παρασκευή των ΜΔΚ: στα πουλερικά, άκρα, δέρμα λαιμού και κεφάλια- για όλα τα άλλα ζώα, οστά κεφαλής, άκρα, ουρές, πόδια κάτω από το μπροστινό γόνατο και άρθρωση ταρσού.

## 2.2 Τύποι κρέατος

Τα διαφορετικά κρέατα μπορούν να χωριστούν σε δύο επιμέρους μεγάλες κατηγορίες, οι οποίες είναι τα ερυθρά (γνωστά και ως κόκκινα) κρέατα και τα λευκά κρέατα (Πουλή, 2012).

Στα ερυθρά κρέατα ανήκουν τα παρακάτω:

- Βοδινό και μοσχαρίσιο κρέας
- Χοιρινό κρέας
- Αρνίσιο κρέας
- Κατσικίσιο κρέας

Στα λευκά κρέατα ανήκουν τα παρακάτω:

- Πουλερικά, όπως όρνιθες και γαλοπούλες
- Ιχθύες και άλλα θαλασσινά

Παρακάτω θα παρουσιαστούν τα χαρακτηριστικά ορισμένων από τα κυριότερα είδη κρέατος(Πουλή, 2012):

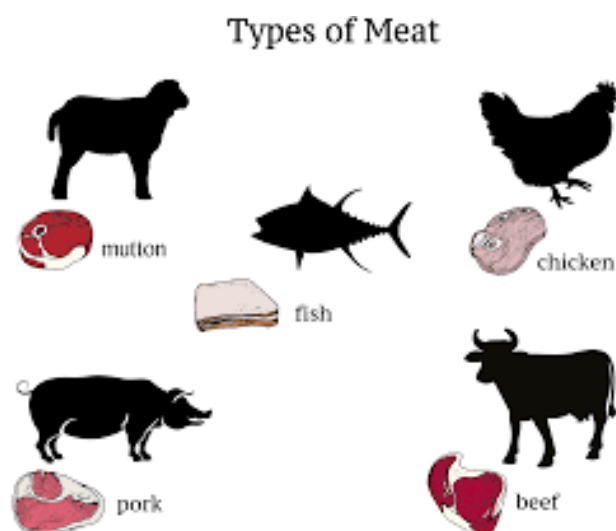
Το βόειο κρέας είναι εμφανίζει ένα ανοιχτό κόκκινο χρώμα στα νεαρά ζώα , το οποίο στην πορεία της ζωής του ζώου γίνεται πιο σκούρο με την αύξηση της ηλικίας. Σε σύγκριση με το κρέας των άλλων ζώων το βόειο κρέας είναι πλουσιότερο σε αίμα και έχει πιο πυκνό ιστό. Το γεγονός αυτό το καθιστά από τα θρεπτικότερα είδη κρέατος.

Το κρέας του μόσχου (γνωστό και ως μοσχαρίσιο κρέας) εμφανίζει ανοιχτό κόκκινο χρώμα, όταν το ζώο είναι νεαρό σε ηλικία. Ωστόσο, όσο τα ζώα μεγαλώνουν σε ηλικία το χρώμα του κρέατος γίνεται όλο και πιο έντονο κόκκινο. Σε αυτόν το τύπο κρέατος δεν υπάρχει λίπος μεταξύ των ινών του, ενώ οι μυϊκές ίνες είναι

σχετικά κολλώδεις. Στο μοσχαρίσιο κρέας η μικρότερη ηλικία του ζώου συσχετίζεται με αύξηση της θρεπτικής του αξίας.

Όσον αφορά το κρέας του προβάτου (το οποίο είναι γνωστό και ως πρόβειο κρέας), το χρώμα του κρέατος εμφανίζει σημαντικές μεταβολές ανάλογα με την ηλικία του ζώου. Ειδικότερα, αυτό μετατρέπεται από ανοιχτό σε σκούρο κόκκινο. Οι ίνες του πρόβειου κρέατος είναι λεπτές και οι μύες του περιβάλλονται από λίπος. Σαν κρέας το πρόβατο εμφανίζει μία ευχάριστη γεύση. Από θρεπτικής άποψης η βέλτιστη κατάσταση εμφανίζεται σε πρόβατα ηλικίας 2-4 ετών ή σε αμνούς ηλικίας 3-4 μηνών.

Το κρέας του χοίρου (γνωστό και ως χοιρινό κρέας) εμφανίζει ανοιχτό κόκκινο έως και ροδοερυθρό χρώμα το οποίο σε μερικά σημεία μπορεί να χαρακτηριστεί και ως λευκό. Η ίνα του είναι λεπτή και παρουσιάζει μεγάλο ποσοστό λίπους μεταξύ των ινών του. Το κρέας από ζώα προχωρημένης ηλικίας εμφανίζει πιο σκούρο χρώμα και μικρότερα ποσοστά λίπους. Μετά το βρασμό το χοιρινό κρέας γίνεται λευκό σε αντίθεση με τα άλλα είδη κρέατος, τα οποία αν υποβληθούν σε βρασμό αποκτούν ένα τεφρό χρώμα. Το κρέας του χοίρου είναι από τα πιο διαδεδομένα ως προς την κατανάλωση του από το κοινό. Στην περίπτωση που η διατροφή του ζώου είναι η ενδεδειγμένη, η αύξηση του είναι αρκετά γρήγορη και το κρέας μπορεί να διατηρηθεί για αρκετό χρονικό διάστημα χωρίς να αλλοιωθεί εξαιτίας του μεγάλου ποσού λίπους που περιέχει.

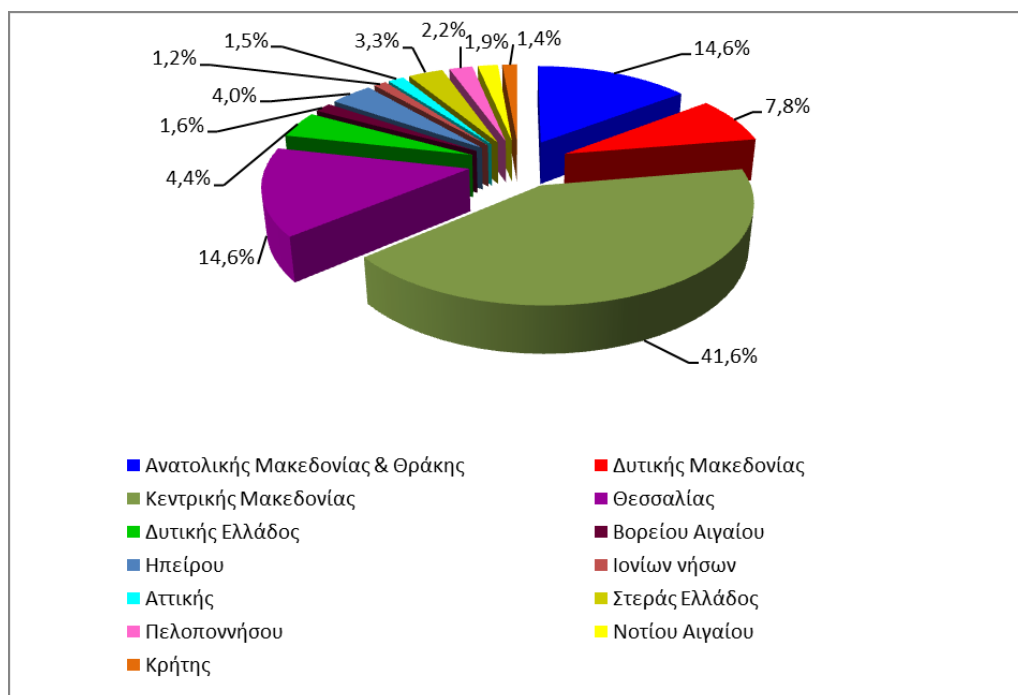


Εικόνα 8: Τύποι κρέατος (<https://openclipart.org/detail/332188/types-of-meat>)

### 2.3 Παραγωγή κρέατος στην Ελλάδα

Βάσει στοιχείων της ICAP από το έτος 2017, το πιο μεγάλο τμήμα της συνολικής καθαρής εγχώριας παραγωγής κρέατος καλύπτεται από τα παρακάτω (Περιφέρεια Ηπείρου, 2019):

- το κρέας πουλερικών (ποσοστό 51,4%)
- το χοιρινό κρέας (ποσοστό 17,9%)
- το αιγοπρόβειο κρέας (ποσοστό 15,3%)
- το βόειο / μοσχαρίσιο ( ποσοστό 9%)



Εικόνα 9: Διάρθρωση της παραγωγής κρέατος ανά περιφέρεια στην Ελλάδα (Περιφέρεια Ηπείρου, 2019)

Η συνολική καθαρή εγχώρια παραγωγή κρέατος εμφάνισε αυξομειώσεις κατά την πάροδο των τελευταίων δύο δεκαετιών. Πιο συγκεκριμένα, κατά την περίοδο από το 2009 έως το 2013 η παραγωγή εμφανίζει μία συνεχώς πτωτική τάση, με την μεγαλύτερη πτώση να παρατηρείται κατά το 2013. Τα επόμενα έτη (από το 2014 έως το 2017) η τάση ήταν σε γενικές γραμμές αυξητική, ωστόσο ο όγκος της ελληνικής παραγωγής κρέατος εξακολουθούσε να κυμαίνεται σε πιο χαμηλά επίπεδα σε σύγκριση με τον αντίστοιχο όγκο παραγωγής στις αρχές της τελευταίας δεκαετίας. Πιο συγκεκριμένα, η συνολική εγχώρια παραγωγή Ελληνικού κρέατος διαμορφώθηκε

περίπου στους 464.000 τόνους το 2017 ποσότητα που θα μπορούσε να τοποθετηθεί στα ίδια επίπεδα με την αντίστοιχη παραγωγή κατά το έτος 2016 (Περιφέρεια Ηπείρου, 2019).

## **2.4 Αγορά και κατανάλωση κρέατος στην Ελλάδα**

Στην παραδοσιακή αντίληψη, το κρέας θεωρείται ένα από τα βασικά συστατικά της διατροφής στις δυτικές κοινωνίες, και έχει συνδεθεί με την έννοια της πλούσιας ή ορθής διατροφής. Στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, οι δαπάνες των νοικοκυριών όσον αφορά την αγορά κρέατος είναι από τις μεγαλύτερες στον κόσμο. Πιο συγκεκριμένα, αποτελούν το 35% των συνολικών διατροφικών δαπανών σε χώρες όπως είναι η Δανία, η Γαλλία και το Βέλγιο, το 30% σε χώρες όπως είναι η Ισπανία, η Ιταλία και η Ιρλανδία και το 25% σε χώρες όπως είναι η Μεγάλη Βρετανία, η Ολλανδία και η Ελλάδα (Krystallis & Arvanitoyannis, 2006).

Στην Ελλάδα έχει παρατηρηθεί μία εντυπωσιακή αύξηση στην κατανάλωση του κρέατος και των προϊόντων του. Αυτή έχει ξεκινήσει από την δεκαετία του 1960 και έχει ενταθεί από τις δεκαετίες του 1970 και 1980. Ωστόσο, από την έναρξη της δεκαετίας του 1990, η κατανάλωση κρέατος, ιδιαίτερα η κατανάλωση κόκκινου κρέατος, παρουσίασε μια σταθερή τάση. Το 1997, η ετήσια κατά κεφαλήν κατανάλωση στην Ελλάδα ήταν 21 κιλά χοιρινό, 20 κιλά κοτόπουλο, 19 κιλά μοσχάρι και 12,5 κιλά αρνί/κατσίκι. Συνολικά, κατά την περίοδο 1992-2002, η μέση ετήσια κατανάλωση χοιρινού και κοτόπουλου συνέχισε την ανοδική τάση που παρατηρήθηκε την περίοδο 1982-1992, αυξάνοντας κατά 4% και 2%, αντίστοιχα. Αντίθετα, η μέση κατανάλωση βοείου κρέατος και αρνιού/κατσίκι συνεχίζει να μειώνεται με ετήσιο ρυθμό -2% και -1% (Skourlis et al., 2020).

Το 2020, η κατανάλωση κρέατος αφορούσε ένα από τα μεγαλύτερα έξοδα του μέσου ελληνικού νοικοκυριού, καθώς αποτελούσε το 22,5% των συνολικών εξόδων διατροφής μίας μέσης οικογένειας (Skourlis et al., 2020).

## **2.5 Προϊόντα κρέατος**

Τα διάφορα προϊόντα του κρέατος μπορούν να οριστούν σύμφωνα με τα άρθρα 88 έως 91 του Κώδικα Τροφίμων και Ποτών, όπως αυτός έχει διαμορφωθεί σύμφωνα με τον κανονισμό (ΕΚ) αριθ. 853/2004 καθώς και τους ορισμούς οι οποίοι αναφέρονται



στους κανονισμούς (ΕΚ) αριθ. 852/2004 (άρθρο 2), 178/2002 (άρθρα 2 και 3) και 882/2004.

### 2.5.1 Τύποι επεξεργασίας του κρέατος

Το κρέας μπορεί να καταναλωθεί τόσο αυτούσιο, μετά από τις κατάλληλες κοπές, όσο και μετά από την επεξεργασία του. Οι διάφορες μορφές επεξεργασίας του κρέατος, όπως αναφέρονται στο άρθρο 89α του Κώδικα Τροφίμων και Ποτών, είναι οι παρακάτω:

- **Θερμική επεξεργασία:** Ανάλογα με το είδος του προϊόντος και τους πιθανούς συνδυασμούς με άλλες τεχνικές επεξεργασίας, η επεξεργασία υπό συνθήκες αυξημένης θερμοκρασίας είναι αυτή που οδηγεί στη μετουσίωση των πρωτεϊνών του κρέατος και στη μείωση σε αποδεκτά επίπεδα ή στην εξουδετέρωση του μικροβιακού φορτίου. Τα κριτήρια για τη θερμική επεξεργασία ισχύουν επίσης για τα προϊόντα που τοποθετούνται σε ερμητικά κλειστούς περιέκτες.
- **Κάπνιση:** . Είναι η έμμεση ή άμεση επεξεργασία εμπορευμάτων σε ειδικούς θαλάμους με τη χρήση υγρού καπνού (υγρή καύση) ή αέριου καπνού, ο οποίος προκύπτει από την ατελή καύση ξύλου ή άλλων ξυλωδών φυτών στη φυσική τους κατάσταση ή από άλλες διεργασίες ισοδύναμες με αυτές. Ο κύριος στόχος του είναι η μετάδοση ορισμένων οργανοληπτικών ιδιοτήτων. Το κάπνισμα συνδυάζεται πάντα με μια άλλη διαδικασία, συχνά θέρμανσης, αφυδάτωσης ή ζύμωσης-ωρίμανσης, στα προϊόντα κρέατος. Δεν χρησιμοποιείται με θερμική επεξεργασία ή αφυδάτωση σε παρασκευάσματα κρέατος. Απαγορεύεται η χρησιμοποίηση ξύλου από κωνοφόρα δέντρα ή ξύλου που έχει χρωματιστεί, λακαριστεί, επεξεργαστεί ή εμποτιστεί με διάφορες χημικές ουσίες.
- **Αλάτιση:** Πρόκειται για μια διαδικασία που χρησιμοποιεί μαγειρικό αλάτι για να προσδώσει στο προϊόν ορισμένα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και να βελτιώσει την ικανότητά του να διατηρείται. Στο ξηρό στάδιο, η προσρόφηση και η διάχυση του μαγειρικού αλατιού στο προϊόν κρέατος επιτυγχάνεται με τριβή, εμβάπτιση του κρέατος σε άλμη, έγχυση άλμης στη μάζα του κρέατος ή συνδυασμό της άλμης και των κομματιών κρέατος. Είναι αποδεκτό να γίνεται

η επεξεργασία των τροφίμων χρησιμοποιώντας ένα μείγμα μαγειρικού αλατιού και διαφόρων εγκεκριμένων συστατικών.

- **Μάλαξη:** Περιλαμβάνει την ανάδευση τεμαχίων κρέατος που έχουν υποστεί ενδομυϊκή ένεση ή έχουν υποστεί εφαρμογή διαλύματος αλατιού για να ενισχυθεί η ικανότητά τους να συγκρατούν νερό μέσα σε ειδική συσκευή ανάδευσης. Κατά συνέπεια, δημιουργείται ένα εκχύλισμα μυϊκής πρωτεΐνης με δεσμευτικές ικανότητες. Το εκχύλισμα αυτό θερμαίνεται μέχρι να μετουσιωθεί και να εμφανιστεί ως ομοιόμορφη μάζα στην περικοπή του ολοκληρωμένου προϊόντος.
- **Ανάμιξη:** Για την ομοιόμορφη κατανομή των συστατικών, περιλαμβάνει την ανάδευση τεμαχίων κρέατος ή/και μιγμάτων κρέατος με άλλα υλικά (τρόφιμα, μπαχαρικά ή πρόσθετα). Σε αντίθεση με την διαδικασία της μάλαξης, η ανάμιξη δεν αποσκοπεί στην αλλαγή της δομής των μυϊκών ινών ή στην αύξηση της ικανότητας συγκράτησης νερού.
- **Ζύμωση και ωρίμανση:** Κατά τη διάρκεια αυτής της επεξεργασίας χρησιμοποιείται ένα συγκεκριμένο σύνολο διαφορετικών συνθηκών υγρασίας, θερμοκρασίας και εξαερισμού, ώστε να ενθαρρύνεται η ανάπτυξη των απαιτούμενων οξυγαλακτικών βακτηρίων και η παραγωγή οργανικών οξέων. Η μετουσίωση των πρωτεϊνών του κρέατος και ο καθαρισμός του τελικού προϊόντος προκαλούνται από τη μείωση της τιμής του pH της κρεατόμαζας. Η ωρίμανση ακολουθεί συχνά τη ζύμωση και ακολουθείται από ήπια έως σοβαρή αφυδάτωση, η οποία συμβάλλει στην ολοκλήρωση της διαδικασίας παραγωγής αυτών των προϊόντων κρέατος.
- **Ξήρανση και αφυδάτωση:** Η ξήρανση είναι η διαδικασία αφαίρεσης αρκετού νερού από το προϊόν με βάση το κρέας, ώστε να είναι δυνατή η διατήρησή του ακόμη και σε θερμοκρασία δωματίου. Η αφυδάτωση είναι η πλήρης απώλεια της περιεκτικότητας του προϊόντος κρέατος σε νερό. Μπορεί να γίνει αυθόρμητα ή με τη βοήθεια των κατάλληλων εργαλείων.
- **Μαρινάρισμα:** Είναι η διαδικασία προετοιμασίας του κρέατος, η οποία περιλαμβάνει κυρίως τη χρήση μπαχαρικών, καρυκευμάτων και αρωματικών βοτάνων, καθώς και άλλων συστατικών όπως κρασί, φυτικά έλαια, βρώσιμα οξέα κ.λπ. Με το μαρινάρισμα του κρέατος σε όξινο διάλυμα, διασπώνται οι πρωτεΐνες και η σάρκα καθαρίζεται μερικώς, αν όχι πλήρως.

- **Καρύκευση:** Μπορεί να είναι ξηρή ή υγρή
- Μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν και άλλες μέθοδοι επεξεργασίας και συντήρησης που δεν αναφέρονται στο παρόν άρθρο, ανεξάρτητα ή σε συνδυασμό με αυτές που έχουν ήδη αναφερθεί (π.χ. χρήση συνδυασμού θερμικής επεξεργασίας και υπερυψηλής πίεσης κ.λπ.), με την επιφύλαξη τυχόν ειδικών κανόνων που μπορεί να απαγορεύουν τη χρήση τους (π.χ. περιορισμοί ακτινοβολίας).

### 2.5.2 Τύποι προϊόντων κρέατος

Σύμφωνα με το άρθρο 91, τα προϊόντα, τα οποία παράγονται και έχουν ως βάση το κρέας μπορούν να ταξινομηθούν σε 4 ξεχωριστές κατηγορίες. Αυτές είναι οι παρακάτω:

- Την **Ομάδα Α** η οποία περιλαμβάνει τα προϊόντα τα οποία έχουν βάση το κρέας (προϊόντα αλλαντοποιίας)
- Την **Ομάδα Β** η οποία περιλαμβάνει διάφορα παρασκευάσματα κρέατος
- Την **Ομάδα Γ** η οποία περιλαμβάνει τις ειδικές κονσέρβες κρέατος και κρέας, ή κρεατοσκευάσματα ή προϊόντα με βάση το κρέας σε συνδυασμό με άλλα τρόφιμα (έτοιμα φαγητά)
- Την **Ομάδα Δ** η οποία περιλαμβάνει τα παράγωγα κρέατος.

Στην ομάδα Α περιλαμβάνονται τόσο προϊόντα θερμικής επεξεργασίας (από ολόκληρα τμήματα κρέατος ή σύγκοπτο κρέας), όσο και προϊόντα πλήρους ή μερικής ζύμωσης, τα οποία αναφέρονται και ως αλλαντικά.

Στην ομάδα Β περιλαμβάνονται τα παρακάτω προϊόντα κρέατος:

- **Κατηγορία Β1, παρασκευάσματα από τεμάχια κρέατος:** Τα προϊόντα αυτά κατασκευάζονται από κομμάτια κρέατος που είναι είτε αυτοτελή (όπως το σνίτσελ) είτε οργανωμένα ειδικά για τον τύπο του προϊόντος (όπως τα σουβλάκια ή ο γύρος). Είναι δυνατό ή όχι να αυτό το κρέας να είναι καρυκευμένο. Με εξαίρεση τα τρόφιμα για τα οποία έχουν θεσπιστεί συγκεκριμένοι κανόνες (όπως ο γύρος και το σουβλάκι), σε αυτά τα τρόφιμα

μπορούν να προστεθούν πρόσθετα βρώσιμα αγαθά (όπως μπριζόλες με ανάμεικτα μπαχαρικά, ρολά κρέατος με λαχανικά κ.λπ.).

- **Κατηγορία B2, προϊόντα σύγκοπτου κρέατος:** Περιλαμβάνει προσυσκευασμένα παρασκευάσματα νωπού κιμά, όπως για παράδειγμα μπιφτέκια, σουτζουκάκια κλπ.
- **Κατηγορία B3, μορφοποιημένα προϊόντα κρέατος,** η οποία αφορά το σχήμα των προϊόντων
- **Κατηγορία B4 Μη θερμικά επεξεργασμένα Νωπά προϊόντα (παραδοσιακά χωριάτικα λουκάνικα):** Στην κατηγορία αυτή υπάγονται αποκλειστικά λουκάνικα που είναι τυλιγμένα σε βρώσιμα φυσικά περιβλήματα και τα οποία μπορούν να καπνίζονται αποκλειστικά για να βελτιώσουν τα οργανοληπτικά τους χαρακτηριστικά. Εκτός από το κρέας πουλερικών, κάθε είδος κρέατος μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πρώτη ύλη. Η μερική αφυδάτωση, το ενδεχόμενο κάπνισμα και η προσθήκη αλατιού ή μπαχαρικών είναι μέθοδοι μερικού εξευγενισμού. Δεν θεωρούνται παρασκευασμένα γεύματα.

Στην ομάδα Γ περιλαμβάνεται μία ποικιλία προϊόντων με βάση το κρέας ή παραλλαγές τους, που παρασκευάζονται και διατηρούνται με διάφορες τεχνικές (όπως κατάψυξη, ψύξη ή κονσερβοποίηση). Μπορεί να αποτελούνται εξ ολοκλήρου από κρέας ή να περιλαμβάνουν κρέας εκτός από άλλα συστατικά.

Στην ομάδα Δ περιλαμβάνονται προϊόντα, όπως ζυμοί, σούπες, κονσομμέ κλπ.

## **2.6 Θέματα σχετικά με την αλλοίωση του κρέατος**

Η διαδικασία μετατροπής των ζώων σε κρέας περιλαμβάνει διάφορες εργασίες. Αυτές περιλαμβάνουν τον χειρισμό και τη φόρτωση των ζώων, τη μεταφορά τους στα σφαγεία, την εκφόρτωση και την εκμετάλλευσή τους, καθώς και τη σφαγή τους. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι η χρήση μη ορθών επιχειρησιακών τεχνικών και εγκαταστάσεων σε οποιαδήποτε από αυτές τις εργασίες μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική και άνευ ουσίας ταλαιπωρία και τραυματισμούς των ζώων. Αυτό μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα απώλεια κρέατος, μειωμένη ποιότητα και αλλοίωση του προϊόντος. Για να αποφευχθούν αυτού του τύπου τα προβλήματα, είναι απαραίτητο να ληφθούν μέτρα πρόληψης της μόλυνσης κατά τη διάρκεια του τεμαχίσματος και

της επεξεργασίας του κρέατος. Αυτό περιλαμβάνει τη διασφάλιση υγιεινής σφαγής και τον καθαρό χειρισμό του σφάγιου. Με την τήρηση αυτών των προτύπων, ο χρόνος αποθήκευσης του κρέατος μπορεί να επεκταθεί σημαντικά (Mutwakil, 2011).

Η διαδικασία της σφαγής περιλαμβάνει μία σειρά από τεχνικές εργασίες, οι οποίες περιλαμβάνουν την αναισθητοποίηση, την αφαίρεση του αίματος, το γδάρισμα, τον εκσπλαχνισμό και τον διαχωρισμό των διαφορετικών τμημάτων του σφάγιου. Η μη τήρηση των ορθών πρακτικών σε οποιοδήποτε από αυτά τα στάδια μπορεί να έχει ιδιαίτερα αρνητικές επιπτώσεις στο προϊόν και/ή στη διαδικασία του επόμενου σταδίου. Εκτός από τις συνθήκες υγιεινής και την κατάλληλη θερμοκρασία αποθήκευσης, άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν τον ρυθμό με τον οποίον επέρχεται η αλλοίωση του κρέατος είναι η οξύτητα του και η δομή του μυϊκού ιστού. Για παράδειγμα, το συκώτι εμφανίζει μεγαλύτερη ταχύτητα αλλοίωσης από τον μυϊκό ιστό στο βοδινό κρέας. Όταν παρέλθουν μερικές ώρες από τη σφαγή, οι μύες στο σφαγείο γίνονται σφιχτοί και άκαμπτοι, μια κατάσταση η οποία αναφέρεται ως νεκρική ακαμψία. Η διαδικασία αυτή εξαρτάται από το στρες το οποίο βιώνουν τα ζώα κατά τη διάρκεια της διαδικασίας της σφαγής. Έχει αναφερθεί πως η ποιότητα του μη επεξεργασμένου κρέατος μπορεί να επηρεαστεί σημαντικά από τις συνθήκες στρες κατά τη διάρκεια της σφαγής και τις μεθόδους σφαγής που ακολουθούνται (Mutwakil, 2011).

Ως διάρκεια ζωής (shelflife) του κρέατος και των προϊόντων του μπορεί να οριστεί το χρονικό εκείνο διάστημα κατά το οποίο η αποθήκευση του είναι δυνατή και το προϊόν διατηρεί αναλλοίωτα τα ποιοτικά του χαρακτηριστικά. Η διάρκεια της ζωής των διαφορετικών προϊόντων εμφανίζει στενή σύνδεση με την διαδικασία της αλλοίωσής τους, με αποτέλεσμα την δημιουργία ενός ορίου ανάμεσα σε μία αποδεκτή και μια μη αποδεκτή συγκέντρωση μικροοργανισμών. Η συγκέντρωση αυτή καθορίζει της ύπαρξη παραγόντων όπως είναι οι δυσάρεστες οσμές, οι αλλοιωμένες γεύσεις και η μη επιθυμητή εμφάνιση. Αυτές οι τροποποιήσεις σχετίζονται με τον πληθυσμό και τους τύπους των μικροοργανισμών που είναι παρόντες και την ανάπτυξή τους. Για τα διάφορα προϊόντα κρέατος, ο αρχικός συνολικός πληθυσμός των βακτηρίων ανέρχεται σε περίπου 100-1000 cfu/gr, και αποτελείται από μια μεγάλη ποικιλία ειδών διαφορετικών (Iulietto et al., 2015).

<b>Εσωτερικοί παράγοντες</b>	<b>Εξωτερικοί παράγοντες</b>
Τύπος του κρέατος	Σύστημα διαχείρισης ποιότητας
Φυλή και καθεστώς διατροφής	Έλεγχος θερμοκρασίας
Ηλικία του ζώου	Σύστημα συσκευασίας (υλικά, εξοπλισμός, αέρια)
Αρχική μικροχλωρίδα του ζώου	Τύποι αποθήκευσης
Χημικές ιδιότητες (τιμή υπεροξειδίου, pH, οξύτητα, δυναμικό οξειδοαναγωγής)	
Διαθεσιμότητα οξυγόνου	
Συνθήκες επεξεργασίας	
Υγιεινή (πρότυπα προσωπικού και καθαρισμού του εξοπλισμού)	

*Πίνακας 5: Εσωτερικοί και εξωτερικοί παράγοντες που σχετίζονται με την διάρκεια ζωής του κρέατος (Mutwakil, 2011).*

Οι περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν κατά τα διάφορα στάδια της παραγωγής και του εμπορίου του κρέατος οδηγούν στη δημιουργία μιας συγκεκριμένης οικολογικής θέσης, η οποία μπορεί να ευνοήσει διάφορα στελέχη τα οποία είτε υπάρχουν ήδη στο κρέας ή εισήχθησαν σε αυτή μετά από διασταυρούμενη μόλυνση. Η επικράτηση ενός συγκεκριμένου στελέχους μπορεί να εξαρτηθεί από παράγοντες που διατηρούνται κατά τη διάρκεια των διαδικασιών της επεξεργασίας, της μεταφοράς και της αποθήκευσης. Η αποθήκευση σε θερμοκρασίες ψύξης περιορίζει την ανάπτυξη μόνο του 10% της ολικής μικροχλωρίδας και, ανάλογα με την περίπτωση, οι θερμικές επεξεργασίες μπορεί να οδηγήσουν σε απομάκρυνση της πλειοψηφίας των κυττάρων. Συνεπώς, οι περίοδοι αποθήκευσης του κρέατος μπορεί να εμφανίζουν σημαντική διακύμανση από ημέρες έως αρκετούς μήνες και υπάρχει αυστηρή σύνδεση με την επιμόλυνση μετά την επεξεργασία. Κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης, η επικρατούσα μικροχλωρίδα μπορεί να προκαλέσει αλλοίωση και απελευθέρωση πτητικών ενώσεων ή σχηματισμό γλίτσας οδηγώντας στη μετατροπή του προϊόντος σε μη αποδεκτό για ανθρώπινη κατανάλωση (Kreyenschmidt et al., 2010).

Η ικανότητα που έχουν ορισμένοι μικροοργανισμοί να αναπτύσσονται στα τρόφιμα συσχετίζεται έντονα με διαφορετικούς παράγοντες, με ορισμένους να είναι εγγενείς στο υπόστρωμα. Άλλοι είναι εξωγενείς, αλλά όλοι τους επηρεάζουν την ανάπτυξη του οικολογικού περιβάλλοντος. Οι κυριότεροι παράγοντες, οι οποίοι επηρεάζουν τη διάρκεια ζωής των προϊόντων κρέατος και ευνοούν ορισμένα βακτηριακά στελέχη περισσότερο από άλλα, είναι: η συσκευασία (αερόβια, κενού ή τροποποιημένης ατμόσφαιρας), η θερμοκρασία αποθήκευσης, η σύνθεση των προϊόντων (παρουσία λίπους, περιεκτικότητα σε NaCl, νιτρώδη, aw, pH) και άλλοι παράγοντες, όπως οι αντιβακτηριδιακές ουσίες ή τα βιοσυντηρητικά (Iulietto et al., 2015).

Σύμφωνα με έκθεση του Οργανισμού Τροφίμων και Γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών (FAO), το 33% των τροφίμων που προορίζονται για κατανάλωση από τον άνθρωπο είτε αλλοιώνεται είτε δεν καταναλώνεται καθόλου (FAO, 2011). Η αλλοίωση του κρέατος μπορεί να οριστεί ως η αλλαγή χρώματος και η πρόκληση ανεπιθύμητης γεύσης, οσμής, βλέννας και εξιδρώματος, με αποτέλεσμα τις μη αποδεκτές οργανοληπτικές ιδιότητες. Αυτή η αλλοίωση προκαλείται από συγκεκριμένους μικροοργανισμούς, που ονομάζονται αλλοιωγόνοι που κυριαρχούν και σχηματίζουν μεταβολίτες που οδηγούν σε μείωση των οργανοληπτικών ιδιοτήτων του κρέατος, καθιστώντας το ακατάλληλο για κατανάλωση. Αν και οι αιτίες της αλλοίωσης του κρέατος ποικίλλουν, τα βακτήρια οδηγούν τη διαδικασία περισσότερο από άλλους παράγοντες όπως για παράδειγμα τα ενδογενή ένζυμα. Το κρέας θεωρείται γενικά αποστειρωμένο πριν από τη σφαγή, αλλά το περιβάλλον κατά τη σφαγή δεν είναι αποστειρωμένο, επομένως μπορεί να εμφανιστεί κάποιος βαθμός μικροβιακής μόλυνσης, οδηγώντας σε επιμόλυνση και εν τέλει αλλοίωση. Οι πηγές μικροβιακής μόλυνσης σε αυτή τη διαδικασία μπορούν να συνοψιστούν ως ενδογενείς και εξωγενείς (Wambui et al., 2018).

Η σύνθεση και ποιότητα του μικροβιολογικού φορτίου του κρέατος μετά από τη σφαγή εξαρτάται σημαντικά από παράγοντες όπως είναι το είδος του κρέατος, η επεξεργασία, η διανομή και οι συνθήκες αποθήκευσης. Ο μολυσμένος εξοπλισμός στο σφαγείο, οι συνθήκες υγιεινής από το προσωπικό και οι διάφοροι περιβαλλοντικοί παράγοντες (π.χ. νερό, αέρας και έδαφος) μπορούν να συσχετιστούν με της ύπαρξη βακτηρίων που οδηγούν στην αλλοίωση. Έπειτα από την αποθήκευση, διάφοροι παράγοντες (ενδογενείς και εξωγενείς) κατευθύνουν την μικροβιακή ανάπτυξη. Αυτοί περιλαμβάνουν τις ανάγκες σε οξυγόνο, το pH, την

θερμοκρασία και την ύπαρξη πιθανών ανταγωνιστικών οργανισμών (Zhu et al., 2022).

Παρά την ανάπτυξη αλυσίδων ψύξης, χημικών συντηρητικών και την εφαρμογή άλλων σύγχρονων τεχνικών, έχει υπολογιστεί ότι περίπου το ¼ του συνόλου των τροφίμων που παράγονται σε παγκόσμιο επίπεδο σπαταλιέται μετά τη συγκομιδή ή τη εξαιτίας λόγω μικροβιακής αλλοίωσης. (Cenci-Goga et al., 2014).

### **2.6.1 Αιτιολογία της αλλοίωσης του κρέατος**

Ο χειρισμός των ζώων πριν από τη σφαγή και ο χειρισμός του κρέατος μετά τη σφαγή διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην υποβάθμιση της ποιότητας του κρέατος. Όταν το ζώο εκτίθεται σε στρεσογόνες καταστάσεις πριν από την σφαγή παρατηρείται μείωση της περιεκτικότητας των μυών σε γλυκογόνο. Το γεγονός αυτό μεταβάλλει οδηγεί σε αύξηση ή μείωση του pH του κρέατος, με την τιμή να επηρεάζεται από το επίπεδο παραγωγής γαλακτικού οξέος. Η παραγωγή αυτή του γαλακτικού οξέος προκαλείται εξαιτίας της διάσπασης του γλυκογόνου που περιέχεται στους μύες των ζώων μέσω της αναερόβιας οδού της γλυκόλυσης. Υψηλότερα επίπεδα pH (6,4-6,8) οδηγούν σε σκούρο, σφιχτό και ξηρό κρέας (Dark, Firm, Dry, DFD). Η ύπαρξη μακροχρόνιου στρες οδηγεί στην παραγωγή αυτού του τύπου κρέατος, το οποίο και εμφανίζει μικρότερη διάρκεια ζωής. Αντίθετα, η πρόκληση βραχυπρόθεσμο στρες οδηγεί στην παραγωγή του λεγόμενου χλωμού, μαλακού και εξιδρωματικού (Pale, Stale, Exudative, PSE) κρέατος. Αυτό εμφανίζει τιμές pH πιο χαμηλές από την κανονική τιμή. Το γεγονός αυτό οδηγεί σε μετουσίωση και διάσπαση των πρωτεϊνών, με αποτέλεσμα την ύπαρξη ενός κατάλληλου μέσου που ευνοεί την ανάπτυξη βακτηρίων (Chambers & Gradin, 2001). Οι 3 κύριοι μηχανισμοί αλλοίωσης του κρέατος μετά την σφαγή και κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας και της αποθήκευσης είναι οι παρακάτω: (α) μικροβιακή αλλοίωση, (β) οξείδωση των λιπιδίων και (γ) αυτολυτική ενζυμική αλλοίωση (Mutwakil, 2011).





Εικόνα 10: Εικόνα διαφορετικών τύπων κρέατος (από αριστερία προς τα δεξιά):  
Φυσιολογικό κρέας, κρέας PSE, κρέας DFD (Mutwakil, 2011)

### 2.6.1.1 Αυτοξειδωση των λιπιδίων

Η αυτοξειδωση των λιπιδίων και η παραγωγή ελευθέρων ριζών είναι φυσικές διεργασίες που επηρεάζουν τα λιπαρά οξέα και οδηγούν σε οξειδωτική αλλοίωση του κρέατος και ανάπτυξη δυσάρεστων γεύσεων. Έπειτα από τη σφαγή των ζώων, η κυκλοφορία του αίματος και οι διάφορες μεταβολικές διεργασίες σταματούν, με αποτέλεσμα τα λιπαρά οξέα των ιστών υπόκεινται σε διαδικασίες οξειδωσης. Ως οξειδωση των λιπιδίων ορίζεται η αντίδραση του των διπλών δεσμών των λιπαρών οξέων με το οξυγόνο. Κατά την διάρκεια αυτή παράγονται δραστικές μορφές οξυγόνου, σε μία διαδικασία που πραγματοποιείται σε τρία στάδια: έναρξη, διάδοση και τερματισμό (Amaral et al., 2018).

Στο κρέας η οξειδωση των λιπαρών οξέων και των λιπιδίων εξαρτάται από μία σειρά παραγόντων, όπως είναι η σύνθεση των λιπαρών οξέων, τα επίπεδα της ατοκοφερόλης ή ενώσεων που ευνοούν την οξειδωση, όπως ο ελεύθερος σίδηρος στους μύες. Τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα είναι πιο επιρρεπή στην οξειδωση των λιπιδίων σε σύγκριση με τα συνδεδεμένα. Τα υδροϋπεροξειδία παράγονται λόγω της οξειδωσης των λιπιδίων των κλάσεων των ιδιαίτερα ακόρεστων λιπαρών οξέων των φωσφολιπιδίων των μεμβρανών, τα οποία είναι ευαίσθητα σε περαιτέρω οξειδωση/αποικοδόμηση. Η αντίδραση διάσπασής τους οδηγεί στην παραγωγή δευτερογενών προϊόντων, όπως η πεντάναλη, η εξανάλη, η 4-υδροξυνοενάλη και η μηλονική διαλδεΐδη, καθώς και άλλες οξυγονωμένες ενώσεις, μεταξύ των οποίων είναι αλδεΐδες, οξέα και κετόνες. Αυτά τα δευτερογενή προϊόντα μπορούν να οδηγήσουν σε καταστάσεις όπως είναι η απώλεια χρώματος και η μείωση της θρεπτικής αξίας εξαιτίας των σοβαρών δράσεων στα λιπίδια, τις χρωστικές ουσίες, τις πρωτεΐνες, τους υδατάνθρακες και τις βιταμίνες. Στο κρέας, η υδρόλυση των λιπιδίων μπορεί να λάβει χώρα ενζυμικά ή μη ενζυμικά (Domínguez et al., 2019).

Ως λιπόλυση ορίζεται η ενζυμική διάσπαση των αποθηκευμένων λιπιδίων και καταλύεται από διαφορετικές ομάδες λιπολυτικών ενζύμων όπως οι λιπάσες, οι εστανάσες και η φωσφολιπάση. Τα ένζυμα αυτά μπορεί να βρίσκονται είτε ενδογενώς στο τρόφιμο είτε να προέρχονται εξωγενώς από ψυχρότροφους μικροοργανισμούς. Οι λιπάσες απαντώνται σε ιστούς όπως είναι το δέρμα, το αίμα κλπ. Κατά τη διάρκεια της λιπόλυσης, οι διασπούν τους εστέρες των λιπαρών οξέων με την γλυκερόλη με αποτέλεσμα των σχηματισμό ελεύθερων λιπαρών οξέων, τα οποία με την σειρά τους είναι υπεύθυνα για τη μη επιθυμητή γεύση, που είναι γνωστή ως τάγγιση (rancidity). Η μη ενζυματική υδρόλυση προκαλείται από αιμοφόρες πρωτεΐνες, με πιο χαρακτηριστικά παραδείγματα τις αιμοφόρες σφαιρίνες (αιμοσφαιρίνη και μυοσφαιρίνη) και τα διάφορα κυτοχρώματα (που απαντώνται κυρίως στο ενδοπλασματικό δίκτυο και τα μιτοχόνδρια). Κατά την οξειδωση των πρωτεϊνών αυτών παράγονται υδροϋπεροξειδία. Κατά την αντίδραση αυτή της αίμης, ένα σύμπλοκο πρωτοπορφυρίνης σε δισθενή σίδηρο ( $P-Fe^{2+}$ ), , θα οξειδωθεί σε σύμπλοκο με τρισθενή σίδηρο ( $P-Fe^{3+}$ ). Το σχηματιζόμενο ανιόν ρίζας υπεροξειδίου αντιδρά με ιόντα υδρογόνου και προς παραγωγή υπεροξειδίου του υδρογόνου. Αυτό στην συνέχεια θα οξειδώσει το σύμπλοκο  $P-Fe^{3+}$  προς  $P-Fe = O$ . Στην οξειδοαναγωγή του ελεύθερου σιδήρου συμβάλει το ασκορβικό οξύ και είναι ο κύριος εκκινητής της αντίδρασης της υπεροξειδωσης των λιπιδίων στα νωπά κρέατα και επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την οξειδωση της οξυμυοσφαιρίνης (Domínguez et al., 2019).

#### **2.6.1.2 Αυτολυτική ενζυμική αλλοίωση**

Οι ενζυμικές δράσεις είναι μια φυσική διαδικασία στα μυϊκά κύτταρα των ζώων μετά τη σφαγή τους και οδηγούν στην αλλοίωση του κρέατος. Τα ένζυμα μπορεί να αντιδρούν χημικά με διάφορες οργανικές ενώσεις και να δρουν ως καταλύτες για μία σειρά χημικών αντιδράσεων που τελικά οδηγούν στην αυτοκαταλυόμενη αλλοίωση του κρέατος (Mutwakil, 2011).

Κατά τη διαδικασία της αυτοκαταλυόμενης αλλοίωσης, οι μεγαλομοριακές ενώσεις (υδατάνθρακες, λίπη και πρωτεΐνες) των ιστών διασπώνται σε πιο απλές μικρομοριακές ενώσεις. Το γεγονός αυτό οδηγεί στην πιο μαλακή υφή και κτήση πρασινωπού αποχρωματισμού από το κρέας. Οι χημικές αντιδράσεις που πραγματοποιούνται κατά την αυτόλυση περιλαμβάνουν την αποικοδόμηση των πρωτεϊνών και την υδρόλυση των λιπών, οι οποίες αποτελούν υπόστρωμα για τη

μικροβιακή αποσύνθεση. Η υπερβολική αυτόλυση είναι γνωστή και ως "souring" ή ξίνισμα στα ελληνικά (Luong et al., 2020).

Η μεταθανάτια διάσπαση των πρωτεϊνών είναι αποτέλεσμα της δράσης πρωτεασών που βρίσκονται στους ιστούς και είναι υπεύθυνη για τις αλλαγές στη γεύση την υφή του κρέατος. Η μεταθανάτια γήρανση του κόκκινου κρέατος έχει ως αποτέλεσμα τη διαδικασία της ωρίμανσης, η οποία οδηγεί σε πιο μαλακό και εύγευστο κρέας. Η μεταθανάτια αυτόλυση συμβαίνει στο σύνολο των ιστών, αλλά εμφανίζει ποικίλους ρυθμούς στα διάφορα όργανα. Για παράδειγμα είναι πιο γρήγορη σε αδενικούς ιστούς, όπως το ήπαρ, και πιο αργή στους γραμμωτούς μύες. Μια ποικιλία ενζύμων είναι υπεύθυνη για την διαδικασία αυτή, μεταξύ των οποίων είναι οι καλπαΐνες, κατεψίνες και αμινοπεπτιδάσες τα οποία οδηγούν σε διάσπαση πρωτεϊνών της γραμμής z των ινιδίων του μυϊκού ιστού. Οι καλπαΐνες αποτελούν έναν από τους προκαταρκτικούς παράγοντες που οδηγούν στην πρωτεολυτική ωρίμανση του κρέατος. Οι κατεψίνες, συμβάλλουν στην τρυφεροποίηση σε χαμηλό pH. Τα πρωτεολυτικά ένζυμα εμφανίζουν συγκεκριμένους βαθμούς ενεργότητας ακόμα και σε χαμηλές θερμοκρασίες (5°C). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ακόμα και σε τέτοιου τύπου συνθήκες να προκαλείται υποβάθμιση της ποιότητας του κρέατος εξαιτίας της ανάπτυξης μικροοργανισμών και της παραγωγής βιογενών αμινών (Luong et al., 2020).

### **2.6.1.3 Μικροβιακή δραστηριότητα**

Το κρέας και τα προϊόντα του αποτελούν ένα βέλτιστο μέσο για την ανάπτυξη για μια ποικιλία μικροοργανισμών (βακτήρια, ζύμες και μύκητες), ορισμένοι εκ των οποίων είναι παθογόνοι. Ο εντερικός σωλήνας και το δέρμα αποτελούν τις πιο σημαντικές πηγές προέλευσης αυτών των μικροοργανισμών (Mutwakil, 2011).

Η σύνθεση της μικροχλωρίδας στο κρέας εξαρτάται από διάφορους παράγοντες: (α) τις πρακτικές εκτροφής πριν από τη σφαγή (ελεύθερη βοσκή ή εντατική εκτροφή), (β) την ηλικία του ζώου κατά τη σφαγή, (γ) τους χειρισμούς κατά τη σφαγή, την εκσπλαχνισμό και την επεξεργασία, (δ) τους ελέγχους της θερμοκρασίας κατά τη σφαγή, την επεξεργασία και τη διανομή, (ε) τις μεθόδους συντήρησης, (στ) τον τύπο της συσκευασίας και (ζ) το χειρισμό και την αποθήκευση από τον καταναλωτή (Mutwakil, 2011).

### 2.6.2 Αλλαγές που σχετίζονται με την αλλοίωση

Δεδομένου ότι η επιβίωση των μικροβίων ακολουθεί διαφορετικά μονοπάτια ανάλογα με τους πολλούς παράγοντες που συμβαίνουν, τα ανιχνεύσιμα αποτελέσματα είναι πολλαπλά: ορατή ανάπτυξη (γλίτσα, αποικίες), αλλαγές στην υφή (αποικοδόμηση πολυμερών) ή δυσάρεστες οσμές και γεύσεις (Nychas et al., 2008).

Η αλλοίωση του κρέατος και τα χαρακτηριστικά της σχετίζονται με τη διαθεσιμότητα διαφόρων υποστρωμάτων που υπάρχουν στο κρέας, τα οποία συμβάλουν στην ανάπτυξη των μικροοργανισμών, όπως είναι η γλυκόζη, το γαλακτικό οξύ, οι διάφορες αζωτούχες ενώσεις και τα ελεύθερα αμινοξέα. Οι ενώσεις αυτές μετατοπίζονται από τους μικροοργανισμούς και είναι κύριοι πρόδρομοι μεταβολικών που είναι υπεύθυνοι για την αλλοίωση. Ανάλογα με το είδος του μικροοργανισμού και τη συγγενειά τους με το οξυγόνο, οι ενώσεις αυτές μπορεί να μεταβολιστούν περαιτέρω σε άλλα καταβολικά υποπροϊόντα (Iulietto et al., 2015).

Το πτητικό κλάσμα των μικροβιακών καταβολικών, το οποίο και είναι υπεύθυνο για την δυσάρεστη οσμή του αλλοιωμένου κρέατος περιλαμβάνει διαφορετικά μόρια, όπωςθειούχες ενώσεις, αλδεΐδες, κετόνες, οργανικά οξέα, πτητικά λιπαρά οξέα, αλκοόλες, αιθυλεστέρες, αμμωνία και άλλους μεταβολίτες. Ανάλογα με τα οσφρητικά όρια και την αλληλεπίδραση μεταξύ πτητικών και μη πτητικών ενώσεων, αυτά επηρεάζουν την αισθητηριακή ποιότητα τόσο στο νωπό όσο και στο μαγειρεμένο κρέας (Casaburi et al., 2015).

Η κακοσμία του κρέατος που συσκευάζεται σε κενό και τροποποιημένη ατμόσφαιρα είναι λιγότερο έντονη και αντιπροσωπεύεται από ένα όξινο άρωμα, ως αποτέλεσμα της αλλοίωσης που προκαλείται από βακτήρια γαλακτικού οξέος (LAB), τα οποία συνδέονται με την παραγωγή γαλακτικού και οξικού οξέος κατά τη διάρκεια της λογαριθμικής και της στάσιμης φάσης ανάπτυξης. Η περιεκτικότητα σε διοξείδιο του άνθρακα και οξυγόνο επηρεάζει τον ρυθμό κατανάλωσης γλυκόζης από τους διαφορετικούς μικροοργανισμούς. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, ο μεταβολισμός σε αναερόβιες συνθήκες να οδηγεί στην παραγωγή λιγότερο έντονων οσμών σε σύγκριση με τον αερόβιο μεταβολισμό. Για τον λόγο αυτό η χρήση χαμηλής συγκέντρωσης οξυγόνου κατά την συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας είναι πιο κατάλληλη για τη διατήρηση των αποδεκτών ποιοτικών χαρακτηριστικών του κρέατος κατά την αποθήκευση (Bleicher et al., 2022).

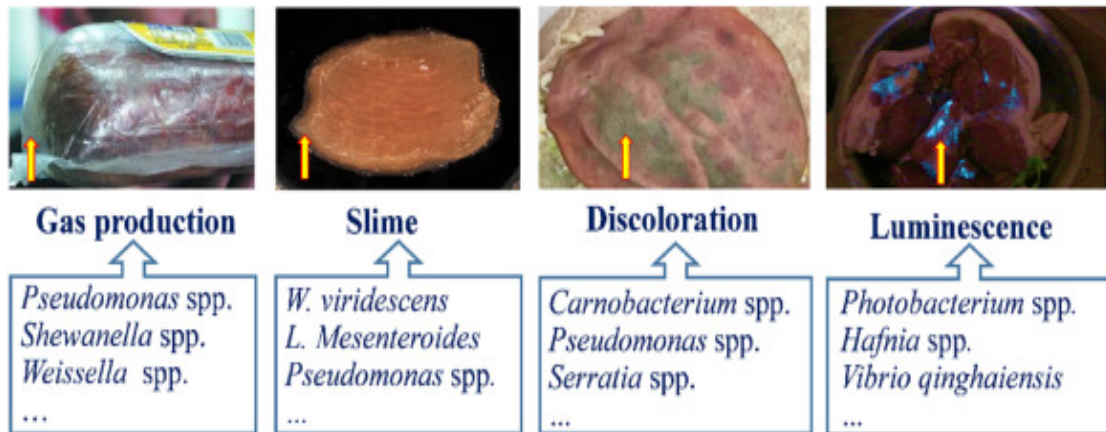
Κατά την ανάπτυξη μικροοργανισμών στην επιφάνεια των προϊόντων του κρέατος μπορεί να διαπιστωθεί η ύπαρξη βακτηριακής πατίνας. Το υδρόθειο, που

παράγεται από τους μικροοργανισμούς, μετατρέπει την μυοσφαιρίνη (η οποία δίνει στο κρέας το χρώμα του) σε σουλφομυοσφαιρίνη, η οποία χαρακτηρίζεται από πράσινο χρώμα και η εμφάνισή της είναι συνέπεια του μεταβολισμού της γλυκόζης. Η σουλφομυοσφαιρίνη δεν σχηματίζεται υπό αναερόβιες συνθήκες (Iulietto et al., 2015). Το *Leuconostoc spp.* και οι μικροοργανισμοί που μοιάζουν με το *Leuconostoc*, όπως το *Weissella viridescens*, μπορούν να προκαλέσουν πρασίνισμα των προϊόντων κρέατος, λόγω του σχηματισμού υπεροξειδίου του υδρογόνου, το οποίο οξειδώνει το νιτροσομυοχρωμόγχο ως συνέπεια της έκθεσης του κρέατος σε O<sub>2</sub> (Duskova et al., 2013).

Ο σχηματισμός σχιστοειδούς γλίτσας (ropeslime) έχει παρατηρηθεί σε μαγειρεμένα προϊόντα κρέατος, τα οποία είναι συσκευασμένα σε κενό αέρος, και προκαλείται από διάφορα ομοζυμωτικά στελέχη βακτηρίων, όπως είναι τα *Lactobacillus spp.* και *Leuconostoc spp.* Η σχιστοειδής γλίτσα αποτελεί μία σειρά από μακριά, μη επιθυμητά, μόρια πολυσακχαριτών, τα οποία έχουν την μορφή ινιδίων και σχηματίζονται μεταξύ της επιφάνειας των προϊόντων και της συσκευασίας ή μεταξύ των τμημάτων του κρέατος. Η παραγωγή γλίτσας παρέχει σε ορισμένα βακτήρια πλεονέκτημα, καθώς αποτελεί ένα προστατευτικό στρώμα που διατηρεί τα βακτήρια σε ένα υγρό περιβάλλον (Iulietto et al., 2015). Το *W. viridescens* μπορεί να είναι η αιτία του σχηματισμού σχιστοειδούς γλίτσας ή του πράσινου χρώματος του κρέατος. Όταν εμφανίζονται μεμονωμένες αποικίες σε μία υγρή επιφάνεια, τότε παρατηρείται και ο σχηματισμός ενός συνεχούς στρώματος γλίτσας με πράσινη απόχρωση (Duskova et al., 2013).

Βακτήρια του γένους *Clostridium spp* οδηγούν στη παραγωγή μεγάλης ποσότητας αερίων όπως το υδρογόνο και το διοξείδιο του άνθρακα. Το κρέας που συσκευάζεται σε κενό μπορεί να προσβληθεί από αλλοίωση με καφέ συσκευασία (brownpack), η οποία χαρακτηρίζεται από παραμόρφωση της συσκευασίας λόγω της συσσώρευσης μεγάλης ποσότητας αερίων, σάπιες οσμές, παρουσία εξιδρωμάτων, εκτεταμένη πρωτεόλυση, αλλαγές στο pH και το χρώμα. Αυτός ο τύπος αλλοίωσης μπορεί να εμφανιστεί σε κρέας συσκευασμένο σε συνθήκες κενού αέρος, το οποίο βρίσκεται υπό ψύξη και προκαλείται από ψυχρόφιλα και ψυχρότροφα βακτήρια. Δεν είναι μόνο το *Clostridium spp* υπεύθυνο για τη διογκωμένη συσκευασία, αλλά τα διάφορα LABs παίζουν επίσης σημαντικό ρόλο στην παραγωγή των πτητικών, οργανικών ενώσεων που βρίσκονται στο χώρο κεφαλής της συσκευασίας του αλλοιωμένου κρέατος. Για την συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα κατά την

αποθήκευση των συσκευασιών υπεύθυνα είναι τα μεταβολικά παραπροϊόντα του μεταβολισμού των ετεροζυμωτικών βακτηρίων. Συνήθως καθορίζει και τις οσμές εκτός του περιβάλλοντος (Iulietto et al., 2015).



Εικόνα 11: Τύποι αλλοιώσεων στο κρέας και τα βακτήρια που τους προκαλούν(Shao et al., 2021)

## Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup>- Παραδοσιακές τεχνικές συντήρησης κρέατος

Η συντήρηση κρέατος κατέστη αναγκαία για τη μεταφορά κρέατος σε μεγάλες αποστάσεις χωρίς να αλλοιώνεται η υφή, το χρώμα και η θρεπτική του αξία μετά την ανάπτυξη και τη ραγδαία ανάπτυξη των σούπερ μάρκετ. Οι στόχοι των μεθόδων συντήρησης εστιάζουν σε δύο κύριους παράγοντες: α) την αναστολή της μικροβιακής αλλοίωσης και β) την ελαχιστοποίηση της οξειδωσης και της ενζυμικής αλλοίωσης. Οι παραδοσιακές τεχνικές συντήρησης του κρέατος, όπως η ξήρανση, το κάπνισμα, η χρήση άλμης, η ζύμωση, η ψύξη και η κονσερβοποίηση, έχουν αντικατασταθεί από νεότερες προσεγγίσεις συντήρησης, όπως η χρήση χημικών, η βιοσυντηρητική και οι μη θερμικές μέθοδοι. Η συνδυαστική χρήση αυτών των μεθόδων μπορεί να εφαρμοστεί για τη μείωση των αλλοιώσεων που συμβαίνουν κατά τη διαδικασία συντήρησης. (Zhou et al., 2010).

### 3.1 Η αποξήρανση του κρέατος

Η αποξήρανση είναι μια τεχνική κατά την οποία το νερό, που υπάρχει σε ένα υλικό απομακρύνεται από αυτό με την χρήση εξάτμισης, εξάχνωσης ή όσμωσης. Η αποξήρανση των τροφίμων εφαρμόζεται σε μεγάλο βαθμό και χρησιμοποιείται για την επίτευξη μίας σειράς στόχων. Αυτοί περιλαμβάνουν (Álvarez et al., 2021):

1. συντήρηση λόγω μειωμένης δραστηριότητας του νερού
2. μείωση του βάρους και του όγκου
3. μετατροπή ενός προϊόντος διατροφής σε μια πιο κατάλληλη μορφή ή σχήμα για αποθήκευση, συσκευασία, μεταφορά και χρήση (π.χ. αποξηραμένο γάλα, αυγά ή σκόνη καφέ που μπορεί να ανασυσταθεί με την προσθήκη νερού)
4. απόδοση επιθυμητών χαρακτηριστικών σε ένα προϊόν διατροφής, όπως, μεταξύ άλλων, διαφορετική γεύση, τραγανότητα ή μασητικότητα

Μια ποικιλία μεθόδων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ξήρανση διαφορετικών τύπων τροφίμων. Όταν γίνεται αποξήρανση του κρέατος χρησιμοποιώντας αέρα, αυτή αναφέρεται ως συναγωγική (convective). Άλλοι τύποι ξήρανσης του κρέατος περιλαμβάνουν την οσμωτική ξήρανση, την ξήρανση υπό συνθήκες κενού και την ξήρανση υπό συνθήκες ψύξης. Συχνά, η ξήρανση του κρέατος συνδυάζεται με άλλες τεχνικές όπως το αλάτισμα, το κάπνισμα ή η ζύμωση,

και υπάρχουν πολλά παραδείγματα αυτής της πρακτικής σε όλες τις ηπείρους και τους πολιτισμούς. (Ghazali et al., 2022).

Ως αφυδατωμένο κρέας αναφέρεται το σύνολο του μυϊκού ιστού ή θρυμματισμένα και διαμορφωμένα προϊόντα κρέατος που έχουν υποστεί διαδικασία αφυδάτωσης για να αφαιρεθεί η υγρασία που περιέχεται στο κρέας. Αυτό γίνεται με σκοπό να αποτραπεί η ανάπτυξη μικροοργανισμών και βιοχημικών αντιδράσεων που επηρεάζουν τη διάρκεια ζωής και μειώνουν την ποιότητα του κρέατος (Ghazali et al., 2022).

Παραδείγματα αποξηραμένου κρέατος περιλαμβάνουν αποξηραμένο στον ήλιο κρέας, όπως το Kilishi από τις αφρικανικές χώρες του Σαχέλ, το οποίο παρασκευάζεται με βόειο, αιγοπρόβειο ή κρέας καμήλας- αλατισμένα αποξηραμένα προϊόντα κρέατος, όπως το biltong, το οποίο είναι προϊόν από βόειο κρέας ή κυνήγι και προέρχεται από τη Νότια Αφρική, και το Carne-do-soi και το charqui, που παράγονται αρχικά στη Βραζιλία με βόειο κρέας, αλλά επίσης με κρέας αιγοπροβάτων. Τα προϊόντα αποξηραμένου κρέατος που έχουν υποστεί αλάτισμα ή/και ψύξη συχνά υπόκεινται σε διαδικασία ωρίμανσης ή παλαίωσης, όπως στην παραγωγή του ζαμπόν Πάρμα ή των ιβηρικών και Serrano ζαμπόν. Παραδοσιακά προϊόντα όπως το jerky από τη Βόρεια Αμερική ήταν τεμαχισμένα και αποξηραμένα προϊόντα από βοδινό κρέας, αλλά σήμερα η παραγωγή του μπορεί να περιλαμβάνει διάφορες μεθόδους επεξεργασίας, όπως τεμαχισμό, ωρίμανση, μαρινάρισμα, μαγείρεμα, κάπνισμα, χρησιμοποιώντας διάφορα είδη κρέατος όπως χοιρινό, πουλερικά και θήραμα. Επίσης, ενδιαφέρον αποτελεί το γεγονός ότι η παραγωγή του παραδοσιακού μπέικον Wiltshire περιλαμβάνει, επίσης, ορισμένη διαδικασία αποξήρανσης σε συνδυασμό με την ωρίμανση και το κάπνισμα (Álvarez et al., 2021).

Από το παρελθόν μέχρι την σύγχρονη εποχή, τα τρόφιμα, συμπεριλαμβανομένων των κρεάτων, έχουν αφυδατωθεί ή αποξηρανθεί με διάφορες τεχνικές ξήρανσης. Η τεχνική ξήρανσης εξελίσσεται συνεχώς, και η μηχανική ξήρανση αντικαθιστά σταδιακά την παραδοσιακή φυσική ξήρανση στον ήλιο. Υπάρχουν τέσσερις γενιές ξηραντήρων που έχουν αναπτυχθεί μέχρι σήμερα. Οι ξηραντήρες πρώτης γενιάς περιλαμβάνουν τους ξηραντήρες τύπου ντουλαπιού και κλίνης, περιλαμβανομένων των ξηραντήρων κλιβάνου και των περιστροφικών ξηραντήρων. Οι ξηραντήρες δεύτερης γενιάς περιλαμβάνουν ξηραντήρες ψεκασμού και τύμπανου, οι οποίοι χρησιμοποιούνται για την παραγωγή σκόνης και νιφάδων. Οι



ξηραντήρες τρίτης γενιάς χρησιμοποιούνται για την ξήρανση κρεάτων, περιλαμβάνοντας τη χρήση ξηραντήρων κατάψυξης και οσμωτικών ξηραντήρων. Η τελευταία, η τεχνολογία αφύδατωσης τέταρτης γενιάς, περιλαμβάνει τη χρήση υψηλού κενού, ρευστοποίησης και την εφαρμογή τεχνολογιών όπως οι ραδιοσυχνότητες και τα μικροκύματα (Ghazali et al., 2022).

Τα αποξηραμένα προϊόντα κρέατος μπορεί να περιέχουν και άλλα συστατικά, όπως λίπος, νερό, αλάτι, παράγοντες ωρίμανσης, μπαχαρικά. Από την αρχή του χρόνου, το κρέας έχει υποστεί επεξεργασία και έχει μετατραπεί σε μια σειρά προϊόντων με στόχο τη διατήρησή του για μεγάλο χρονικό διάστημα, την αξιοποίηση ολόκληρου του σφαγίου, τη βελτίωση της γεύσης και της ποικιλίας και τη βελτίωση της ευκολίας. Τα κρέατα ενδιάμεσης υγρασίας είναι ένας ειδικός τύπος αποξηραμένου κρέατος που διατηρεί μια μέση περιεκτικότητα υγρασίας σε θερμοκρασία δωματίου. Αυτό σημαίνει ότι το κρέας δεν είναι πολύ ξηρό ή εύθραυστο, αλλά διατηρεί μια επιθυμητή υφή που μπορεί να καταναλωθεί χωρίς να χρειάζεται επιπλέον ενυδάτωση. Η πλειονότητα των κρεάτων ενδιάμεσης υγρασίας αναπτύσσονται μέσω της φυσικής διαδικασίας ξήρανσης, κατά την οποία αφαιρείται μέρος του νερού από το κρέας. Στη συνέχεια, με την προσθήκη κατάλληλων διαλυτών ουσιών, η διαθεσιμότητα του υπολειπόμενου νερού μειώνεται, επιτρέποντας τη δημιουργία ενός προϊόντος με σταθερή υγρασία και επιθυμητή υφή. Τα κρέατα ενδιάμεσης υγρασίας δεν απαιτούν ειδικές συνθήκες αποθήκευσης όπως ψυγεία ή συσκευασίες που είναι αυστηρά ανθεκτικές στην υγρασία. Αντιθέτως, μπορούν να αποθηκευτούν σε συνθήκες θερμοκρασίας δωματίου χωρίς να επέλθει η αλλοίωση τους (Cobos & Díaz, 2014; Liqing et al., 2019).

### **3.1.1 Τεχνικές αποξήρανσης**

Κατά την ξήρανση με συναγωγή (convective heating), το νερό εξατμίζεται από την επιφάνεια του υπό ξήρανση υλικού σε μια συγκεκριμένη θερμοκρασία, όταν υπάρχει διαβάθμιση της ενεργότητας του νερού: όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία, τόσο υψηλότερος είναι ο ρυθμός ξήρανσης, ιδίως στην αρχή της διαδικασίας (Lewicki et al., 2014).

Στον τύπο αυτό ξήρανσης περιλαμβάνονται μέθοδοι, όπως είναι η άμεση ξήρανση στον ήλιο (στην οποία τρόφιμα είναι απευθείας εκτεθειμένα στον ήλιο και ξηραίνονται με φυσική συναγωγή), η έμμεση ξήρανση στον ήλιο (τα τρόφιμα ξηραίνονται είτε με έμμεση έκθεση στον ήλιο είτε με συναγωγή σε ηλιακό

ξηραντήρα), η ξήρανση με χρήση θερμό αέρα και η ξήρανση σε χαμηλή θερμοκρασία. Ο πιο συχνά χρησιμοποιούμενος τύπος ξήρανσης με συναγωγή θερμού αέρα πραγματοποιείται σε θερμαινόμενο θάλαμο, εντός του οποίου ο θερμός αέρας αφήνεται να περάσει πάνω από την επιφάνεια ενός τροφίμου. Το τρόφιμο μπορεί να τοποθετηθεί επάνω σε δίσκους με πλέγμα (είτε ως ένα στρώμα είτε ελεύθερα στην επιφάνεια) ή να κρεμαστεί ώστε να είναι πιο εύκολο η βέλτιστη κυκλοφορία του αέρα επί των επιφανειών. Κατά τη διάρκεια της ξήρανσης με συναγωγή, λαμβάνουν χώρα ταυτόχρονα διαδικασίες μεταφοράς θερμότητας και μάζας και πραγματοποιείται διάχυση της υγρασίας από το εσωτερικό του τροφίμου προς τη διεπιφάνεια αέρα-τροφίμου, ακολουθούμενη από την εξάτμιση του νερού από τη διεπιφάνεια προς το ρεύμα αέρα (Álvarez et al., 2021).

Στις συμβατικές μεθόδους αποξηήρανσης, η αλλοίωση που προκαλείται από την θερμοκρασία οδηγεί σε μείωση του ρυθμού ξήρανσης και της αναλογίας επανυδάτωσης, γεγονός που οδηγεί στην απώλεια της γεύσης, του χρώματος και διαφόρων θρεπτικών συστατικών. Για τον λόγο αυτό, θα πρέπει να γίνει η εφαρμογή μίας σειράς προηγμένων τεχνολογιών για την παραγωγή προϊόντων ξήρανσης και αποξηραμένου κρέατος υψηλότερης ποιότητας. Παράγοντες που επηρεάζονται από την διαδικασία της αποξηήρανσης είναι η δομή του πορώδους και οι πυκνότητες του όγκου των αποξηραμένων προϊόντων κρέατος. Ειδικότερα, κατά την απώλεια του νερού και την εφαρμογή θερμότητας μπορούν σχηματιστούν πόροι και να προκληθεί η συρρίκνωση. Οι παράγοντες αυτοί δύναται να επηρεάσουν την υφή και τη γεύση των κρεάτων (Ghazali et al., 2022).

Κατά τη διαδικασία της ξήρανσης υπό κενό (*vacuum drying*), η χρήση χαμηλής θερμοκρασίας και η απουσία οξυγόνου μπορούν να συμβάλλουν στη διατήρηση των μη ανθεκτικών στη θερμότητα τροφίμων αλλά και εκείνων που είναι επιρρεπή στην ταχεία οξειδωση. Αυτό σημαίνει ότι είναι δυνατόν να αποφευχθεί η αλλοίωση του χρώματος, η απώλεια γεύσης και η απώλεια ορισμένων θρεπτικών συστατικών. Ωστόσο, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η ξήρανση υπό κενό δεν μπορεί να εμποδίσει πλήρως την μείωση της ποιότητας στο αποξηραμένο κρέας (Aksoy et al., 2019).

Η τεχνολογία υπερήχων (USV) μπορεί πράγματι να χρησιμοποιηθεί στην επεξεργασία και ξήρανση του κρέατος για τη μείωση του χρόνου ξήρανσης και την απώλεια ποιότητας. Η διαδικασία των υπερηχητικών κυμάτων μπορεί να επιταχύνει τη μεταφορά νερού μέσα στο κρέας, βοηθώντας έτσι στην αύξηση του ρυθμού

ξήρανσης. Επιπλέον, οι μηχανικοί κραδασμοί που προκαλούνται από τα υπερηχητικά κύματα μπορούν να συμβάλουν στη μεταφορά θερμότητας και νερού από το εσωτερικό του κρέατος προς την επιφάνεια. Η τεχνολογία USV επιτρέπει επίσης τον έλεγχο της πίεσης και της συχνότητας των υπερηχητικών κυμάτων, τα οποία μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά τον ρυθμό μεταφοράς υγρασίας. Αυτό επιτρέπει την προσαρμογή της διαδικασίας ξήρανσης σύμφωνα με τις απαιτήσεις και τις επιθυμίες για το τελικό προϊόν κρέατος ενδιάμεσης υγρασίας (Ghazali et al., 2022).

Η ξήρανση υπό συνθήκες κατάψυξης (freeze-drying) είναι μια εξαιρετικά αποτελεσματική μέθοδος ξήρανσης που χρησιμοποιείται για τη διατήρηση βιολογικής ύλης που είναι ευαίσθητη στη θερμότητα και την οξείδωση. Σε αυτή τη διαδικασία, η ύλη καταψύχεται σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες και στη συνέχεια υπόκειται σε ξήρανση υπό κενό, χωρίς να περνά από τη φάση του υγρού. Η θεμελιώδης αρχή της ξήρανσης υπό κατάψυξη βασίζεται στην αρχή της μετάβασης τριών καταστάσεων που εμφανίζει το νερό. Η θερμοκρασία τριπλού σημείου του νερού είναι 0,0098°C με την αντίστοιχη πίεση να είναι 4,579 mmHg. Κατά την διαδικασία αυτή, το νερό στα τρόφιμα καταψύχεται σε χαμηλή θερμοκρασία και αμέσως προκαλείται η μετατροπή του νερού από στερεό σε αέριο μέσω της τοποθέτησης σε συνθήκες κενού (Kilic, 2009). Έτσι, τα τρόφιμα που αποξηραίνονται με κατάψυξη διατηρούν τη θρεπτική τους αξία, καθώς δεν προάγεται η μετουσίωση των πρωτεϊνών ή η απώλεια βιταμινών. Διατηρεί στο μέγιστο δυνατό βαθμό το αρχικό χρώμα, τη γεύση, το άρωμα και την εμφάνιση του αποξηραμένου κρέατος, προστατεύοντας παράλληλα τη σύνθεσή του, γεγονός που το καθιστά ιδιαίτερα κατάλληλο για την αποξήρανση προϊόντων κρέατος. Το προϊόν που παράγεται από την μέθοδο αυτή εμφανίζει χαμηλή περιεκτικότητα σε υγρασία και μπορεί να ενυδατωθεί με μεγάλη ταχύτητα. Για τον λόγο αυτό, με την μέθοδο αυτή μπορεί να παραχθούν και αποξηραμένα προϊόντα κρέατος με πορώδη δομή και βέλτιστες δυνατότητες επανυδάτωσης (Oyinloye & Yoon, 2020).

### **3.1.2 Επίδραση της αποξήρανσης στην θρεπτική αξία**

Το αποξηραμένο κρέας διατηρεί την πρωτεΐνη που περιέχει το φρέσκο κρέας, καθιστώντας το αποξηραμένο κρέας επίσης πλούσιο σε πρωτεΐνη. Αυτή είναι μία από τις κύριες αιτίες που καθιστά το αποξηραμένο κρέας δημοφιλές, καθώς προσφέρει μια ευκολότερη μέθοδο αποθήκευσης και συχνά παρουσιάζεται σε

συσκευασίες έτοιμες για κατανάλωση για την ευκολία των καταναλωτών. Η καρνοσίνη και η ανσερίνη βρίσκονται σε διάφορα προϊόντα αποξηραμένου κρέατος σε διαφορετικά επίπεδα. Αυτά τα διπεπτίδια βρίσκονται συνήθως στο φρέσκο κρέας, ιδίως στα κόκκινα κρέατα. Η παρουσία της καρνοσίνης και της ανσερίνης στο αποξηραμένο κρέας σημαίνει ότι διατηρούνται τα οφέλη που σχετίζονται με την υγεία. Έχει αποδειχθεί ότι η καρνοσίνη συμβάλλει στη θεραπεία της καρδιακής ανεπάρκειας, καθώς έχει ανιχνευθεί ότι σχετίζεται με τη συστολή των καρδιακών κυττάρων. Η ανσερίνη μετατρέπεται σε καρνοσίνη μέσω της μετατροπής της από πολλαπλά ένζυμα (Aristoy & Mora, 2016). Σύμφωνα με μελέτες, το αποξηραμένο κρέας στρουθοκαμήλου εμφανίζει ιδιαίτερα υψηλή περιεκτικότητα σε ανσερίνη, ενώ το βοδινό και το κοτόπουλο εμφανίζουν υψηλά ποσοστά καρνοσίνης, με το βοδινό κρέας να έχει υψηλότερα επίπεδα. Ωστόσο, σε αποξηραμένα κρέατα με μπαχαρικά η περιεκτικότητα σε καρνοσίνη και ανσερίνη εμφανίζεται μειωμένη (Zdanowska-Sąsiadek et al., 2018).

Διάφορα λιπαρά οξέα, όπως το α-λινολενικό οξύ (ALA), το εικοσιπεντανοϊκό οξύ (EPA) και το δοκοσαεξανοϊκό οξύ (DHA) υπάρχουν σε διάφορα αποξηραμένα προϊόντα κρέατος. Αυτά έχει βρεθεί πως διαθέτουν προστατευτικές ιδιότητες κατά των καρδιαγγειακών παθήσεων. Επιπλέον, έχει φανεί ότι το DHA συμβάλλει και στην ανάπτυξη του εγκεφάλου. Σύμφωνα με μελέτες, το αποξηραμένο κρέας στρουθοκαμήλου και κοτόπουλου έχει υγιέστερες αναλογίες πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (PUFA) προς μονοακόρεστα λιπαρά οξέα (SFA) σε σχέση με το αποξηραμένο μοσχαρίσιο κρέας, προσφέροντας έτσι μια βέλτιστη αναλογία PUFA προς SFA που μπορεί να συμβάλει στην πρόληψη στεφανιαίων καρδιακών παθήσεων. Επιπλέον έχει φανεί ότι η προσθήκη μπαχαρικών μπορεί να βοηθήσει στη διατήρηση της ιδανικής αναλογίας PUFA:SFA, μειώνοντας την οξειδωση των υπερβολικά υψηλών επιπέδων PUFA σε αποξηραμένα κρέατα μεγάλης διάρκειας ζωής. Στα αποξηραμένα προϊόντα κρέατος είναι πλούσια και σε μέταλλα, ειδικά σίδηρο, ψευδάργυρο και μαγνήσιο. (Zdanowska-Sąsiadek et al., 2018).

Μέταλλα, όπως είναι ο ψευδάργυρος και το μαγνήσιο εμφανίζουν υψηλές συγκεντρώσεις σε αποξηραμένα προϊόντα κρέατος, με πιο υψηλά επίπεδα ψευδαργύρου να απαντώνται σε λουκάνικα και υψηλότερα ποσά μαγνησίου σε άλλα αποξηραμένα προϊόντα κρέατος. Ο ψευδάργυρος και το μαγνήσιο αποτελούν στοιχεία που επιτελούν σημαντικές λειτουργίες στην ανθρώπινη υγεία. Ο ψευδάργυρος μπορεί συμβάλει στην ρύθμιση αντιφλεγμονοδών και αντιοξειδωτικών

βιοχημικών οδών και η λήψη ψευδαργύρου μέσω συμπληρωμάτων χρησιμοποιείται για τη θεραπεία μίας σειράς θεμάτων υγείας όπως είναι η ηπατική νόσος, ο καρκίνος και οι καρδιακές παθήσεις. Από την άλλη πλευρά, το μαγνήσιο χρησιμεύει στη διατήρηση των οστών ρυθμίζοντας την ομοίωση του ασβεστίου και των φωσφορικών αλάτων μέσω της ενεργοποίησης της βιταμίνης D. Το αποξηραμένο χοιρινό κρέας έχει φανεί πως εμφανίζει πιο υψηλή περιεκτικότητα σε ψευδάργυρο και μαγνήσιο όταν συγκρίνεται με το αποξηραμένο κοτόπουλο. (Ghazali et al., 2022).

### 3.1.3 Πρόσθετα υλικά που προστίθενται κατά την διαδικασία της ξήρανσης

Εκτός από το ίδιο το κρέας το οποίο αποτελεί το κύριο συστατικό των αποξηραμένων προϊόντων κρέατος, πολλές φορές πραγματοποιείται και η προσθήκη διαφόρων άλλων συστατικών μεταξύ των οποίων είναι το αλάτι, μπαχαρικά και άλλα πρόσθετα. Σε γενικές γραμμές, αυτά υλικά συμβάλουν στην επεξεργασία του κρέατος, βελτιώνουν τις οργανοληπτικές ιδιότητες του και αυξάνουν τη διάρκεια ζωής των αποξηραμένων προϊόντων. Αν η πλειοψηφία από τα προστιθέμενα αυτά υλικά βρίσκεται σε στερεές μορφές (σκόνη ή χονδρόκοκκο άλεσμα), μπορεί να βρίσκονται και σε υγρές μορφές, όπως για παράδειγμα τα αιθέρια έλαια (Ghazali et al., 2022).

Υλικό	Λειτουργία	Μορφή προσθήκης	Προϊόντα
<b>Μαγειρικό Αλάτι (NaCl)</b>	Οσμωτική αφυδάτωση κιμά. Μείωση της ενεργότητας του νερού, μέσω αυξημένης πρόσληψης αλατιού από το κρέας	Κρύσταλλοι	Αφυδατωμένος μοσχαρίσιος κιμάς, αποξηραμένα χοιρινά φιλέτα
<b>Αιθέριο Έλαιο ρίγανης και θυμαριού</b>	Διατήρηση σταθερής μικροβιακής δραστηριότητας κατά τη περίοδο αποθήκευσης. Αισθητηριακές ιδιότητες Παράταση της διάρκειας ζωής του κρέατος	Αιθέρια έλαια	Αφυδατωμένο χοιρινό κρέας και προϊόντα

<b>Μαύρο και κόκκινο πιπέρι</b>	Ως καρύκευμα για το κρέας	Σκόνη ή κόκκοι	Αποξηραμένα τσιπς βοδινού κρέατος
<b>Σορβικό κάλιο</b>	Δρουν ως συντηρητικά αδρανοποιώντας τη <i>Salmonella spp.</i> και τη <i>Listeria monocytogenes</i>	Σκόνη	Μοσχαρίσιο, πρόβειο κρέας, πουλερικά
<b>Γκαλανγκάλ, κόλιανδρος, σκόρδο, θυμάρι</b>	Μειώνει την αντιδραστικότητα των νιτρωδών και την αυξάνει την αντιοξειδωτική δραστηριότητα	Βλαστοί και φύλλα	Dendeng, βόειο κρέας
<b>Νιτρικό κάλιο και νιτρικό νάτριο</b>	Δίνει κόκκινο χρώμα στο αποξηραμένο κρέας. Λειτουργεί ως παράγοντας έναντι της βουτιλινίωσης	Κρύσταλλοι	Ζαμπόν ξηρής ωρίμανσης, λουκάνικο ξηρής ωρίμανσης

*Πίνακας 6: Υλικά τα οποία προστίθενται κατά την διάρκεια της αποξήρανσης του κρέατος (Προσαρμοσμένο από Ghazali et al., 2022)*

Το αλάτι (χλωριούχο νάτριο) είναι ένα από τα πιο κοινά προστιθέμενα συστατικά στα αποξηραμένα προϊόντα κρέατος. Έχει διπλό ρόλο στη διατήρηση και επεξεργασία του κρέατος. Αρχικά, χρησιμεύει ως καρύκευμα για να προσδώσει γεύση και αρωματικότητα στο κρέας. Επιπλέον, λειτουργεί ως μέσο αφυδάτωσης για να διατηρηθεί το κρέας. Κατά την αφυδάτωση του κρέατος, το αλάτι προκαλεί οσμωτική αφυδάτωση. Αυτό σημαίνει ότι το αλάτι και το νερό δημιουργούν ένα ομοιοστατικό διάλυμα στο κρέας, και από αυτό προκύπτει η οσμωτική αφυδάτωση του κρέατος. Αυτή η επεξεργασία συμβάλλει στη μείωση της υγρασίας του κρέατος με μη θερμικό τρόπο. Η προσθήκη αλατιού κατά την επεξεργασία του κρέατος έχει διάφορες επιπτώσεις. Υψηλές συγκεντρώσεις αλατιού στο οσμωτικό διάλυμα προκαλούν αύξηση της πρόσληψης αλατιού από το κρέας και μείωση της ενεργότητας του νερού. Με τον τρόπο αυτό, η προσθήκη αλατιού κατά την διαδικασία επεξεργασίας αναστέλλει ή μειώνει την ανάπτυξη των ευαίσθητων στο αλάτι μικροοργανισμών. Παράλληλα, η ταυτόχρονη προσθήκη μαλτοδεξτρίνης κατά την επεξεργασία με αλάτι συμβάλλει στην διατήρηση του κόκκινου χρώματος του κρέατος. Η χαμηλότερη ενεργότητα νερού και η μειωμένη μικροβιακή ανάπτυξη οδηγούν σε

υψηλότερη σταθερότητα αποθήκευσης του προϊόντος, με αποτέλεσμα την παράταση της διάρκειας ζωής του στο ράφι (Dimakoroulou-Papazoglou & Katsanidis, 2017).

Σε διάφορα μέρη του κόσμου, ο όρος "μπαχαρικό" ορίζεται διαφορετικά. Τα αποξηραμένα φυτικά συστατικά εκτός από τα φύλλα είναι αυτά που είναι γνωστά ως μπαχαρικά. Αυτά τα φυτικά συστατικά είναι περιστασιακά καυτερά και συνεισφέρουν γεύσεις στο πιάτο στο οποίο εισάγονται. Τα βότανα, από την άλλη πλευρά, είναι τα αποξηραμένα φύλλα αρωματικών φυτών που χρησιμοποιούνται στο μαγείρεμα για να προσφέρουν γεύση και άρωμα. Είναι κοινή πρακτική να πωλούνται εκτός από τα φύλλα και οι μίσχοι των φυτών και τα στελέχη των φύλλων. Κατά την επεξεργασία του αποξηραμένου κρέατος, υπάρχει μια ποικιλία μπαχαρικών και βοτάνων που μπορούν να προστεθούν, ανάλογα με τον τύπο των προϊόντων κρέατος (Peter & Shylaja, 2012). Τα μπαχαρικά είναι τροπικά φυτά που έχουν γεύση ή πικάντικη γεύση αρωματικών χημικών ουσιών. Συνήθως, ολόκληρα μπαχαρικά, αλεσμένα μπαχαρικά ή εκχυλίσματα τους μπορούν να προστεθούν στην μαγειρική για να ενισχύσουν τη γεύση. Για να βελτιωθούν οι αισθητηριακές ιδιότητες του κρέατος, προστίθενται μπαχαρικά και καρυκεύματα, όπως μαύρο πιπέρι, κόκκινο πιπέρι, γλυκάνισο και κάρδαμο. Οι αντιοξειδωτικές, αντιμυκητιακές και αντιβακτηριδιακές ιδιότητες αυτών των μπαχαρικών είναι χρήσιμες για την παράταση της διάρκειας ζωής των αποξηραμένων κρεάτων (Nanasombat & Wimuttigosol, 2011).

Κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας, προστίθενται συχνά πρόσθετα στο αποξηραμένο κρέας και τα προϊόντα κρέατος για να δημιουργήσουν το κατάλληλο χρώμα ή να χρησιμεύσουν ως συντηρητικά. Το σορβικό κάλιο, το οποίο συχνά προστίθεται ή χρησιμοποιείται στο πλύσιμο του κοτόπουλου, του βοδινού κρέατος και του κρέατος προβάτου, είναι ένα από τα συντηρητικά αυτά. Το σορβικό κάλιο χρησιμοποιείται κυρίως ως συντηρητικό συστατικό για τη μείωση ή την αποτροπή της δράσης των μικροοργανισμών, παρατείνοντας έτσι τη διάρκεια ζωής των προϊόντων κρέατος (Hoang&Vu, 2016). Η δράση του έναντι των, *Listeria monocytogenes* και της *Salmonella spp.*, έχει αποδείξει τις αντιβακτηριδιακές ιδιότητες του σορβικού καλίου. Έχει αποδειχθεί ότι η θερμική αδρανοποίηση της *Salmonella spp.* μπορεί να επιτευχθεί με την προσθήκη σορβικού καλίου σε συνδυασμό με άλλα στοιχεία όπως το pH, η aw και η θερμοκρασία. Η πλύση του κρέατος με σορβικό κάλιο έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της μικροβιακής δραστηριότητας για τη *L. monocytogenes*, παρατείνοντας τη διάρκεια ζωής του προϊόντος κατά 2 ημέρες. Κατά συνέπεια, το

σορβικό κάλιο είναι ένα συστατικό που παρέχεται κυρίως στο κρέας για την ικανότητά του να το συντηρεί (Ghazali et al., 2022).

#### **3.1.4 Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά αποξηραμένου κρέατος**

Οι φυσικές και χημικές ιδιότητες των αποξηραμένων προϊόντων βοείου κρέατος αναφέρονται ως φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά. Το pH, η ενεργότητα του νερού, η οξειδωση των λιπιδίων, η εγγύς σύνθεση, το χρώμα και οι οργανοληπτικές ιδιότητες είναι μερικά από τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του αποξηραμένου κρέατος. Η ποσότητα του ενδομυϊκού λίπους και η ηλικία του ζώου που χρησιμοποιείται είναι δύο φυσικά χαρακτηριστικά που επηρεάζουν την ποιότητα του αποξηραμένου κρέατος. Οι εκτιμήσεις των καταναλωτών για την ποιότητα του κρέατος μπορεί να επηρεαστούν σε μεγάλο βαθμό από την επιφανειακή υφή του αποξηραμένου κρέατος. Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει την ποιότητα του αποξηραμένου κρέατος είναι η χημική του σύσταση. Ανάλογα με τη φυλή, το είδος και την ηλικία του ζώου, η σύνθεση του κρέατος αλλάζει. Τα μοναδικά χαρακτηριστικά του αποξηραμένου κρέατος είναι κυρίως αποτέλεσμα της φυσικής και χημικής σύστασης του κρέατος. Κατά την αξιολόγηση των διαφόρων διαδικασιών ξήρανσης κρέατος, οι φυσικοχημικές ιδιότητες αποτελούν κρίσιμες ενδείξεις (Ghazali et al., 2022).

Η διαδικασία ξήρανσης επηρεάζει σημαντικά το pH των αποξηραμένων προϊόντων βοείου κρέατος. Τα εμπορικά δείγματα αποξηραμένου βοείου κρέατος είχαν τιμές pH μεταξύ 5,4-5,8. Για να αποφευχθεί η μετουσίωση της πρωτεΐνης του βοείου κρέατος, τα χαμηλά επίπεδα pH είναι ζωτικής σημασίας. Σε κάποια είδη κρεάτων της Νότιας Αφρικής που μελετήθηκαν, δεν υπήρξε διακριτή διακύμανση στο pH του αλατισμένου αποξηραμένου κρέατος, όπως του φρέσκου ή ξηρού biltong ή και των δύο. Το φρέσκο biltong είχε pH 5,58, ενώ το αποξηραμένο biltong είχε pH 5,35. Για την παραγωγή αποξηραμένου κρέατος με χαμηλό pH, η τεχνική της ξήρανσης με κατάψυξη αποδείχθηκε η πιο κατάλληλη (Petit et al., 2014). Σύμφωνα με μια μελέτη σχετικά με διάφορες μεθόδους ξήρανσης κρέατος, η μέθοδος ξήρανσης με κατάψυξη έδωσε τη χαμηλότερη τιμή pH, 5,89, από όλους τους τρόπους ξήρανσης. Ωστόσο, η τιμή pH για τη διαδικασία ξήρανσης στον αέρα ήταν η υψηλότερη, 6,08. Οι διαφορετικές μέθοδοι ξήρανσης είχαν ως αποτέλεσμα την απώλεια της ελεύθερης όξινης ομάδας, γεγονός που οδήγησε στη διαφορά των επιπέδων pH (Mishra et al., 2017).



Η διαθεσιμότητα και η τοποθεσία του νερού είναι σημαντικοί παράγοντες που ελέγχουν τη μικροβιακή ανάπτυξη και την ενζυμική δραστηριότητα στα ξηρά τρόφιμα. Η κατάσταση του νερού στο τρόφιμο εκφράζεται από τον συντελεστή ενεργότητας νερού, μια μέτρηση του θερμοδυναμικού χημικού δυναμικού του νερού στο σύστημα. Ο λόγος της πίεσης ατμών του νερού στο τρόφιμο ( $p$ ) προς την πίεση ατμών του καθαρού νερού ( $p_0$ ) στην ίδια θερμοκρασία είναι γνωστός ως ενεργότητα νερού ( $a_w$ ). Το επίπεδο  $a_w$  στα αποξηραμένα προϊόντα είναι συχνά μικρότερο από 0,7, επειδή είναι απαραίτητο για τη μικροβιολογική σταθερότητα ώστε να σταματήσει η μικροβιακή ανάπτυξη (Mason et al., 2018). Παρόλο που δεν υπάρχει άμεση συσχέτιση μεταξύ της περιεκτικότητας σε νερό και της ενεργότητας νερού, καθώς η περιεκτικότητα σε νερό μειώνεται, μειώνεται και η ενεργότητα. Τα υψηλά επίπεδα NaCl θα μειώσουν την ποσότητα του ελεύθερου νερού στο κρέας, μειώνοντας την τιμή  $a_w$ . Περισσότερο από τη συνολική ποσότητα νερού στο γεύμα, η παρουσία ενεργού νερού μπορεί να είναι πιο σημαντική για τη σταθερότητα του τροφίμου. Επιπλέον, λόγω της αποτελεσματικής μεταφοράς των προ-οξειδωτικών και της επακόλουθης αύξησης της οξείδωσης στα τελευταία, η οξείδωση των λιπιδίων είναι πιο σημαντική σε πολύ υψηλά και πολύ χαμηλά  $a_w$ . Το νερό αναστέλλει τα αρχικά στάδια της οξείδωσης των λιπιδίων αλλά, όταν η  $a_w$  αυξάνεται, ενισχύει την επακόλουθη αντιδραστικότητα των προϊόντων διάσπασης των λιπιδίων με τις πρωτεΐνες (Mishra et al., 2017).

Η τάγγιση είναι αποτέλεσμα σημαντικών αλλοιώσεων που προκαλούνται από την οξείδωση των λιπιδίων κατά την παραγωγή και την αποθήκευση των τροφίμων. Το χρώμα, η υφή, η γεύση και η θρεπτική αξία των αποξηραμένων τροφίμων μπορεί να μεταβληθούν λόγω της οξείδωσης των λιπιδίων. Κατά τα στάδια του μαγειρέματος και της αποθήκευσης, η οξείδωση των λιπιδίων λαμβάνει συχνά χώρα. Λόγω της αύξησης του μη αιμικού σιδήρου και της διάσπασης των αιμικών χρωστικών ουσιών, οι οποίες διευκολύνουν την αυτοοξείδωση και προκαλούν τάγγιση, η ποσότητα ιόντων σιδήρου στο αποξηραμένο κρέας είναι αισθητά υψηλότερη μετά την ξήρανση. Η μετουσίωση των πρωτεϊνών, η διάσπαση των αντιοξειδωτικών και η ενζυμική δραστηριότητα ενδέχεται να διαδραματίζουν ρόλο στην οξείδωση των λιπιδίων (Mishra et al., 2017).

Στα αποξηραμένα τρόφιμα, η περιεκτικότητα σε υγρασία, πρωτεΐνες, τέφρα και υδατάνθρακες σχετίζεται με την κατά προσέγγιση σύνθεση (proximate composition). Για να διασφαλιστεί ότι η διαδικασία ξήρανσης οδηγεί στο καλύτερο δυνατό

αποξηραμένο κρέας, είναι ζωτικής σημασίας να λαμβάνεται υπόψη η ποσότητα του προσεγγιστικού συστατικού. Με βάση ορισμένα θρεπτικά συστατικά, η ανάλυση των προσεγγιστικών συστατικών θα συγκρίνει διαφορετικές μεθόδους ξήρανσης αποξηραμένου κρέατος. Η συνολική ποσότητα υγρασίας και η ποσότητα λίπους στα αποξηραμένα προϊόντα βοείου κρέατος επηρεάζονται αμφότερα από τη διαδικασία ξήρανσης. Σε γενικές γραμμές, η διαδικασία ξήρανσης θα οδηγήσει σε μείωση της περιεκτικότητας σε υγρασία κατά 4 έως 5% και σε μείωση της συνολικής περιεκτικότητας σε λίπος κατά 3 έως 4%. Τα προϊόντα που παρασκευάζονται από αποξηραμένο κρέας μπορεί να έχουν υψηλότερα επίπεδα τέφρας και χαμηλότερα επίπεδα υγρασίας με την προσθήκη καρυκευμάτων όπως αλάτι (Ghazali et al., 2022).

Δεδομένου ότι οι καταναλωτές μπορούν να αξιολογήσουν γρήγορα τα τρόφιμα με βάση το χρώμα τους, το χρώμα είναι ένα βασικό χαρακτηριστικό στην αξιολόγηση των τροφίμων. Οι τιμές φωτεινότητας (Lightness, L), ερυθρότητας (redness, a) και κίτρινου χρώματος (yellowness, b) είναι μια πηγή διακύμανσης της σκέδασης του φωτός από την επιφάνεια του κρέατος που δείχνει το επίπεδο μαυρίσματος κατά την ξήρανση. Η διαδικασία ξήρανσης έχει σημαντικό αντίκτυπο στις τιμές αυτές. Η τιμή L για το αποξηραμένο βόειο κρέας κυμαίνεται από 20 έως 50, ανάλογα με τις διάφορες τεχνικές ξήρανσης. Η τιμή b ήταν περίπου 10-20, ενώ η τιμή a κυμαινόταν μεταξύ 6 και 10. Ένα υψηλότερο ποσοστό κρέατος στα αποξηραμένα προϊόντα κρέατος αύξησε τις τιμές L, a και b. Επιπλέον, το χρώμα των ειδών μπορεί να διαφέρει ανάλογα με τις μεθόδους ξήρανσης που χρησιμοποιούνται (Ghazali et al., 2022).

### **3.2 Η χρήση αλατιού για την συντήρηση του κρέατος**

Από μαγειρικής άποψης, το αλάτι χρησιμοποιείται κυρίως για να βελτιώσει τη γεύση των τροφίμων, βελτιώνοντας τη γεύση ακόμη και των πιο δυσάρεστων πιάτων. Ωστόσο, μεγάλες ποσότητες αλατιού χρησιμοποιούνται στα τρόφιμα για διάφορους λόγους πέρα από τη γεύση και τη συντήρηση. Λόγω των διαφόρων φυσιολογικών λειτουργιών που διαδραματίζει το νάτριο, το επίπεδό του συχνά διατηρείται σε υψηλά επίπεδα. Όταν προστίθεται σε προϊόντα κρέατος, το αλάτι (1,5%-2,5% κ.β.) διαλύει τις πρωτεΐνες του κρέατος, ενεργοποιεί την εκχύλιση των πρωτεϊνών, βελτιώνει την ενυδάτωση και την ικανότητα συγκράτησης νερού (WHC), ενισχύει την απόδοση στο μαγείρεμα και αυξάνει το ιξώδες των ινιδίων κρέατος, επιτρέποντας τη δημιουργία

θερμοσταθερών γαλακτωμάτων όπως τα λουκάνικα και μειώνοντας την απώλεια υγρών (Inguglia et al., 2017).

Το αλάτισμα (salting) είναι μια τεχνική συντήρησης που χρησιμοποιεί αλάτι (NaCl). Με τη μείωση της υγρασίας του τροφίμου και την εξάλειψη των μικροοργανισμών, επιτυγχάνεται αυτό με την τεχνική συντήρησης του αλατίσματος. Εναλλακτικά είναι γνωστό και ως brining (χρήση άλμης). Ως τεχνική το αλάτισμα δεν χρησιμοποιείται κατά αποκλειστικότητα για την συντήρηση του κρέατος. Αντίθετα συνήθως συνδυάζεται με άλλες μεθόδους, όπως για παράδειγμα την αποξήρανση. Για διάφορους λόγους, αυτή η τεχνική αλατίσματος χρησιμοποιείται συχνά για τη συντήρηση κρεάτων. Οι λόγοι αυτοί παρατίθενται παρακάτω (Indiarto et al., 2021):

- Η τεχνική του αλατίσματος είναι σχετικά απλή και δεν χρειάζεται ιδιαίτερες μορφές εξοπλισμού, οι οποίες αυξάνουν το κόστος της διαδικασίας και παραγωγής
- Αποτελεί μία αρκετά οικονομική τεχνική
- Τα προϊόντα που έχουν υποστεί επεξεργασία με αλάτι, ιδίως όταν συνδυάζονται με ξήρανση, έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής και μπορούν να αποστέλλονται σε απομακρυσμένα μέρη χωρίς να χρειάζονται ειδικό χειρισμό,
- Τα αλατισμένα κρέατα είναι σχετικά οικονομικά, με αποτέλεσμα να είναι εύκολα διαθέσιμα και επιθυμητά από το καταναλωτικό κοινό

Μια ακολουθία ενεργειών που αποσκοπούν στη χρήση αλατιού για τη συντήρηση προϊόντων κρέατος αναφέρεται συχνά ως αλάτισμα. Χρησιμοποιείται είτε κρυσταλλωμένο είτε διαλυμένο επιτραπέζιο αλάτι (NaCl). Εκτός από τη συντήρηση των τροφίμων, η διαδικασία αλατίσματος προσπαθεί επίσης να παράγει τις κατάλληλες αλλαγές στις αισθητηριακές ιδιότητες του προϊόντος, όπως αλλαγές στην υφή, το χρώμα και τη γεύση (Indiarto et al., 2021).

Επειδή το αλάτι είναι βακτηριοστατικό, έχει την ικανότητα να αναστέλλει ειδικά ορισμένους μολυσματικούς μικροοργανισμούς. Οι μικροοργανισμοί που αλλοιώνουν (πρωτεολυτικοί) ή σχηματίζουν σπόρια είναι αυτοί που επηρεάζονται περισσότερο από τα επίπεδα αλατιού. Η ενεργότητα του νερού ( $a_w$ ), ένα στοιχείο που προάγει την ανάπτυξη αυτών των βακτηρίων, μπορεί να δεσμευτεί και να μειωθεί από το αλάτι. Το αλάτι επηρεάζει επίσης τον τρόπο με τον οποίο αναπτύσσονται ορισμένες γεύσεις και αρώματα. Το αλάτι εισχωρεί στη σάρκα κατά τη διαδικασία αλατίσματος. Η

διαφορά στη συγκέντρωση θα προκαλέσει διαρροή του υγρού στο εσωτερικό του κρέατος. Τα υπόλοιπα υγρά του σώματος θα πυκνώσουν, θα λάβει χώρα πήξη των πρωτεϊνών και η συρρίκνωση των κυττάρων και θα επηρεάσει τον χαρακτήρα του κρέατος, επειδή η συγκέντρωση αλατιού στο σώμα και στο περιβάλλον του θα είναι συγκρίσιμη (Indiarto et al., 2021).

Η διαδικασία της διατήρησης του κρέατος μέσω του αλατίσματος πραγματοποιείται μέσω των παρακάτω διεργασιών (Indiarto et al., 2021):

- 1) Πραγματοποιείται απορρόφηση του αλατιού εντός της σάρκας του κρέατος, μέσω της οσμωτικής διαδικασίας. Το γεγονός αυτό θα οδηγήσει σε μείωση του ποσοστού νερού, το οποίο υπάρχει στο κρέας. Η μείωση αυτή οδηγεί στην διατάραξη των φυσιολογικών μεταβολικών διεργασιών, οι οποίες πραγματοποιούνται από τους μικροοργανισμούς, με αποτέλεσμα το κρέας να καθίσταται ως μη κατάλληλο μέσο για την ανάπτυξη τους
- 2) Εκτός από την απορρόφηση νερού από τα σώματα των βακτηρίων, το αλάτι προκαλεί επίσης πλασμόλυση ή διαχωρισμό των πυρήνων του πλάσματος, που έχει ως αποτέλεσμα τον θάνατο των βακτηρίων. Επειδή το αλάτι ως τεχνική χρησιμοποιεί αλάτι σε μεγάλες ποσότητες και είναι βακτηριοστατικό, καθώς χρησιμοποιεί το στοιχείο Cl του αλατιού, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως τεχνική παστώματος (curing)

Ένα άλλο βήμα στη διαδικασία ωρίμανσης είναι το αλάτισμα. Με τη χρήση αλατιού στο κρέας, η ωρίμανση εμποδίζει την ανάπτυξη και ρυθμίζει τη μικροβιακή δραστηριότητα. Για την ωρίμανση χρησιμοποιούνται συχνά νιτρικά και νιτρώδη άλατα. Υπό αναερόβιες συνθήκες, τα νιτρώδη αντιδρούν με σουλφυδρυλικές ομάδες για να παράγουν χημικές ουσίες που οι μικροοργανισμοί δεν μπορούν να αφομοιώσουν. Όταν συνδυάζονται με το κρέας, οι χρωστικές ουσίες στο νιτροξειδίο και τη νιτροζομογλοβίνη παρέχουν μια ζωντανή κόκκινη απόχρωση. Εάν χρησιμοποιείται αποκλειστικά νιτρώδες άλας, οι εκπομπές διοξειδίου του αζώτου μπορεί να είναι υψηλές. Ως αποτέλεσμα, το νιτρικό άλας και το νιτρώδες άλας πρέπει να συνδυάζονται. Τα νιτρώδη δημιουργούνται όταν τα νιτρικά βακτήρια διασπούν τα νιτρικά άλατα. Ωστόσο, η αποτελεσματικότητα του νιτρικού άλατος ως συντηρητικού είναι ακόμη αμφισβητήσιμη- μπορεί ενδεχομένως να επιταχύνει τη φθορά (Indiarto et al., 2021).



*Εικόνα 12: Διαδικασία αλατίσματος τεμαχίου κρέατος  
(<https://www.motherearthnews.com/real-food/salting-meat-ze0z1511zdeh/>)*

Έχουν γίνει αρκετές έρευνες για το κρέας που περιέχει υποκατάστατα αλατιού προκειμένου να διατηρηθεί η υφή και η γεύση του παστοურμά. Πρόσφατα, επιστημονικές ομάδες υποστήριξαν τη μείωση της περιεκτικότητας σε αλάτι στα επεξεργασμένα γεύματα. Διάφορες μελέτες έχουν επιχειρήσει να μειώσουν την περιεκτικότητα του κρέατος σε χλωριούχο νάτριο, με διαφορετικό βαθμό επιτυχίας. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το κρέας με χαμηλή περιεκτικότητα σε αλάτι δεν έχει τόσο καλή γεύση όσο το κρέας με κανονική περιεκτικότητα σε χλωριούχο νάτριο, ενώ οι ενισχυτές γεύσης όπως η καραγενάνη σε συνδυασμό με κιτρικό νάτριο ή συνδυασμό αλάτων νατρίου, καλίου και μαγνησίου ή μη διαλυμένων κρυστάλλων αλατιού δεν έχουν την ίδια γεύση (Inguglia et al., 2017).

### **3.3 Η χρήση μαριναρίσματος**

Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας, η οποία είναι γνωστή ως μαρινάρισμα (marination) χρησιμοποιούνται διαφορετικές χημικές επεξεργασίες για να γίνει το κρέας πιο μαλακό. Αυτό επιτυγχάνεται με την πρόκληση μεγαλύτερης μείωσης του pH στο κρέας μετά τη σφαγή, η οποία με τη σειρά της διεγείρει την ενζυματική πρωτεολυτική

δραστηριότητα κατά την ωρίμανση των μυών. Η προσέγγιση αυτή ενισχύει το ρυθμό της φυσικής πρωτεόλυσης στο κρέας. Το κρέας επεξεργάζεται με μίγματα πολλών κοινών οργανικών οξέων από κρασί, μηλόξυδο και χυμό πορτοκαλιού, όπως το κιτρικό οξύ, το οξικό οξύ και το τρυγικό οξύ (Rahman et al., 2023). Με τη μείωση του χρόνου που απαιτείται για να μαλακώσει το κρέας, επιταχύνεται η διαδικασία ωρίμανσης. Η μέθοδος με την οποία μια μαρινάδα επηρεάζει την τρυφερότητα του κρέατος φαίνεται να περιλαμβάνει διάφορους μηχανισμούς, συμπεριλαμβανομένης της αποδυνάμωσης των δομών λόγω της διόγκωσης του κρέατος, της αύξησης της πρωτεόλυσης που προκαλείται από τις κατεψίνες και της αύξησης της μετατροπής του κολλαγόνου σε ζελατίνη σε χαμηλό pH κατά τη διάρκεια του μαγειρέματος (Rahman et al., 2023).

Ένα κομμάτι κρέατος απορροφά σιγά-σιγά τις διάφορες χημικές ουσίες μέσω όσμωσης όταν βυθίζεται σε υδατικό διάλυμα που τις περιέχει, όπως αλάτι, οργανικά οξέα κ.λπ. Η ποσότητα αλατιού και άλλων πρόσθετων ουσιών από τα εξωτερικά τμήματα του τελικού προϊόντος είναι μεγαλύτερη από εκείνη των εσωτερικών ζωνών, επομένως δεν επιτυγχάνεται ομοιόμορφο αποτέλεσμα. Εξαιτίας αυτού, οι τεχνολογίες έγχυσης μαρινάδας, οι οποίες έχουν διάφορες επιπτώσεις στις αισθητηριακές ιδιότητες του κρέατος και έχουν αναπτυχθεί εδώ και χρόνια στους τομείς του κοτόπουλου και του χοιρινού κρέατος, έχουν αντικαταστήσει σε μεγάλο βαθμό τη διαδικασία του μαριναρίσματος με την χρήση εμβάπτισης σε βιομηχανική κλίμακα. Για πάνω από είκοσι χρόνια, η βιομηχανία πουλερικών χρησιμοποιεί την έγχυση νερού και τα πολυφωσφορικά άλατα, κυρίως για να βοηθήσει στην κατακράτηση νερού κατά την ωρίμανση και το μετέπειτα μαγείρεμα, γεγονός που αυξάνει τη χυμώδη υφή του κρέατος και, μαζί με αυτό, την αντίληψη του καταναλωτή για την τρυφερότητα (González-Sanjosé et al., 2020).

Οι ερευνητές εξέτασαν την αποδοχή και τη διάρκεια ζωής φρέσκου και προμαγειρεμένου χοιρινού κρέατος που είχε εγχυθεί με αλάτι, δεξτρόζη, κιτρικό οξύ, τριπολυφωσφορικό και πυροφωσφορικό νάτριο. Ανακάλυψαν ότι ενώ το pH του κρέατος μειώνεται από το κιτρικό οξύ και το πυροφωσφορικό νάτριο, το pH αυξάνεται από το τριπολυφωσφορικό, γεγονός που μειώνει την ανάπτυξη μικροβίων και βελτιώνει τις οργανοληπτικές ιδιότητες. Επιπλέον, οι ερευνητές εφάρμοσαν διαλύματα αλατιού και φωσφορικών αλάτων σε διάφορες φέτες βοδινού κρέατος, παρατηρώντας βελτίωση της χυμώδους και μαλακής κατάστασης. Διαφορετικές πιέσεις έγχυσης (345 και 200 kPa) συνεπάγονται διάφορες απώλειες μαγειρέματος

και διατμητικές δυνάμεις Warner-Bratzler. Ωστόσο, η διαδικασία τρυφερότητας και ενίσχυσης της γεύσης με εμφύσηση της σάρκας σε μείγμα διαφόρων τρυφεροποιητών ή αρωματικών ουσιών (μαρινάρισμα) δεν έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως στα βοοειδή- ως εκ τούτου, λίγα είναι γνωστά για την πραγματική αποτελεσματικότητά της (González-Sanjosé et al., 2020).

Διάφοροι ερευνητές διεξήγαγαν δοκιμές έγχυσης άλμης χρησιμοποιώντας συστατικά όπως χλωριούχο νάτριο, τριπολυφωσφορικό νάτριο και γαλακτικό νάτριο, και διαπίστωσαν αύξηση της χυμώδους ποιότητας σε σύγκριση με τον έλεγχο που δεν είχε γίνει έγχυση, αλλά δεν διαπίστωσαν διαφορές που να είναι στατιστικά σημαντικές ανάλογα με την αναλογία της έγχυσης άλμης προς το αρχικό βάρος του κρέατος. Άλλες μελέτες επικεντρώθηκαν στην προσπάθεια μετριασμού ορισμένων δυσμενών επιπτώσεων της έγχυσης άλμης, όπως η απώλεια χρώματος ή η μείωση της διάρκειας ζωής στο ράφι (González-Sanjosé et al., 2020).



*Εικόνα 13: Μαρινάρισμα κρέατος σε βιομηχανική κλίμακα, με την χρήση μηχανημάτων (<https://carnitec.com/the-challenges-of-injection-process/>)*

### **3.4 Η κάπνιση του κρέατος**

Οι οργανοληπτικές και θρεπτικές ιδιότητες των προϊόντων κρέατος μεταβάλλονται με το κάπνισμα, μια παραδοσιακή μέθοδο συντήρησης που περιλαμβάνει την έκθεση του κρέατος σε καπνό. Τα θετικά οφέλη περιλαμβάνουν τη βελτίωση της γεύσης, του χρώματος και της οσμής διαφόρων τύπων κρέατος. Όσο αυξάνεται η διάρκεια έκθεσης, τόσο αυξάνεται και ο αντίκτυπος του καπνίσματος στο κρέας. Οι διάφοροι τύποι επεξεργασίας καπνίσματος περιλαμβάνουν το θερμό κάπνισμα, το ψυχρό

κάπνισμα, το ηλεκτροστατικό κάπνισμα και τη χρήση συμπυκνωμάτων, αρωμάτων καπνού ή υγρού καπνού (Yin et al., 2021). Για το ψυχρό κάπνισμα, το κρέας καπνίζεται στους 20-25 °C με σχετική υγρασία 70-80%, ενώ για το θερμό κάπνισμα καπνίζεται στους 75-80 °C. Ο χρόνος που απαιτείται για την επεξεργασία μειώνεται από τα ηλεκτρικά φορτισμένα σωματίδια καπνού που καθιζάνουν πάνω στο κρέας κατά το ηλεκτροστατικό κάπνισμα. Τα αρώματα καπνού ή τα συμπυκνώματα χρησιμοποιούνται σε προϊόντα όπου η μετουσίωση των πρωτεϊνών που προκύπτει από το κάπνισμα κρίνεται ανεπιθύμητη (Yin et al., 2021).

Η διαδικασία καπνίσματος καταπολεμά αποτελεσματικά τους επιβλαβείς μικροοργανισμούς και μειώνει την οξείδωση των λιπιδίων, η οποία παράγει δυσάρεστες γεύσεις και οξειδωτική τάγγιση. Το κάπνισμα των λουκάνικων μειώνει τη γκρίζα απόχρωση. Για τη δημιουργία λουκάνικων με υψηλό επίπεδο οργανοληπτικής ελκυστικότητας, το κάπνισμα επιτρέπει τη χρήση πολλών ειδών κρέατος. (González-Sanjosé et al., 2020).



*Εικόνα 14: Κάπνιση προϊόντων κρέατος σε βιομηχανική κλίμακα  
(<https://equipment7.com/meat-processing-equipment/heat-treatment/meat-chambers-cold-hot-smoking/>)*



Ενώ βελτιώνει τις γευστικές ιδιότητες του κρέατος, το κάπνισμα το μολύνει επίσης με ουσίες που μπορεί να προκαλέσουν καρκίνο, όπως οι νιτροζαμίνες και οι πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες. Σήμερα, τα κατάλοιπα μειώνονται με την απομόνωση του θαλάμου καπνίσματος από τον θάλαμο που παράγει τον καπνό, με αποτέλεσμα τα κατάλοιπα να συσσωρεύονται στον θάλαμο καπνίσματος και το κρέας να παραμένει απαλλαγμένο από αυτά τα επικίνδυνα κατάλοιπα (Theobald et al., 2012).

Η υδατική δραστηριότητα του κρέατος μειώνεται κατά τη διάρκεια του καπνίσματος, γεγονός που επηρεάζει τη σκληρότητα και τη σταθερότητα των πρωτεϊνών του προϊόντος. Το pH του κρέατος βουβαλιού μπορεί να αυξηθεί με την ωρίμανση και το κάπνισμα, το οποίο επίσης βελτιώνει το χρώμα, την υφή και τη γεύση του κρέατος. Ως αποτέλεσμα της συνδυασμένης επίδρασης της θερμότητας και των ενζύμων κατά την ωρίμανση με καπνό, η σύνθεση των λιπαρών οξέων του αρνιού και του χοίρου αλλάζει (González-Sanjosé et al., 2020).

### **3.5 Θερμική επεξεργασία**

Τα τρόφιμα γίνονται ελκυστικά και ασφαλή για κατανάλωση με το μαγείρεμα. Τα τρόφιμα μαγειρεύονται σε υψηλότερες θερμοκρασίες για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα για να εξασφαλιστεί η ασφάλεια τους, αλλά αυτή η πρακτική μειώνει τη θρεπτική και οργανοληπτική ποιότητα των τροφίμων- οι υδατοδιαλυτές και θερμοδιαλυτές βιταμίνες χάνονται και οξειδώνονται, τα λίπη χάνονται λόγω σύντηξης και οι χημικές αντιδράσεις μαυρίσματος προκαλούν απώλεια λιπών, μεταξύ άλλων διατροφικών και οργανοληπτικών προβλημάτων (Toldra, 2017).

Οι διάφορες πρωτεΐνες ανταποκρίνονται διαφορετικά σε διαφορετικές θερμοκρασίες μαγειρέματος. Αυτή η μετουσίωση οδηγεί σε ενδιαφέροντα αποτελέσματα, όπως η ενζυμική αδρανοποίηση λιπασών, πρωτεασών κ.λπ., η βελτίωση της πεπτικότητας ή η μείωση της τοξικότητας σε θερμοκρασίες έως 100 °C, όπως στο μαγείρεμα με νερό ή σε μικροκύματα. Σε θερμοκρασίες μεταξύ 100 και 140 °C, όπως στο μαγείρεμα υπό πίεση και στο ψήσιμο, η πεπτικότητα μειώνεται λόγω του σχηματισμού ενδομοριακών και διαμοριακών ομοιοπολικών δεσμών. Οι ίδιες συνέπειες, οι οποίες περιλαμβάνουν την αποικοδόμηση αμινοξέων όπως η κυστεΐνη ή η τρυπτοφάνη με ισομερισμό στη διαμόρφωση D και απώλεια της θρεπτικής αξίας, συμβαίνουν σε θερμοκρασίες άνω των 140 °C, όπως στο τηγάνισμα και το ψήσιμο

στη σχάρα. Αν και είναι δύσκολο να προσδιοριστεί το ακριβές σημείο τήξης των μιγμάτων τριγλυκεριδίων, η θερμική επεξεργασία στα λιπίδια προκαλεί τήξη. Πριν φτάσουν στην υγρή κατάσταση, περνούν από παστώδη, καπνιστή (σε διαφορετική θερμοκρασία ανάλογα με το είδος του λίπους) και αποσυνθετική κατάσταση (González-Sanjosé et al., 2020). Ακόμη και σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες παράγονται περιστασιακά δηλητηριώδη κυκλικά μονομερή, διμερή και πολυμερή, όπως με τις ακροεΐνες. Η ευρέως διαδεδομένη συναίνεση είναι ότι οι υδατάνθρακες μπορούν να αντέξουν το μαγείρεμα. Ωστόσο, είναι αδύνατο να εξαλειφθούν πλήρως οι απώλειες διαλυτοποίησης αυτών των χημικών ουσιών, οι οποίες βασίζονται σε μεταβλητές όπως ο χρόνος, το μέγεθος και άλλα (González-Sanjosé et al., 2020).

Το χρονικό διάστημα μεταξύ της προετοιμασίας του γεύματος και της διανομής του είναι αρκετά μεγάλο με τις συμβατικές μεθόδους μαγειρέματος. Για να αποφευχθεί η ξήρανση και το υπερβολικό μαγείρεμα που προκαλείται από την ψύξη, τα τρόφιμα πρέπει να αποθηκεύονται σε θερμαινόμενα ντουλάπια, φούρνους, υδατόλουτρα κ.λπ. Δεδομένου ότι αυτές οι θερμοκρασίες αποθήκευσης επιτρέπουν την ανάπτυξη μεσόφιλων και θερμόφιλων μικροοργανισμών που θα μολύνουν τα πιάτα κατά τη διάρκεια της περιόδου αναμονής για το σερβίρισμα και την κατανάλωση, το τελικό προϊόν είναι ένα χλιαρό γεύμα με θερμοκρασία κάτω από 65 °C στο κέντρο του προϊόντος και επομένως είναι επικίνδυνο από υγειονομική άποψη. Το γεγονός αυτό μπορεί να είναι επιβλαβές σε χώρους όπου υπάρχει ομαδική τροφοδοσία, όπως νοσοκομεία, γηροκομεία και σχολικές καντίνες, όταν το ανοσοποιητικό σύστημα της ομάδας που λαμβάνει το γεύμα είναι αδύναμο (Beriaín et al., 2012).

Το μαγείρεμα έχει στόχο τη διατήρηση του κρέατος εκτός από την ενίσχυση της γεύσης και της αποδοχής του. Η θερμική επεξεργασία είναι η διαδικασία παστερίωσης ή αποστείρωσης του κρέατος σε υψηλές θερμοκρασίες για τη βελτίωση της γεύσης, της γευστικότητας και της διάρκειας ζωής του. Η απαιτούμενη μείωση του λογαριθμικού αριθμού του συγκεκριμένου μικροοργανισμού-στόχου, η αναμενόμενη διάρκεια ζωής και τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του κρέατος χρησιμοποιούνται συχνά για τον καθορισμό των συνδυασμών χρόνου και θερμοκρασίας της θερμικής επεξεργασίας του κρέατος (Hassoun et al., 2020). Το *Clostridium botulinum* είναι συχνά το κύριο βακτήριο-στόχος σε θερμικά επεξεργασμένα έτοιμα προς κατανάλωση γεύματα (Ready to Eat, RTE). Η *Listeria monocytogenes* είναι το βακτήριο που ενδιαφέρει το επεξεργασμένο κρέας επειδή

ευδοκιμεί στο ψυγείο. Το κρέας επεξεργάζεται και συντηρείται με υψηλή θερμοκρασία χρησιμοποιώντας μια ποικιλία διαδικασιών συντήρησης, συμπεριλαμβανομένου του μαγειρέματος, του μαγειρέματος sous vide, της κονσερβοποίησης, της επεξεργασίας σε σακουλάκια retort και της παστερίωσης (González-Sanjosé et al., 2020).

Η εσωτερική θερμοκρασία που χρησιμοποιείται κατά την επεξεργασία και οι εγγενείς ιδιότητες του κρέατος επηρεάζουν την υφή του κρέατος. Λόγω της μετουσίωσης των πρωτεϊνών, της διαλυτοποίησης του κολλαγόνου και της παραγωγής ζελατίνης σε υψηλότερες θερμοκρασίες, το κρέας γίνεται πιο μαλακό (González-Sanjosé et al., 2020).

Τα ενδογενή πρωτεολυτικά ένζυμα καθίστανται ανενεργά με τη θερμική επεξεργασία, η οποία σταματά επίσης την παραγωγή των παρασκευασμάτων που προκαλούνται από την πρωτεόλυση. Ενώ η παρατεταμένη θέρμανση σε υψηλότερες θερμοκρασίες προκαλεί την απώλεια θερμοευαίσθητων βιταμινών, τα θερμικά επεξεργασμένα τρόφιμα έχουν αντίστοιχα αυξημένη διάρκεια ζωής και γευστικότητα. Η γεύση του μαγειρεμένου βοδινού κρέατος προστίθεται όταν μια σουλφυδρυλική ομάδα οξειδώνεται σε δισουλφιδική ομάδα. Δεδομένου ότι η μυοσφαιρίνη οξειδώνεται σε υψηλές θερμοκρασίες, το χρώμα του κρέατος αλλάζει ανάλογα με το πόσο καλά ψημένη είναι η σάρκα, αυξάνοντας την ερυθρότητα. Αν και οι υποκειμενικές προτιμήσεις των καταναλωτών για το κρέας ποικίλλουν, η αλλαγή του χρώματος αναγνωρίζεται ως ένα ευνοϊκό χαρακτηριστικό του μαγειρεμένου κρέατος (González-Sanjosé et al., 2020).

Ως αποτέλεσμα της θερμικής επεξεργασίας, το κρέας χάνει μέρος της οξειδωτικής του σταθερότητας, γεγονός που είναι κακό για τη θρεπτική αξία του κρέατος καθώς και για τη γεύση του. Ωστόσο, η προσθήκη αντιοξειδωτικών στο κρέας έχει αποδειχθεί ότι αποτελεί θεραπεία για το πρόβλημα αυτό. Τα μικροθρεπτικά συστατικά, όπως ο ψευδάργυρος, το μαγνήσιο, ο σίδηρος και ο φώσφορος, συγκεντρώνονται στο κρέας με τη θερμική επεξεργασία, αν και ορισμένα από αυτά τα θρεπτικά συστατικά χάνονται λόγω της θερμικής έκπλυσης (Toldra, 2017).

Ωστόσο, αυτά τα θερμικά επεξεργασμένα γεύματα σε ερμητικά δοχεία έχουν διάρκεια ζωής πάνω από 12 μήνες με μέτριες αλλαγές στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του κρέατος. Τα έτοιμα προς κατανάλωση (RTE) προϊόντα κρέατος εμφανίζουν συνήθως αποδεκτά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά με ελαφρά φθίνουσα τάση κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης. Τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του

θερμικά επεξεργασμένου παραδοσιακού ινδικού μοσχαρίσιου κάρυ, όπως η εμφάνιση, η γεύση, η υφή, η χυμώδης υφή και η συνολική αποδοχή, παρουσίασαν σημαντική τάση μείωσης κατά τη διάρκεια της 12μηνιαίας διάρκειας ζωής του. Η οξείδωση του προϊόντος και η διάσπαση των πρωτεϊνών ευθύνονται για την πτωτική τάση. Οι ερευνητές διαπίστωσαν συγκρίσιμα αποτελέσματα σε επεξεργασμένα ινδικά τρόφιμα από σακουλάκια retort RTE, συμπεριλαμβανομένου του κοτόπουλου Chettinad (González-Sanjosé et al., 2020)

## **Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup>- Εναλλακτικές τεχνικές συντήρησης κρέατος**

Οι επιστήμονες ασχολούνται ακούραστα με τη δημιουργία και την εξεύρεση μιας ποικιλίας δημιουργικών και προηγμένων διαδικασιών συντήρησης τροφίμων για μελλοντική εμπορική χρήση, ανταποκρινόμενοι στην αυξανόμενη ευαισθητοποίηση και ανάγκη των καταναλωτών για θρεπτικά, φρέσκα και ασφαλή προϊόντα κρέατος. Τα τελευταία χρόνια, μια μεγάλη ποικιλία καινοτόμων θερμικών και μη θερμικών τεχνολογιών επεξεργασίας και συντήρησης κρέατος έχει προσελκύσει σημαντικό ενδιαφέρον. Η εφαρμογή αυτών των διαδικασιών έχει μια σειρά από πλεονεκτήματα, συμπεριλαμβανομένης της υψηλής αποδοτικότητας της διαδικασίας, της βελτιωμένης ποιότητας του προϊόντος, της αυξημένης ασφάλειας και της αυξημένης σταθερότητας στο ράφι των προϊόντων κρέατος (U. U. Rahman et al., 2018).

### **4.1 Η χρήση συνθετικών αντιοξειδωτικών**

Παρά το γεγονός ότι τα συνθετικά αντιοξειδωτικά μπορεί να είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικά ακόμη και σε χαμηλές συγκεντρώσεις, οι επιπτώσεις που μπορεί να έχουν στην ανθρώπινη υγεία θεωρούνται πλέον σημαντικό μειονέκτημα από τους καταναλωτές λόγω των σοβαρών κινδύνων για την υγεία που συνδέονται με την καρκινογένεση και τις γαστρεντερικές διαταραχές. Ως αποτέλεσμα, υπάρχει μια τάση αντικατάστασης των συνθετικών αντιοξειδωτικών με ουσίες φυσικής προέλευσης. Επί του παρόντος, η βουτυλιωμένη υδροξυανισόλη (BHA), το βουτυλιωμένο υδροξυτολουόλιο (BHT), το γαλλικό προπύλιο (PG) και η υδροκινόνη τέρτ-βουτυλίου (TBHQ) είναι τα πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα αντιοξειδωτικά κρέατος (Cunha et al., 2018).

Τα συνθετικά αντιοξειδωτικά που περιέχουν αρωματικούς δακτυλίους, όπως τα BHA, BHT και TBHQ, μπορούν να δώσουν μια ρίζα (H-) σε ένα οξειδωτικό λιπίδιο προκειμένου να σταματήσουν την αλυσιδωτή αντίδραση οξειδωσης. Η PG είναι ένα αρωματικό αντιοξειδωτικό με τρεις ομάδες -OH που μπορούν να δώσουν τρεις ρίζες στον φαινυλικό δακτύλιο. Η ποσότητα των αντιοξειδωτικών που μπορούν να προστεθούν στα τρόφιμα ρυθμίζεται από τον Οργανισμό Τροφίμων και Φαρμάκων των ΗΠΑ (FDA). Το τυπικό όριο είναι 0,02% του λίπους ή του ελαίου (μόνο του ή μαζί) στα γεύματα, συμπεριλαμβανομένων των αιθέριων ελαίων, για τα BHA, BHT, TBHQ και PG (Ojeda-Piedra et al., 2022).

## 4.2 Η χρήση αιθέριων ελαίων και η νανοενθυλάκωση τους

Τα αρωματικά και πτητικά υγρά που είναι γνωστά ως αιθέρια έλαια λαμβάνονται από πολλά μέρη του φυτού, συμπεριλαμβανομένων των λουλουδιών, των ριζών, του φλοιού, των φύλλων, των σπόρων, της φλούδας, των καρπών, του ξύλου και ολόκληρου του φυτού. Από την αρχαιότητα, τα αιθέρια έλαια χρησιμοποιούνται στην κουζίνα ως μπαχαρικά ή βότανα, καθώς και στην αρωματοποιία, τα καλλυντικά και την ιατρική. Αν και η κύρια χρήση τους τον δέκατο ένατο αιώνα ήταν ως πρόσθετα για άρωμα και γεύση, ο αρχικός τους σκοπός ήταν στην ιατρική. Υπάρχουν περίπου 3000 διαφορετικά αιθέρια έλαια που είναι γνωστά και οι βιομηχανίες γεύσης και αρωμάτων χρησιμοποιούν 300 από αυτά σε τακτική βάση (Hyltdgaard et al., 2012).

Επειδή συχνά έχουν αντιβακτηριδιακά χαρακτηριστικά, τα αιθέρια έλαια θεωρούνται δευτερογενείς μεταβολίτες και είναι ζωτικής σημασίας για την άμυνα των φυτών. Ο DelaCroix εξέτασε τις βακτηριοκτόνες επιδράσεις των δευτερογενών μεταβολιτών χρησιμοποιώντας για πρώτη φορά τους ατμούς των αιθέριων ελαίων το 1881. Έκτοτε, μελέτες έχουν αποκαλύψει ότι τα αιθέρια έλαια ή τα συστατικά τους παρουσιάζουν επίσης αντιπαρασιτικές, εντομοκτόνες, αντιμυκητιακές και αντιοξειδωτικές ικανότητες, εκτός από τις αντιβακτηριδιακές τους δράσεις ευρέος φάσματος. Επιπλέον, βοηθούν τα ζώα να μεγαλώσουν, δρώντας ως αυξητικοί παράγοντες (Hyltdgaard et al., 2012).

Υπάρχουν πολλά αρωματικά φυτά από τα οποία μπορούν να παραχθούν αιθέρια έλαια (ΑΕ). Αρκετά Α.Ε χρησιμοποιούνται σήμερα σε μαγειρικές, καλλυντικές και φαρμακευτικές εφαρμογές λόγω των αντιοξειδωτικών και αντιβακτηριδιακών ιδιοτήτων τους. Επιπλέον, δεδομένου ότι τα Α.Ε είναι ευρέως αποδεκτά ως ασφαλή (GRAS), μπορούν να προστεθούν στο κρέας και στα ζωικά προϊόντα ως πρόσθετα. Η ρίγανη, το δεντρολίβανο, το θυμάρι, η μέντα και η ευγενόλη από το γαρίφαλο είναι τα Α.Ε που έχουν ερευνηθεί περισσότερο. Λόγω της χημικής τους σύστασης, η οποία περιλαμβάνει αλκοόλες, αλδεΐδες, φαινυλοπροπανοειδή, κετόνες, τερπένια, σεσκιτερπένια, φλαβονοειδή και πολυφαινόλες, τα αιθέρια έλαια είναι ευαίσθητα στην αλλοίωση υπό συγκεκριμένες συνθήκες επεξεργασίας και περιβάλλοντος (Smaoui et al., 2021).

Μια τεχνική για τη διατήρηση αυτών των χημικών ουσιών, τη βελτίωση της διαλυτότητας, της συμβατότητας, της μεταφοράς και την ενίσχυση της απελευθέρωσης πτητικών και μη πτητικών συστατικών που προσδίδουν

αντιβακτηριδιακές και αντιοξειδωτικές ικανότητες είναι η νανοενθυλάκωση. Η τεχνική αυτή επιτρέπει επίσης τη ρυθμιζόμενη απελευθέρωση. Η ενσωμάτωση των ενώσεων σε υλικά συσκευασίας ή η εφαρμογή τους απευθείας στο κρέας και τα προϊόντα κρέατος επιτρέπει στις χημικές ουσίες να λειτουργούν κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας ή της αποθήκευσης. Οι στόχοι είναι, φυσικά, η αύξηση της διάρκειας ζωής και η εγγύηση της ασφάλειας των τροφίμων (Ojeda-Piedra et al., 2022). Η νανοενθυλάκωση των Α.Ε θα αναλυθεί παρακάτω.

Οι αντιβακτηριδιακές ικανότητες των Α.Ε που παράγονται από διάφορα φυτά έχουν μελετηθεί εκτενώς στη βιβλιογραφία, ωστόσο για την πλειονότητα των Α.Ε, τα *in vitro* αποτελέσματα δεν μετατρέπονται εύκολα σε πρακτική εφαρμογή ως συντηρητικά κρέατος. Μελέτες σχετικά με την ικανότητα του δεντρολίβανου, της κανέλας, της δάφνης, του φασκόμηλου, του σκόρδου, της ρίγανης και του τζίντζερ να λειτουργούν ως συντηρητικά κρέατος έχουν δώσει πολλά υποσχόμενα αποτελέσματα (Chivandi et al., 2016).

Δεδομένου ότι τα Α.Ε είναι συχνά πιο αποτελεσματικά όταν έρχονται σε επαφή με έμβια όντα, πρέπει να λαμβάνονται προφυλάξεις ώστε να διασφαλίζεται ότι τα Α.Ε είναι παρόντα σε συγκεντρώσεις που είναι κατάλληλες για την άσκηση αντιμικροβιακών επιδράσεων. Ωστόσο, μέσω δομικών και χημικών αντιδράσεων και αλληλεπιδράσεων, η άμεση επαφή με το κρέας μπορεί να αλλάξει τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του. Παρά τις πολύ μικρές συγκεντρώσεις, τα αιθέρια έλαια μπορεί να έχουν έντονο άρωμα που μπορεί να είναι υπερβολικό για τους καταναλωτές. Η εφαρμογή των αιθέριων ελαίων απευθείας στο κρέας, προκειμένου να εξασφαλιστεί ότι ρυθμιζόμενες και επαρκείς ποσότητες αιθέριων ελαίων έρχονται σε επαφή με το κρέας και το συντηρούν με επιτυχία, θα ήταν εξαιρετικά δύσκολη και δαπανηρή σε μεγάλη κλίμακα. Η χρήση ενεργών συσκευασιών (*active packaging*), στις οποίες τα συντηρητικά μπορεί να περιλαμβάνονται στα υλικά συσκευασίας και στη συνέχεια να διαχέονται ή να κατανέμονται στο κρέας ή να απελευθερώνονται με εξάτμιση στο κενό που υπάρχει μεταξύ της συσκευασίας και του κρέατος, θεωρείται ως μια βιώσιμη λύση (Chivandi et al., 2016). Σε μελέτες, το *Rosmarinus officinalis* χρησιμοποιήθηκε σε ποσοστό 4% (w/w) της ενεργού συσκευασίας για να σταματήσει την ανάπτυξη βακτηρίων όπως το *Brocothrix thermospacta* και τα βακτήρια της οικογένειας *Enterobacteriaceae*, τα οποία παράγουν καδαβερίνη και άλλα προϊόντα σήψης όπως αυτή (Sirocchi et al., 2013).

#### 4.2.1 Νανοενθυλάκωση των αιθέριων ελαίων

Μια εναλλακτική λύση για τη διατήρηση της αποτελεσματικότητας των Α.Ε που προστίθενται στο κρέας και τα προϊόντα κρέατος παρέχεται από το αναπτυσσόμενο ερευνητικό πεδίο της νανοτεχνολογίας. Αυτό είναι σημαντικό διότι, λόγω της συγγένειάς τους με τα λιπίδια του κρέατος, τα αιθέρια έλαια που χρησιμοποιούνται απευθείας στα προϊόντα μπορούν να επιταχύνουν την οξείδωση, να περιορίσουν δραστικά την αποτελεσματικότητα και να οδηγήσουν σε απώλεια πτητικών συστατικών (Ojeda-Piedra et al., 2022). Επιπλέον, ορισμένα αιθέρια έλαια αλληλεπιδρούν με συγκεκριμένα στοιχεία του κρέατος για να επηρεάσουν την αποτελεσματικότητά τους όταν προστίθενται σε αγαθά μέσω διαδικασιών πολυμερισμού, οι οποίες οδηγούν σε αισθητηριακές αλλαγές. Τα πλεονεκτήματα των νανοσυστημάτων περιλαμβάνουν τη μεγάλη επιφάνεια επαφής τους, τον τρόπο με τον οποίο αλληλεπιδρούν με το κρέας και τα προϊόντα κρέατος, τη δυνατότητα αύξησης της συμβατότητας με τις μήτρες τροφίμων και την ικανότητά τους να απελευθερώνουν ουσίες υπό ελεγχόμενες συνθήκες ώστε να μεγιστοποιείται η ισχύς τους ως αντιοξειδωτικά ή αντιμικροβιακά κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης (Ojeda-Piedra et al., 2022).

Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, τα νανοϋλικά είναι ουσίες που είτε απαντώνται στη φύση είτε δημιουργούνται σκόπιμα, οι οποίες περιλαμβάνουν σωματίδια σε αδέσμευτη κατάσταση, ως σύνολο ή ως συσσωμάτωμα, εκ των οποίων τουλάχιστον τα μισά έχουν μία ή περισσότερες εξωτερικές διαστάσεις στο εύρος μεγέθους. Τα νανοϋλικά ταξινομούνται συχνά σε μηδενικές, μονοδιάστατες, δισδιάστατες ή τρισδιάστατες δομές (νανοσωματίδια, νανοκαλώδια, νανοσωλήνες, φιλμ, μεμβράνες, δενδριμερή) ανάλογα με τις διαστατικές τους ιδιότητες. Επιπλέον, μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως οργανικά (πολυσακχαρίτες, πρωτεΐνες, λιπίδια), ανόργανα (μέταλλα, οξείδια μετάλλων, άλατα, άργιλος) ή και τα δύο (Ojeda-Piedra et al., 2022).

Για την αποτελεσματική συντήρηση του κρέατος και των προϊόντων κρέατος, τα οργανικά νανοϋλικά πρέπει να είναι τρόφιμα, ιδανικά φυσικής προέλευσης, βιοσυμβατά, φιλικά προς το περιβάλλον και βιοδιασπώμενα. Τα βιοδιασπώμενα πολυμερή, τα βιοπολυμερή (πρωτεΐνες, πολυσακχαρίτες), τα φωσφολιπίδια, τα λιπίδια που είναι στερεά σε κανονική θερμοκρασία και τα υγρά λιπίδια είναι τα κύρια στοιχεία των νανοσυστημάτων. Τα νανογαλακτώματα, τα νανοσωματίδια στερεών λιπιδίων (SLN), οι νανοδομημένοι φορείς λιπιδίων (NLC), τα νανολιποσώματα, οι



νανοϊνες και οι νανοϋδρογέλες είναι οι νανοδομές που χρησιμοποιούνται συχνότερα ως πρόσθετα τροφίμων, ιδίως στον τομέα του κρέατος (Sharma et al., 2022). Η αποτελεσματική διανομή βιοδραστικών ουσιών σε συγκεκριμένες περιοχές και εφαρμογές έχει προχωρήσει σημαντικά χάρη στη χρήση οργανικών συστημάτων νανοσωματιδίων. Όταν κατασκευάζονται από βιοσυμβατά ή βιοαποικοδομήσιμα υλικά, τα οργανικά νανοσωματιδιακά συστήματα έχουν τη δυνατότητα να αποτελέσουν αποτελεσματικούς δραστικούς φορείς, καθώς μπορούν να απελευθερώνουν δραστικά συστατικά, να αυξάνουν τη σταθερότητα των αιθέριων ελαίων και να είναι βιοσυμβατά με τους ιστούς και τα κύτταρα. Ο ορισμός των συστημάτων με ελεγχόμενη απελευθέρωση βασίζεται στους μηχανισμούς απελευθέρωσης, οι οποίοι περιλαμβάνουν εκείνους που ελέγχονται με διάχυση, χημικά ερεθίσματα, οσμωτικά ρυθμιζόμενη διόγκωση και/ή ελεγχόμενη διάλυση (Ojeda-Piedra et al., 2022).

Τα αιθέρια έλαια που έχουν ενθυλακωθεί σε νανοενθυλακώσεις χρησιμοποιούνται συχνά σε συστήματα επικάλυψης για τη διατήρηση του κρέατος. Για να σχηματιστεί ένα βρώσιμο βιοφίλμ ή επίστρωση, το προϊόν βυθίζεται σε ένα υγρό που περιέχει τα ενεργά συστατικά που έχουν νανοενθυλακωθεί. Οι νανοϊνες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία υλικών περιτύλιξης κρέατος ως μέρος συστημάτων συσκευασίας (Ojeda-Piedra et al., 2022).

Δεδομένου ότι το θυμάρι (*Thymus vulgaris*) περιέχει φαινόλες και τερπενοειδή, τα οποία έχουν αντιβακτηριακές και αντιοξειδωτικές ιδιότητες, το αιθέριο έλαιο θυμαριού χρησιμοποιείται συχνά για τη συντήρηση του κρέατος. Η θυμόλη (38,1%), η 5-μεθυλο-2-(1-μεθυλοαιθυλο)φαινόλη, η καρβακρόλη (29,1%) και η 2-μεθυλο-5-(1-μεθυλοαιθυλο)φαινόλη είναι τα κύρια συστατικά του αιθέριου ελαίου του θυμαριού. Το αιθέριο έλαιο θυμαριού έχει αναφερθεί ότι έχει αντιβακτηριδιακή δράση σε θετικά κατά Gram βακτήρια και ζύμες. Οι ουσίες αυτές αλληλεπιδρούν με την κυτταρική μεμβράνη για να επηρεάσουν τη διαπερατότητα και την ενζυμική δραστηριότητα, συμπεριλαμβανομένης της δημιουργίας ενέργειας και της παρασκευής ζωτικών μεταβολιτών, ωστόσο οι ακριβείς μηχανισμοί δράσης δεν είναι ακόμη πλήρως κατανοητοί (Hernández et al., 2018).

Μια πολυμερής μήτρα δημιουργήθηκε από τους Snoussi et al. το 2022 για τη βελτίωση της ενθυλάκωσης του αιθέριου ελαίου θυμαριού. Το δικό τους σύστημα νανοσωματιδίων τριγλυκεριδίων μέσης αλυσίδας περιέχει 20% τριγλυκερίδια μέσης αλυσίδας (110,19 nm), 40% αραβικό κόμμι και 40% χιτοζάνη. Μετά από 20 ημέρες

αποθήκευσης στους 4 °C, τα ολικά κολοβακτηρίδια, κάποια βακτήρια, οι ζύμες και οι μύκητες μειώθηκαν κατά 48,87%, 20,21% και 12,83%, αντίστοιχα, σε σύγκριση με τα μη επικαλυμμένα δείγματα, αποδεικνύοντας την αποτελεσματικότητα του συστήματος επικάλυψης ως αντιμικροβιακό και αντιοξειδωτικό σύστημα επικάλυψης για το βόειο κρέας. Επιπλέον, παρατηρήθηκαν σημαντικά υψηλότερα επίπεδα TBARS (33%) στο δείγμα ελέγχου (Snoussi et al., 2022).

Το αιθέριο έλαιο του τσαγιόδεντρου (*Camellia sinensis*) είναι ένα από τα άλλα αιθέρια έλαια που ερευνώνται για την πιθανή εφαρμογή τους στη συντήρηση του κρέατος. Για την ενσωμάτωση σε νανοΐνες γλυκύρριζας-πολυσακχαρίτη, οι Cai et al. (2021) ενθυλάκωσαν το αιθέριο έλαιο tea tree σε νανοσωματίδια γλιαδίνης (375,62 nm) για την έρευνά τους. Μετά από 5 ημέρες ψύξης (4 °C), η εφαρμογή αυτής της επεξεργασίας σε ένα σύστημα συσκευασίας κρέατος μείωσε τη *Salmonella typhimurium* κατά 98,52% σε δείγματα χοιρινού κρέατος και 97,86% σε δείγματα κοτόπουλου σε σύγκριση με μη επεξεργασμένα δείγματα. Σε αυτό το αιθέριο έλαιο βρέθηκε τερπινέν-4-όλη, η οποία θεωρείται υπεύθυνη για την αντιβακτηριδιακή δράση. Επιπλέον, παρατηρήθηκε αντιοξειδωτικός αντίκτυπος με αυτή την εφαρμογή νανοϊνών που μείωσε τα επίπεδα TBARS στα δείγματα κοτόπουλου και χοιρινού κρέατος κατά 70 και 60%, αντίστοιχα. Η επίδραση αυτή μπορεί να προκληθεί από την παρουσία του τερπινολενίου και της τερπινέν-4-όλης (Cai et al., 2021).

Το οργανοληπτικό προφίλ του γαρύφαλλου (*Eugenia caryophyllata*), ενός άλλου Α.Ε με σημαντική σημασία για εφαρμογές στο κρέας, είναι εξαιρετικά συμβατό με τη γεύση του κρέατος. Έξι ενώσεις βρέθηκαν μέσω του χαρακτηρισμού του αιθέριου ελαίου του γαρύφαλλου (Α.Ε), το οποίο προστέθηκε σε νανογαλάκτωμα που παρασκευάστηκε με έλαια αραβοσίτου και σόγιας για την επικάλυψη φιλέτων κοτόπουλου πριν από την ψύξη (4 °C). Οι δύο κύριες ενώσεις ήταν η ευγενόλη (88,38%) και το -καρσοφυλλένιο (6,01%). Τα φιλέτα που υποβλήθηκαν σε επεξεργασία με το νανογαλάκτωμα είχαν βελτιωμένες οργανοληπτικές ιδιότητες, μείωση της τιμής TBARS κατά 20%, μείωση κατά 17,95% των βακτηρίων TVC και μείωση των ψυχρόφιλων βακτηρίων (Ahmadabadi et al., 2021).

Για να αυξήσουν τη διάρκεια ζωής του μοσχαρίσιου κιμά, οι Hemmatkha et al (2020) δημιούργησαν ένα ενεργό κυτταρινικό χαρτί (10 % κ.β.) με ενθυλακωμένο Α.Ε από σπόρους κύμινου (*Cuminum cyminum*). Οι λειτουργικές ιδιότητες του χαρτιού οφείλονταν στις βιοδραστικές χημικές ουσίες αλδεΐδη κύμινου, ρ-κυμένιο, D-λιμονένιο, -τερπινένιο και ευγενόλη. Μετά την αποθήκευση στους 4 °C (ψυγείο) και

στους -18 °C (κατάψυξη), αντίστοιχα, για 7 και 60 ημέρες, αξιολογήθηκαν οι αντιβακτηριδιακές και αντιοξειδωτικές δραστηριότητες του ενεργοποιημένου χαρτιού. Κατά τη διάρκεια της κατεψυγμένης και της ψυχρής αποθήκευσης, παρατηρήθηκε μείωση της τιμής TBARS κατά περίπου 40 και πάνω από 10%, αντίστοιχα. Επιπλέον, οι μειώσεις στην ανάπτυξη μικροοργανισμών στις ολικές μετρήσεις των μεσόφιλων μετά από ψυχρή και κατεψυγμένη αποθήκευση έφτασαν το 20 και 10%, αντίστοιχα, και περίπου 15 και 10%, στις μετρήσεις των ψυχρόφιλων βακτηρίων (Hemmatkhah et al., 2020).

### **4.3 Επεξεργασία υπό υψηλή πίεση**

Η τεχνολογία υψηλής υδροστατικής πίεσης είναι μια νέα προσέγγιση για τη συντήρηση τροφίμων που εγγυάται τη διατήρηση προϊόντων υψηλής ποιότητας με τις απαραίτητες οργανοληπτικές ιδιότητες, το θρεπτικό περιεχόμενο και τη μεγαλύτερη διάρκεια ζωής. Η φράση και το ακρωνύμιο HHP (High Pressure Processing) χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν την τεχνική στην εξειδικευμένη βιβλιογραφία. Η καταστροφική επίδραση της υψηλής πίεσης, η οποία αξιοποιείται στην επεξεργασία τροφίμων, σε μεγάλα μόρια (πολυμερή), όπως οι πρωτεΐνες και οι πολυσακχαρίτες, και η χαμηλή επίδραση σε μικρότερα μοριακά συστατικά, όπως τα αμινοξέα, οι βιταμίνες και οι γεύσεις και τα αρώματα. Τα προϊόντα που έχουν παστεριωθεί με την εφαρμογή υψηλής πίεσης διατηρούν παρόμοιο επίπεδο ποιότητας με τις πρώτες ύλες που δεν έχουν υποστεί αυτή τη διαδικασία (Giorgis, 2019).

Τα ριβοσώματα καταστρέφονται από την υψηλή πίεση και μπλοκάρεται η αντίδραση της κυτταρικής πρωτεϊνοσύνθεσης, η οποία είναι η μέθοδος με την οποία εξαλείφονται τα βακτήρια. Τα εσωτερικά ένζυμα του οργανισμού καθίστανται ανενεργά υπό υψηλή πίεση, γεγονός που εμποδίζει επίσης τον κυτταρικό πολλαπλασιασμό και τη μεταγραφή και εξαφανίζει το DNA των κυττάρων. Τόσο τα βλαστικά κύτταρα όσο και τα βακτηριακά σπόρια μπορούν να αδρανοποιηθούν με προσεκτική επιλογή των συνθηκών της διαδικασίας υψηλής πίεσης (Rudy et al., 2020). Σε βιομηχανική βάση χρησιμοποιούνται πιέσεις που δεν υπερβαίνουν τα 800 MPa. Το εύρος πιέσεων 400-600 MPa και ο χρόνος δράσης 3 έως 7 λεπτά χρησιμοποιούνται συχνότερα για τη συντήρηση κρέατος και ζωικών προϊόντων. Τα βλαστικά κύτταρα των αρνητικών κατά Gram βακτηρίων έχουν τη μεγαλύτερη

ευαισθησία στις υψηλές πιέσεις, καθώς δεν επιζούν σε πιέσεις άνω των 100 MPa, ενώ οι μορφές σπορίων απαιτούν πιέσεις μεταξύ 600 και 800 MPa για να αδρανοποιηθούν (Rudy et al., 2020).

Η τεχνική συντήρησης κρέατος υπό υψηλή πίεση προσφέρει μια εναλλακτική λύση στις θερμικές μεθόδους αδρανοποίησης μικροοργανισμών που χρησιμοποιούνταν προηγουμένως. Η τεχνική επιτρέπει τη μικροβιολογική ασφάλεια των προϊόντων κρέατος χωρίς σημαντική μεταβολή της θερμοκρασίας (Akhtar & Abrha, 2022). Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την απαλλαγή από παθογόνους μικροοργανισμούς, συμπεριλαμβανομένων των *E. coli*, *Salmonella* και *Listeria*, οι οποίοι είναι συνήθεις μολυσματικοί παράγοντες των τροφίμων και αποτελούν σημαντικό κίνδυνο για την υγεία του καταναλωτή. Ο μη θερμικός χαρακτήρας της μεθόδου ανοίγει ένα ευρύ φάσμα πιθανών εφαρμογών, συμπεριλαμβανομένου του ωμού βοδινού κρέατος καθώς και αγαθών που συνήθως καταναλώνονται χωρίς θερμική επεξεργασία (Akhtar & Abrha, 2022).

Οι Rudy et al. αξιολόγησαν τον τρόπο με τον οποίο η υψηλή πίεση επηρέασε συγκεκριμένα ποιοτικά χαρακτηριστικά και τη διάρκεια ζωής του φιλέτου Sorot και του ακατέργαστου καπνιστού φιλέτου. Για 30 λεπτά σε θερμοκρασία δωματίου, τα δείγματα υποβλήθηκαν σε πίεση 600 MPa. Με βάση την έρευνα, ανακαλύφθηκε ότι η διάρκεια ζωής του φιλέτου Sorot μπορούσε να παραταθεί με τη χρήση υψηλής πίεσης σε έξι εβδομάδες όταν αποθηκεύεται σε ψυγείο, διατηρώντας παράλληλα τη γεύση, το άρωμα και την υφή του κρέατος. Δεν βρέθηκαν ψυχρόφιλα, μεσόφιλα ή οξυντικά βακτήρια κατά την αποθήκευση του ωμού, καπνιστού φιλέτου που υποβλήθηκε σε υψηλή πίεση (Rudy et al., 2020).

Η HHP επιτρέπει την παράταση της διάρκειας ζωής, διατηρώντας παράλληλα τα αρχικά διατροφικά οφέλη και τις οργανοληπτικές ιδιότητες του αρχικού υλικού. Χωρίς τη χρήση χημικών προσθηκών, η εξαιρετική ποιότητα των προϊόντων διατηρείται για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Για τους καταναλωτές που αναζητούν ελάχιστα επεξεργασμένα προϊόντα χωρίς συντηρητικά, είναι ζωτικής σημασίας η διατήρηση των συστατικών που προάγουν την υγεία στο προϊόν για μεγάλο χρονικό διάστημα. Ο περιορισμός της ποσότητας αλατιού που προστίθεται στα προϊόντα καθίσταται επίσης εφικτός με τη συντήρηση του κρέατος και των προϊόντων κρέατος με τη χρήση υψηλής υδροστατικής πίεσης. Είναι ζωτικής σημασίας, καθώς τα ζωικά προϊόντα αυξάνουν σημαντικά την ποσότητα αλατιού στη διατροφή ενός ατόμου και το πολύ νάτριο είναι κακό για την ευεξία του. Η εφαρμογή της τεχνικής για τη

συντήρηση συσκευασμένων προϊόντων αποτελεί σημαντικό βήμα στην ανάπτυξη της επεξεργασίας υψηλής πίεσης για τη συντήρηση τροφίμων. Μια μεγάλη επέκταση της μικροβιολογικής καθαρότητας και ασφάλειας καθίσταται δυνατή με την περαιτέρω συντήρηση με υψηλή πίεση σε ήδη συσκευασμένες πρώτες ύλες (Rudy et al., 2020).

Η χρήση της τεχνολογίας HHP στον τομέα του κρέατος βελτιώνεται συνεχώς. Η συντήρηση τροφίμων υπό υψηλή πίεση δεν θέτει σε κίνδυνο την υγεία των ανθρώπων. Είναι αποστειρωμένα, καλής ποιότητας και δεν έχουν υποστεί επεξεργασία με χημικές ουσίες. Δεν υπάρχουν τροποποιήσεις που θα μπορούσαν να οδηγήσουν στην ανάπτυξη επικίνδυνων χημικών ουσιών που θέτουν σε κίνδυνο την υγεία υπό την επίδραση της υψηλής πίεσης στις πρώτες ύλες. Με την προσέγγιση της υψηλής πίεσης, η τεχνική διαδικασία μπορεί να επιταχυνθεί, ενώ παράλληλα χρησιμοποιείται πολύ λιγότερη ενέργεια. Δεν απελευθερώνονται επικίνδυνα παραπροϊόντα και δεν παράγονται πτητικές οργανικές ενώσεις (Rudy et al., 2020).

#### **4.4 Η χρήση παλμικού φωτός**

Οι σύγχρονες τεχνολογίες έχουν συνεχή ζήτηση καθώς οι ανάγκες σε τρόφιμα αυξάνονται. Για την εξασφάλιση της μικροβιολογικής καθαρότητας και την ταυτόχρονη διατήρηση της άριστης ποιότητας των προϊόντων, οι παραδοσιακές προσεγγίσεις δεν επαρκούν. Το παλμικό φως (pulsed light, PL) είναι μία από τις νέες μη θερμικές τεχνολογίες απολύμανσης ή αποστείρωσης που χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο ως εναλλακτική λύση στις θερμικές και χημικές τεχνικές αποστείρωσης και συντήρησης. Το παλμικό φως είναι μια τεχνολογία αιχμής που μπορεί να αντικαταστήσει τις συμβατικές μεθόδους και να ικανοποιήσει τις σύγχρονες απαιτήσεις των πελατών. Είναι ασφαλής τόσο για τους καταναλωτές όσο και για το περιβάλλον, ενώ επιδεικνύει επιτυχία στην αδρανοποίηση μιας μεγάλης ποικιλίας μικροοργανισμών (βλαστικά βακτήρια, μύκητες, βακτήρια και σπόρια μυκήτων) (Oms-Oliu et al., 2008).

Με ευρύ φάσμα (από το υπεριώδες έως το εγγύς υπέρυθρο, 100-1100 nm), στην τεχνολογία παλμικού φωτός χρησιμοποιούνται πολύ σύντομοι παλμοί φωτός στην περιοχή από 1 s έως 0 s. Συνδυάζοντας φωτοχημικές και φωτοθερμικές διεργασίες, οι παλμοί φωτός υψηλής ισχύος που λειτουργούν για σύντομο χρονικό διάστημα αποτελούν μια αποτελεσματική τεχνική για την αδρανοποίηση μικροοργανισμών σε επιφάνειες τροφίμων και υλικά συσκευασίας, χωρίς διακριτή

επίδραση στις ιδιότητες του προϊόντος. Η προσέγγιση με χρήση παλμικού φωτός μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για τη μείωση της μικροβιακής μόλυνσης σε επιφάνειες που έρχονται σε επαφή με τρόφιμα, καθώς και σε εργαλεία και μέσα που σχετίζονται με την παραγωγή (όπως το νερό και ο αέρας). Λόγω κυρίως του υπεριώδους τμήματος του φάσματος του ορατού φωτός, έχει ανακαλυφθεί ότι το παλλόμενο φως διαθέτει αντιβακτηριδιακές ικανότητες έναντι μιας ποικιλίας μικροοργανισμών (Bhanya&Hebbar, 2017). Η φρέσκια σάρκα κοτόπουλου είναι φυσικά μολυσμένα από μικροοργανισμούς και βακτήρια, τα οποία μπορούν να μειωθούν με παλμική υπεριώδη ακτινοβολία σε διάφορες ροές (1,25-18,0 J/cm<sup>2</sup>). Για τα επιλεγμένα βακτήρια, το εύρος μείωσης ήταν το ακόλουθο: 0,9-2,4 log για τη *Salmonella enteritidis*, 1,1-2,0 log για τη *Listeria monocytogenes*, 1,3-3,0 log για τον *Staphylococcus aureus* και 1,1-2,9 log για την *Escherichia coli* (Rudy et al., 2020).

Η έρευνα σχετικά με την αποτελεσματικότητα του παλμικού φωτός στη μείωση της *Listeria monocytogenes* και της *Salmonella typhimurium* στην επιφάνεια προϊόντων κρέατος έγινε, μεταξύ άλλων ερευνητών, από τους Ganan et al. Δύο αποξηραμένα έτοιμα προς κατανάλωση (RTE) προϊόντα κρέατος, το salchichon (ισπανικό σαλάμι) και το φιλέτο, αποτέλεσαν το υλικό της έρευνας. Η αδρανοποίηση των μικροοργανισμών αυξήθηκε με τη ροή του ρεύματος σε αυτά τα προϊόντα. Χρησιμοποιώντας 11,9 J/cm<sup>2</sup> φθορισμού, η μέγιστη λογαριθμική μείωση και για τους δύο μικροοργανισμούς ήταν μεταξύ 1,5 και 1,8 cfu/cm<sup>2</sup>. Εκτός από την απόδειξη ότι η προσέγγιση είναι επιτυχής στη μείωση των βακτηρίων στην επιφάνεια των προϊόντων κρέατος, αποξηραμένων RTE, απέδειξαν ότι το παλμικό φως δεν έχει καμία επίδραση στις αλλαγές των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των διατηρημένων προϊόντων (Ganan et al., 2013).

Χρησιμοποιώντας παλμικό φως αντί της παραδοσιακής θερμικής αποστείρωσης, είναι εφικτή η αποτελεσματική αδρανοποίηση των μικροοργανισμών σε πολύ λιγότερο χρόνο και με πολύ λιγότερη ενέργεια. Η ροή παλμικού φωτός είναι απαλλαγμένη από επιβλαβείς χημικές ουσίες και φωτολυτικά υποπροϊόντα, σε αντίθεση με τις συμβατικές μεθόδους που βασίζονται σε ιονίζουσα ακτινοβολία ή χημικά συντηρητικά. Η μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά για τη μείωση των αλλεργιογόνων στα τρόφιμα, καθώς και για τρόφιμα ειδικού σκοπού, όπως βρεφικές τροφές. Η τεχνική του παλμικού φωτός δεν απελευθερώνει (ή οδηγεί σε εκπομπές) οργανικών μορίων ή πτητικών ενώσεων, παράγει ελάχιστα υγρά και στερεά απόβλητα, δεν χρειάζεται μεγάλη εισροή ενέργειας και δεν καταναλώνει πολύ

νερό. Η χρήση λαμπτήρων ξένου χωρίς υδράργυρο παρέχει ένα ακόμη πλεονέκτημα. Δεδομένου ότι η διαδικασία διεξάγεται σε θάλαμο χωρίς έκθεση στον εξωτερικό κόσμο, η εργασία με παλλόμενο φως είναι εξίσου ασφαλής. Η εξόρυξη ορυκτών καυσίμων, η οποία δεν είναι φιλική προς το περιβάλλον, μειώνεται με λιγότερη ζήτηση ενέργειας (John&Ramaswamy, 2018).

Υπάρχουν πολλές πιθανές χρήσεις για την τεχνολογία παλμικού φωτός, η οποία αποκτά μεγαλύτερη προσοχή στον τομέα των τροφίμων. Η τεχνολογία παλλόμενου φωτός μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πολυάριθμους τομείς της επιχείρησης τροφίμων χάρη στην έρευνα που διεξάγεται στον τομέα αυτό. Η τεχνολογία παλλόμενης δέσμης φωτός μπορεί να θεωρηθεί ως μια απλή και προσιτή εναλλακτική λύση για την αύξηση της ασφάλειας των τροφίμων, λόγω του μέτριου μεγέθους κατασκευής της, της απλότητας ανάπτυξης σε γραμμές παραγωγής και της δυνατότητας ενσωμάτωσης με άλλες τεχνολογίες αιχμής. Η ταυτόχρονη βελτιστοποίηση της παραγωγής τροφίμων και η μείωση των περιβαλλοντικών εκπομπών καθίσταται δυνατή με την ενσωμάτωση των προσεγγίσεων της διαδικασίας (Rudy et al., 2020).

#### **4.5 Κρύο πλάσμα**

Λόγω της φύσης του κρέατος, η οποία το καθιστά ευπαθές υλικό, καθώς και του γεγονότος ότι είναι εξαιρετικά ευαίσθητο στην απώλεια αισθητηριακών ιδιοτήτων κατά τις τυπικές τεχνικές αποστείρωσης, η συντήρηση του κρέατος και των προϊόντων κρέατος αποτελεί πρόβλημα για τους παρασκευαστές τροφίμων. Ως εκ τούτου, υπάρχει μεγάλο ενδιαφέρον για την ανάπτυξη νέων τεχνικών για τη συντήρηση των τροφίμων και την εξάλειψη των μικροοργανισμών χωρίς συμβιβασμούς στην ποιότητα. Η προσέγγιση του "ψυχρού" πλάσματος είναι μια άλλη από τις πιθανές μη θερμικές στρατηγικές συντήρησης τροφίμων (Birania et al., 2022).

Ως τέταρτη κατάσταση της ύλης είναι γνωστό το πλάσμα. Αποτελείται από ένα συνδυασμό ουδέτερων και φορτισμένων σωματιδίων. Κάθε υλικό μπορεί να μετατραπεί σε πλάσμα με την παροχή επαρκούς ποσότητας ενέργειας. Διαχωρίζουμε το πλάσμα υψηλής και χαμηλής θερμοκρασίας (ψυχρό) που μπορεί να παραχθεί υπό συνθήκες με βάση τις περιοχές πίεσης και θερμοκρασίας στις οποίες εμφανίζονται. Ιονισμένα αέρια όπως ο αέρας, το οξυγόνο, το άζωτο ή το αργό χρησιμοποιούνται ως αδρανοποιητικός παράγοντας στην τεχνολογία ψυχρού πλάσματος. Η μεγάλη

αντιδραστικότητα του ψυχρού πλάσματος διέπει τη λειτουργία του, αλλά είναι επίσης σημαντικό να σημειωθεί ότι πρόκειται για μια μη θερμική διαδικασία, που σημαίνει ότι η διατηρούμενη πρώτη ύλη δεν υφίσταται θερμικές μεταβολές (Laroque et al., 2022).

Στη βιομηχανία παραγωγής τροφίμων, το ψυχρό πλάσμα έχει την ικανότητα να καθιστά τα βακτήρια ανενεργά επιδρώντας στα κυτταρικά τους τοιχώματα και να αυξάνει την ασφάλεια των τροφίμων. Παρουσιάζει την ικανότητα να αδρανοποιεί με επιτυχία μια ποικιλία μικροοργανισμών, συμπεριλαμβανομένων των σπορίων, των βιοϋμενίων και ακόμη και ορισμένων ιών. Η διαδικασία χρειάζεται προσεκτική και εξειδικευμένη επιλογή των συνθηκών ανάλογα το είδος του τροφίμου, ώστε να μην υπάρχουν αλλοιώσεις στις θρεπτικές και οργανοληπτικές ιδιότητες τους. Κατά τη διαδικασία αυτή υπάρχει μικρή πιθανότητα κάποιο από τα συστατικά του πλάσματος να περάσει στο τελικό προϊόν. Ωστόσο πρόκειται για μια μέθοδο που δεν είναι πλήρως κατανοητή και είναι υπό εξέταση ως προς αυτά τα ευρήματα (Laroque et al., 2022).

#### **4.6 Επεξεργασία με υπερήχους**

Η βιομηχανία του κρέατος μόλις άρχισε να αντιλαμβάνεται τη νέα τεχνική που είναι γνωστή ως ηχοποίηση (sonification) ή τεχνολογία υπερήχων. Η χρήση υπερήχων κατά το χειρισμό και την επεξεργασία κρέατος έχει πολλά πλεονεκτήματα. Είναι εφικτό να βελτιωθεί σημαντικά η μικροβιολογική καθαρότητα της επεξεργαζόμενης πρώτης ύλης με τη χρήση του ηχοβολισμού ως υποκατάστατο της παστερίωσης και της αποστείρωσης, με μικρή μόνο επίδραση στο θρεπτικό περιεχόμενο και την ποιότητα του προϊόντος (Alarcon-Rojo et al., 2019)

Οι υπέρηχοι είναι ηχητικά κύματα που ο άνθρωπος δεν μπορεί να ακούσει. Πρώτα απ' όλα, στην τεχνολογία τροφίμων χρησιμοποιούνται υπερηχητικά κύματα υψηλής ισχύος και χαμηλής συχνότητας που λειτουργούν στην περιοχή 20 kHz-100 kHz. Η επίδραση των κυμάτων με σπηλαιώση (cavitation) έχει ως αποτέλεσμα αλλαγές στα φυσικοχημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά του υλικού, καθώς και διάσπαση των κυτταρικών δομών. Τα βιοχημικά συστατικά των βιολογικών οργανισμών, ιδίως οι μικροβιακές κυτταρικές μεμβράνες και η αρχιτεκτονική των ιστών, βλάπτονται από τη σπηλαιώση. Το είδος του βακτηριακού στελέχους, οι παράμετροι των υπερήχων και η διάρκεια της δράσης παίζουν σημαντικό ρόλο στο πόσο αδρανοποιείται η βακτηριακή μικροχλωρίδα (Alarcon-Rojo et al., 2019).



Λόγω της ευαισθησίας τους στις υψηλές θερμοκρασίες, πολλά σημαντικά θρεπτικά συστατικά χάνονται κατά την παραδοσιακή θερμική επεξεργασία. Η χρήση υπερήχων στον τομέα του κρέατος μειώνει τη μικροβιολογική μόλυνση, βελτιώνοντας αισθητά την ασφάλεια των τροφίμων και παρατείνοντας τη διάρκεια ζωής του κρέατος χωρίς να επηρεάζει σημαντικά την ποιότητα. Τα τρόφιμα που έχουν υποστεί ηχητική επεξεργασία είναι γεμάτα θρεπτικά συστατικά και διατηρούν τις οργανοληπτικές τους ιδιότητες. Ο περιορισμός της χρήσης χημικών προσθέτων και συντηρητικών είναι επίσης εφικτός κατά την προετοιμασία του κρέατος με τη χρήση υπερήχων. Επιπλέον, ανοίγεται η προοπτική σημαντικής μείωσης της ποσότητας αλατιού που απαιτείται για τη συντήρηση των τροφίμων, γεγονός που αποτελεί μεγάλο πλεονέκτημα όταν εξετάζεται η υγεία του καταναλωτή (Alarcon-Rojo et al., 2019).

Εκτός από τη χρήση τους σε τεχνολογίες επεξεργασίας κρέατος για την αδρανοποίηση μικροοργανισμών, οι υπέρηχοι έχουν επίσης επιτρέψει σημαντικές προσαρμογές φυσικοχημικών ιδιοτήτων, οι οποίες έχουν χρησιμοποιηθεί για την ευδιάκριτη διαμόρφωση των χαρακτηριστικών του τελικού προϊόντος. Η απαλότητα και η χυμώδης γεύση του κρέατος μπορεί να βελτιωθεί, μεταξύ άλλων, ως αποτέλεσμα της παρατεταμένης έκθεσης σε υπερήχους υψηλής έντασης (Rudy et al., 2020). Ο συνδυασμός της τεχνολογίας υπερήχων με το κανονικό μαγείρεμα παρέχει μια πρόσθετη επιλογή. Πριν από την κατανάλωση, το κρέας και τα προϊόντα κρέατος συχνά υποβάλλονται σε διαδικασία μαγειρέματος που επηρεάζει άμεσα την υφή τους και έχει ως αποτέλεσμα την απώλεια πολλών σημαντικών βιταμινών και μετάλλων. Αυτή η απώλεια θρεπτικών συστατικών συνοδεύεται επίσης από τη διαρροή χυμού. Εκτός από την ενίσχυση της υφής του προϊόντος και τη διατήρηση του υψηλού επιπέδου χυμώδους του, η χρήση του ηχοβολισμού σε συνδυασμό με το μαγείρεμα επιτρέπει να μειωθούν σημαντικά οι απώλειες που επιφέρει η διαδικασία μαγειρέματος. Σε σύγκριση με τη συμβατική προσέγγιση, ο χρόνος επεξεργασίας μπορεί να μειωθεί στο μισό με τη χρήση υπερήχων για τη θερμική επεξεργασία του βοείου κρέατος (Ashar et al., 2022).

Η παραγωγή υγιεινών, ελάχιστα επεξεργασμένων τροφίμων, τα οποία είναι σήμερα εξαιρετικά δημοφιλή στους καταναλωτές, κατέστη δυνατή χάρη στην έλευση της τεχνολογίας υπερήχων στον τομέα του κρέατος. Τα τρόφιμα που έχουν εκτεθεί σε υπερήχους είναι απολύτως ασφαλή για ανθρώπινη κατανάλωση και η ίδια η διαδικασία δεν ενέχει κανένα περιβαλλοντικό κίνδυνο. Η διαδικασία δεν κάνει χρήση

χημικών πρόσθετων που θα μπορούσαν να καταλήξουν στο νερό μαζί με την παραγωγή λυμάτων. Είναι λιγότερο πιθανό ότι επικίνδυνα χημικά μπορεί να μολύνουν το υδάτινο οικοσύστημα. Επιπλέον, η μέθοδος καθιστά δυνατή τη συντόμευση των τεχνικών διαδικασιών και την κατανάλωση λιγότερης ενέργειας, γεγονός που μειώνει τα έξοδα (Rudy et al., 2020).

#### **4.7 Η χρήση ταλαντευόμενου μαγνητικού πεδίου και παλλόμενου ηλεκτρικού πεδίου**

Χρησιμοποιώντας την τεχνολογία του παλλόμενου ηλεκτρικού πεδίου (Pulsating Electric Field, PEF), τα τρόφιμα μπορούν να συντηρηθούν περισσότερο, ενώ παράλληλα προστατεύονται από την ανάπτυξη επιβλαβών οργανισμών. Επιτρέπει την αδρανοποίηση των βακτηρίων, διατηρώντας παράλληλα το φυσικό χρώμα, τη γεύση και την υφή των ωμών τροφίμων, σε αντίθεση με τη θερμική επεξεργασία. Η τεχνική PEF καθιστά δυνατή την αποτελεσματική αύξηση της ασφάλειας του κρέατος και των προϊόντων κρέατος (Gómez et al., 2019).

Στην τεχνική PEF χρησιμοποιούνται σύντομες εκρήξεις ηλεκτρικής ενέργειας υψηλής τάσης μεταξύ 10 και 50 KV/cm. Το ηλεκτρικό δυναμικό δημιουργείται μεταξύ των κυττάρων των βακτηρίων, των ζυμών και άλλων μικροοργανισμών από το παλλόμενο ηλεκτρικό πεδίο. Η διηλεκτρική διάτρηση, ή διάτρηση της κυτταρικής μεμβράνης, συμβαίνει μετά την επίτευξη ενός κρίσιμου σημείου δυναμικού, συχνά 1 V, με αποτέλεσμα ανεπανόρθωτη βλάβη. Επειδή η διαδικασία συμβαίνει σχετικά γρήγορα και το μήκος του παλμού κυμαίνεται από μικρο- έως χιλιοστά του δευτερολέπτου, η πλήρης αδρανοποίηση των μικροοργανισμών δεν οδηγεί σε θέρμανση του διατηρημένου προϊόντος. Ενώ ο μη θερμικός χαρακτήρας του PEF εξασφαλίζει τη διατήρηση του εξαιρετικού κρέατος και των θρεπτικών συστατικών που είναι ευαίσθητα στις υψηλές θερμοκρασίες, οι υψηλές θερμοκρασίες, οι οποίες χρησιμοποιούνται συχνά στις μεθόδους συντήρησης τροφίμων, ευθύνονται για την απώλεια βιταμινών και βιοδραστικών συστατικών (Syed, 2017).

Η τεχνολογία PEF προσφέρει τη δυνατότητα οικονομικής και αποτελεσματικής μείωσης της χρήσης ενέργειας, ενώ παράλληλα παρέχει τρόφιμα που έχουν υποστεί τη μικρότερη δυνατή επεξεργασία και είναι συνεπώς μικροβιολογικά ασφαλή. Η δυνατότητα λήψης ασφαλών προϊόντων με μεγάλη διάρκεια ζωής χωρίς την εφαρμογή συντηρητικών είναι ένα άλλο πλεονέκτημα. Η προσέγγιση του παλλόμενου

ηλεκτρικού πεδίου μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με τη συμβατική επεξεργασία πρώτων υλών. Η διαδικασία κατάψυξης μπορεί να επιταχυνθεί σημαντικά με τη χρήση PEF πριν από την κατάψυξη, προκειμένου να παραχθεί ένα προϊόν υψηλής ποιότητας με πιο οικονομικό τρόπο (Gómez et al., 2019)

Εκτός από το ηλεκτρικό πεδίο, ένα ταλαντευόμενο μαγνητικό πεδίο, ή εν συντομία OMF (Oscillatory Magnetic Field), μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη συντήρηση των τροφίμων. Μια άλλη μη θερμική τεχνική συντήρησης τροφίμων είναι τα παλλόμενα μαγνητικά πεδία, τα οποία δεν επηρεάζουν τις λειτουργικές ιδιότητες, την ποιότητα της γεύσης και του αρώματος ή το θρεπτικό περιεχόμενο. Με τη χρήση μαγνητικού πεδίου μπορεί να παραχθεί ένα τελικό προϊόν τροφίμων υψηλής ποιότητας, ωστόσο η τεχνική αυτή λειτουργεί καλύτερα όταν χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με άλλες νέες τεχνικές συντήρησης τροφίμων (Grigelmo-Miguel et al., 2011).

Ο μη αναστρέψιμος θάνατος του κυττάρου προκαλείται από τη διαδικασία του παλμικού μαγνητικού πεδίου, η οποία είναι η μεταφορά ενέργειας από τα παραμαγνητικά μόρια στο μόριο DNA και η διάσπαση των χημικών δεσμών. Μελέτες υποστηρίζουν την ιδέα ότι ένα υψηλό μαγνητικό πεδίο καθιστά ανενεργούς κάποιους τύπους βακτηρίων. Η συχνότητα των παλμών είναι έως 500 MHz και το μήκος των παλμών είναι μεταξύ 10 και 1 χιλιοστό δευτερολέπτου για να αποφευχθεί η υπερθέρμανση του προϊόντος (Miñano et al., 2020).

Παρόλο που η μέθοδος που αναφέρθηκε δεν είναι ακόμη πλήρως κατανοητή, πιστεύεται ότι οι αλλαγές στην αισθητηριακή ποιότητα των αντικειμένων που διατηρούνται με την εφαρμογή της μεθόδου των παλλόμενων μαγνητικών πεδίων είναι ελάχιστες με βάση την τρέχουσα έρευνα. Ως εκ τούτου, η μέθοδος αυτή μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί ως πρόσθετη επεξεργασία για είδη βοείου κρέατος που έχουν ήδη παστεριωθεί και συσκευαστεί, παρατείνοντας σημαντικά τη διάρκεια ζωής τους. Η χαμηλή ζήτηση ενέργειας είναι ένα άλλο πλεονέκτημα της τεχνολογίας αυτής (Miñano et al., 2020).

Ο τομέας του κρέατος είναι πολλά υποσχόμενος για την εφαρμογή τεχνολογιών διατήρησης τροφίμων που βασίζονται σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία. Οι τεχνολογίες PEF και OMF καθιστούν εφικτή την παραγωγή τροφίμων που είναι πιο αξιόπιστα, πλούσια σε θρεπτικά συστατικά και έχουν θετικές επιπτώσεις στην υγεία. Επιπλέον, η μέχρι σήμερα μελέτη δεν έχει αποδείξει ότι οι υπό συζήτηση τεχνολογίες είναι επικίνδυνες ή ότι τα τρόφιμα που συντηρούνται με τις περιγραφόμενες τεχνικές

ενέχουν κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία. Τα ηλεκτρικά ερεθίσματα δεν έχουν καμία επίδραση ή έχουν πολύ μικρή επίδραση στο σχηματισμό νέων ενώσεων στα τρόφιμα. Η PEF και η OMF είναι ασφαλείς προσεγγίσεις που είναι εξαιρετικά υποσχόμενες και σύμφωνες με την έννοια της ισόρροπης ανάπτυξης, σύμφωνα με τη σημερινή κατάσταση της επιστήμης (Kang et al., 2022).

Οι επιχειρήσεις τροφίμων και τα ερευνητικά εργαστήρια ενδιαφέρονται όλο και περισσότερο για τις μη θερμικές τεχνικές συντήρησης τροφίμων, συμπεριλαμβανομένων των παλλόμενων ηλεκτρικών πεδίων και των ταλαντευόμενων μαγνητικών πεδίων. Οι διαδικασίες αυτές παρέχουν μια βιώσιμη εναλλακτική λύση στις παραδοσιακές θερμικές διαδικασίες, όπου τα ζητήματα κόστους και ποιότητας ξεφεύγουν όλο και περισσότερο από τον έλεγχο. Το κόστος απόκτησης της τεχνολογίας παραμένει σημαντικό εμπόδιο για την ανάπτυξη των PEF και OMF σε βιομηχανική κλίμακα στις επιχειρήσεις τροφίμων, παρά το γεγονός ότι τα προϊόντα που συντηρούνται με τις προαναφερθείσες τεχνολογίες είναι διαθέσιμα στην παγκόσμια αγορά. Εξαιτίας αυτού, είναι ζωτικής σημασίας η συνεχής ανακάλυψη καινοτόμων τεχνικών και η διάδοση της χρήσης τους στην ευρωπαϊκή και παγκόσμια αγορά (Rudy et al., 2020).

#### **4.8 Η χρήση συσκευασίας υπό κενό με συρρίκνωση**

Η δημιουργία νέων τεχνικών για τη συσκευασία του κρέατος και των προϊόντων κρέατος, καθώς και η τροποποίηση των συμβατικών συστημάτων συσκευασίας τροφίμων, είναι όλα αποτελέσματα μιας κοινωνίας της οποίας ο τρόπος ζωής αλλάζει τα τελευταία χρόνια και της ραγδαίας ανάπτυξης της τεχνολογίας στον τομέα των τροφίμων. Εκτός από την παροχή αισθητικά ευχάριστων και χρήσιμων συσκευασιών, οι κατασκευαστές αναμένεται να διατηρήσουν ένα υψηλό επίπεδο για την ποιότητα των τροφίμων. Το κινήγι για νέα υλικά που θα μπορούσαν να αντιμετωπίσουν οικολογικά ζητήματα είναι εξίσου κρίσιμο (Cenci-Goga et al., 2020).

Το κρέας και τα προϊόντα κρέατος, ειδικότερα, είναι άρρηκτα συνδεδεμένα με τη συσκευασία. Χάρη στην ανάπτυξη νέων υλικών συσκευασίας έχουν προστεθεί διάφορα πρόσθετα χαρακτηριστικά για τη συσκευασία. Μπορεί να είναι ιδιαίτερα χρήσιμη στην επιχείρηση κρέατος, δεδομένου ότι αναπτύσσονται νέες γενιές συσκευασιών που διατηρούν ή και βελτιώνουν τις φυσικές ιδιότητες του συσκευασμένου προϊόντος. Η διάρκεια ζωής του κρέατος και των προϊόντων κρέατος

παρατείνεται με την προσεκτικά επιλεγμένη συσκευασία, η οποία λειτουργεί επίσης ως φράγμα κατά των μικροοργανισμών και των μηχανικών παραμορφώσεων των συσκευασμένων προϊόντων κατά τη μεταφορά και την αποθήκευση (Cenci-Goga et al., 2020).

Η συσκευασία υπό κενό και, όλο και περισσότερο, η συσκευασία υπό κενό σε συνδυασμό με συρρίκνωση χρησιμοποιούνται στον τομέα του κρέατος ως μέρος ενός συστήματος συσκευασίας τροποποιημένης ατμόσφαιρας. Εξαλείφοντας το 98-99% του αέρα από τη συσκευασία, η συσκευασία υπό κενό ουσιαστικά μειώνει την πίεση περιβάλλοντος στο εσωτερικό της. Η ανάπτυξη αερόβιων βακτηρίων, μούχλας και μυκήτων, τα οποία είναι επικίνδυνα για την υγεία του καταναλωτή, σταματάει με τη σχεδόν πλήρη απομάκρυνση του οξυγόνου από τη συσκευασία και τη στεγανή σφράγιση. Το προϊόν διατηρείται πιο φρέσκο για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, διατηρεί τις απαιτούμενες οργανοληπτικές ιδιότητες και διατηρεί το άρωμά του όταν συσκευάζεται σε κενό αέρος (Rudy et al., 2020)..

Ο τομέας του κρέατος μπορεί να έχει πολλά νέα πλεονεκτήματα και προοπτικές χάρη στο συνδυασμό της μείωσης του μεγέθους και των τεχνολογιών συσκευασίας υπό κενό. Σε σύγκριση με τη συμβατική συσκευασία, ένα προϊόν που συσκευάζεται με τη χρήση διαδικασίας κενού και συρρίκνωσης έχει πολύ μεγαλύτερη διάρκεια ζωής. Η μεμβράνη συρρίκνωσης προσφέρει μεγάλη συγκολλησιμότητα, εξαιρετική διαφάνεια, υψηλή μηχανική αντοχή και χαρακτηριστικά φραγμού. Οι ιδιότητες της μεμβράνης επιτρέπουν το αεροστεγές κλείσιμο του κρέατος και των προϊόντων κρέατος χωρίς να προκαλούνται άσκοπες απώλειες κατά τη συσκευασία, ενώ προστατεύουν επίσης το προϊόν από μηχανικές βλάβες κατά τη μεταφορά του. Όταν τα προϊόντα συσκευάζονται σε κενό αέρος, η θερμοσυρρικνούμενη μεμβράνη μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αυξήσει τη διαθεσιμότητα του προϊόντος, να παρέχει προστασία από τη μόλυνση και να μειώσει την απώλεια βάρους από την εξάτμιση του νερού. Το σταθερό βάρος του προϊόντος κρέατος εξασφαλίζεται κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης χάρη στις εξαιρετικές ιδιότητες φραγμού υδρατμών της μεμβράνης (Rudy et al., 2020).

Οι διαθέσιμες στην αγορά θερμοσυρρικνούμενες μεμβράνες μπορούν πλέον να είναι 100% ανακυκλώσιμες ή βιοδιασπώμενες χάρη στη συνεχή πρόοδο της τεχνολογίας. Επιπλέον, η λεπτότητα της μεμβράνης συμβάλλει στη μείωση των αποβλήτων που δημιουργούνται από τις πλαστικές συσκευασίες. Οι μειωμένες θερμοκρασίες συγκόλλησης και συρρίκνωσης είναι ένα άλλο χαρακτηριστικό των

διαθέσιμων μεμβρανών, το οποίο μειώνει σημαντικά τις ενεργειακές δαπάνες (Rudy et al., 2020).

## Συμπεράσματα

Το κρέας αποτελεί μία από τις πιο σημαντικές τροφές σε όλη την ιστορία του ανθρώπου. Ωστόσο, τόσο διάφοροι ενδογενείς παράγοντες, όσο και εξωγενείς παράγοντες μπορεί να οδηγήσουν στην σοβαρή αλλοίωση. Το γεγονός αυτό το καθιστά τόσο δυσάρεστο στην κατανάλωση του, όσο και δυνητικά επικίνδυνο για την υγεία του καταναλωτή.

Για τον λόγο αυτό έχουν αναπτυχθεί πολλές διαφορετικές τεχνικές για την συντήρηση του κρέατος. Οι τεχνικές αυτές σχετίζονται κατά κύριο λόγο με την απαλλαγή του από την ύπαρξη μικροοργανισμών, οι οποίοι μπορεί να οδηγήσουν στην αλλοίωση του, όσο και στην εξάλειψη των διαφόρων ενδογενών παραγόντων. Ωστόσο, πολλές φορές οι μέθοδοι αυτοί σχετίζονται με την αλλοίωση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών του κρέατος, ενώ μπορεί να οδηγήσουν και στην παραγωγή τοξικών παραγόντων. Τέλος, μπορεί να είναι ιδιαίτερα απαιτητικές ως προς την κατανάλωση ενέργειας ή/και άλλων πόρων, γεγονός που δεν τις καθιστά φιλικές προς το περιβάλλον.

Για την αντιμετώπιση των προβλημάτων του εικοστού πρώτου αιώνα, η αντισυμβατική επεξεργασία τροφίμων είναι μια νέα ιδέα. Τόσο το φυσικό περιβάλλον όσο και οι καταναλωτές μπορούν να προστατευθούν, και ταυτόχρονα, επιτρέπει περισσότερο ανταγωνισμό στον κλάδο, ενθαρρύνοντας πιο πράσινες, πιο εφευρετικές και πιο αποδοτικές επιχειρηματικές πρακτικές. Εκτός από την παροχή τροφίμων με υψηλή θρεπτική αξία και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής, οι αντισυμβατικοί τρόποι μπορεί να είναι σε θέση να αντιμετωπίσουν το ζήτημα των νεοεμφανιζόμενων ασθενειών. Η δημιουργία τεχνικών που μειώνουν το χρόνο που απαιτείται για τις διαδικασίες συντήρησης των τροφίμων βοηθά στην παραγωγή προϊόντων υψηλής ποιότητας χωρίς χημικά πρόσθετα, ενώ παράλληλα μειώνει τα έξοδα παραγωγής τροφίμων και προστατεύει το περιβάλλον. Οι σύγχρονες τεχνολογίες χρησιμοποιούν λιγότερη ενέργεια και νερό, γεγονός που ελαχιστοποιεί την ποσότητα των λυμάτων που πρέπει να απορριφθούν. Για τους τεχνολόγους τροφίμων και τους ερευνητές, η παγκόσμια υιοθέτηση της καινοτόμου τεχνολογίας παραμένει εμπόδιο. Ως εκ τούτου, είναι σημαντικό να παρέχονται σαφείς, αμερόληπτες πληροφορίες σχετικά με τις λύσεις που είναι επί του παρόντος εφικτές, καθώς και τις δυνατότητες μελλοντικής ανάπτυξης συγκεκριμένων τεχνολογιών.

Οι τεχνικές αυτές περιλαμβάνουν συχνά την αδρανοποίηση μικροοργανισμών, την παράταση της διάρκειας ζωής των προϊόντων κρέατος χωρίς υποβάθμιση και, ενίοτε, τη βελτίωση των οργανοληπτικών και θρεπτικών ιδιοτήτων τους. Η επίδραση στις σπορογόνες μορφές των μικροοργανισμών και η επιμήκυνση της διάρκειας αποθήκευσης εξαρτάται από το είδος της τεχνικής και τις παραμέτρους που χρησιμοποιούνται, με τις βλαστικές μορφές των βακτηρίων να αδρανοποιούνται συχνότερα. Επιπλέον, φαίνεται ότι η χρήση αυτών των τεχνικών συντήρησης προϊόντων κρέατος δεν οδηγεί σε μεταβολές που έχουν ως αποτέλεσμα τη δημιουργία δηλητηριωδών ουσιών επιβλαβών για την υγεία. Οι τιμές και οι δυνατότητες χρήσης τους σε βιομηχανική κλίμακα συνδέονται, ωστόσο, με τη διαφοροποίηση των χρήσεων των τεχνολογιών.



# Βιβλιογραφία

## Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

Ahmadabadi, L. R., Hosseini, S. E., Ardebili, S. M. S., &Khaneghah, A. M. (2021). Application of clove essential oil-loaded nanoemulsions in coating of chicken fillets. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 16(1), 819–828. <https://doi.org/10.1007/s11694-021-01207-y>

Akhtar, J., &Abrha, M. G. M. (2022). Pressurization technique: principles and impact on quality of meat and meat products. *Food and Agricultural Immunology*, 33(1), 264–285. <https://doi.org/10.1080/09540105.2022.2068507>

Aksoy, A., Karasu, S., Akcicek, A., &Kayacan, S. (2019). Effects of Different Drying Methods on Drying Kinetics, Microstructure, Color, and the Rehydration Ratio of Minced Meat. *Foods*, 8(6), 216. <https://doi.org/10.3390/foods8060216>

Alarcon-Rojo, A. D., Carrillo-Lopez, L. M., Reyes-Villagrana, R. A., & Huerta-Jimenez, M. (2019). Ultrasound and meat quality: A review. *Ultrasonics Sonochemistry*, 55, 369–382. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2018.09.016>

Álvarez, S., Álvarez, C. A., Hamill, R. M., Mullen, A. M., & O'Neill, E. (2021). Drying dynamics of meat highlighting areas of relevance to dry-aging of beef. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(6), 5370–5392. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12845>

Amaral, A. C. F., DaSilva, M. V., &DaSilvaLannes, S. C. (2018). Lipid oxidation in meat: mechanisms and protective factors – a review. *Food Science and Technology*, 38(suppl 1), 1–15. <https://doi.org/10.1590/fst.32518>

Aristoy, M., & Mora, L. (2016). Histidine-containing Dipeptides: Properties and Occurrence in Foods. In *Elsevier eBooks* (pp. 338–342). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-384947-2.00777-7>

Ashar, N., Ali, S., Asghar, B., Hussnain, F., Nasir, J., Nauman, K., & Badar, I. H. (2022). Application of ultrasound-assisted cooking temperature for improving physicochemical and sensory properties of broiler meat. *Food Materials Research*, 0(0), 1–6. <https://doi.org/10.48130/fmr-2022-0016>

- Bhavya, M., &Hebbar, H. U. (2017). Pulsed light processing of foods for microbial safety. *Food Quality and Safety*, 1(3), 187–202. <https://doi.org/10.1093/fqsafe/fyx017>
- Beriain, M. J., Ibañez, F. C., Baleztena, J., & Oria, E. (2012). The effect of a modified meat product on nutritional status in institutionalized elderly people. *PubMed*, 26(4), 907–915. <https://doi.org/10.1590/s0212-16112011000400035>
- Birania, S., Attkan, A. K., Kumar, S., Kumar, N., & Singh, V. (2022). Cold plasma in food processing and preservation: A review. *Journal of Food Process Engineering*, 45(9). <https://doi.org/10.1111/jfpe.14110>
- Bleicher, J., Ebner, E. E., &Bak, K. H. (2022). Formation and Analysis of Volatile and Odor Compounds in Meat—A Review. *Molecules*, 27(19), 6703. <https://doi.org/10.3390/molecules27196703>
- Cai, M., Gang, Z., Jian, W., Li, C., Cui, H., & Lin, L. (2021). Application of glycyrrhiza polysaccharide nanofibers loaded with tea tree essential oil/ gliadin nanoparticles in meat preservation. *Food Bioscience*, 43, 101270. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101270>
- Casaburi, A., Piombino, P., Nychas, G. E., Villani, F., &Ercolini, D. (2015). Bacterial populations and the volatilome associated to meat spoilage. *Food Microbiology*, 45, 83–102. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2014.02.002>
- Cenci-Goga, B. T., Karama, M., Sechi, P., Iulietto, M. F., Novelli, S., &Mattei, S. (2014). Evolution under different storage conditions of anomalous blue coloration of Mozzarella cheese intentionally contaminated with a pigment-producing strain of *Pseudomonas fluorescens*. *Journal of Dairy Science*, 97(11), 6708–6718. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8611>
- Chambers, P.G. and T. Grandin, (2001). Guidelines for humane handling, transport and slaughter of livestock. G. Heinz and T. Srisuvan (Eds.). [http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/animalwelfare/guidelines%20humane%20handling%20transport%20slaughter.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/animalwelfare/guidelines%20humane%20handling%20transport%20slaughter.pdf).
- Chivandi, E., Dangarembizi, R., Nyakudya, T. T., &Erlwanger, K. H. (2016). Use of essential oils as a preservative of meat. In *Elsevier eBooks* (pp. 85–91). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-416641-7.00008-0>

Cobos, A., & Díaz, O. (2014). Chemical Composition of Meat and Meat Products. In *Springer eBooks* (pp. 1–32). [https://doi.org/10.1007/978-3-642-41609-5\\_6-1](https://doi.org/10.1007/978-3-642-41609-5_6-1)

Cunha, L. C. M., Monteiro, M. L. G., Lorenzo, J. M., Munekata, P. E., Muchenje, V., De Carvalho, F. a. L., & Conte-Junior, C. A. (2018). Natural antioxidants in processing and storage stability of sheep and goat meat products. *Food Research International*, 111, 379–390. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.05.041>

Dimakopoulou-Papazoglou, D., & Katsanidis, E. (2017). Effect of Maltodextrin, Sodium Chloride, and Liquid Smoke on the Mass Transfer Kinetics and Storage Stability of Osmotically Dehydrated Beef Meat. *Food and Bioprocess Technology*, 10(11), 2034–2045. <https://doi.org/10.1007/s11947-017-1973-5>

Domínguez, R., Pateiro, M., Gagaoua, M., Barba, F. J., Zhang, W., & Lorenzo, J. M. (2019). A Comprehensive Review on Lipid Oxidation in Meat and Meat Products. *Antioxidants*, 8(10), 429. <https://doi.org/10.3390/antiox8100429>

Duskova, M., Kameník, J., & Karpíšková, R. (2013). *Weissella viridescens* in meat products – a review. *Acta Veterinaria Brno*, 82(3), 237–241. <https://doi.org/10.2754/avb201382030237>

FAO. (2011) Global food losses and food waste – Extent, causes and prevention. FAO Publ., Roma, Italy.

Ganan, M., Hierro, E., Barroso, E., & Fernández, M. (2013). Use of pulsed light to increase the safety of ready-to-eat cured meat products. *Food Control*, 32(2), 512–517. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.01.022>

Ghazali, H. M., Hamezah, H. S., Jam, F. A., Mahadi, N. F., Chan, S. X. Y., Rohani, E. R., Lah, N. H. C., Azlan, U. K., Annuar, N. a. K., Azman, N. a. F., Bunawan, H., Sarian, M. N., Kamal, N., & Abas, F. (2022). A comprehensive review of drying meat products and the associated effects and changes. *Frontiers in Nutrition*, 9. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1057366>

Giorgis, G. a. W. (2019). Review on high-pressure processing of foods. *Cogent Food & Agriculture*, 5(1), 1568725. <https://doi.org/10.1080/23311932.2019.1568725>

Gómez, B., Munekata, P. E., Gavahian, M., Barba, F. J., Martí-Quijal, F. J., Bolumar, T., Campagnol, P. C. B., Tomasevic, I., & Lorenzo, J. M. (2019). Application of pulsed

electric fields in meat and fish processing industries: An overview. *Food Research International*, 123, 95–105. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.04.047>

González-Sanjosé, M. L., Janardhanan, R., Ibañez, F. J., & Beriain, M. J. (2020). The effects of processing and preservation technologies on meat quality: sensory and nutritional aspects. *Foods*, 9(10), 1416. <https://doi.org/10.3390/foods9101416>

Grigelmo-Miguel, N., Soliva-Fortuny, R., Barbosa-Cánovas, G. V., & Martín-Belloso, O. (2011). Use of oscillating magnetic fields in food preservation. In *Wiley-Blackwell eBooks* (pp. 222–235). <https://doi.org/10.1002/9780470958360.ch16>

Hassoun, A., Aït-Kaddour, A., Sahar, A., & Cozzolino, D. (2020). Monitoring Thermal Treatments Applied to Meat Using Traditional Methods and Spectroscopic Techniques: a Review of Advances over the Last Decade. *Food and Bioprocess Technology*, 14(2), 195–208. <https://doi.org/10.1007/s11947-020-02510-0>

Hemmatkhah, F., Zeynali, F., & Almasi, H. (2020). Encapsulated Cumin Seed Essential Oil-Loaded Active Papers: Characterization and Evaluation of the effect on Quality Attributes of Beef Hamburger. *Food and Bioprocess Technology*, 13(3), 533–547. <https://doi.org/10.1007/s11947-020-02418-9>

Hernández, H., Fraňková, A., Klouček, P., & Banout, J. (2018). The effect of the application of thyme essential oil on microbial load during meat drying. *Journal of Visualized Experiments*, 133. <https://doi.org/10.3791/57054>

Hoang, Y., & Vu, A. T. (2016). Sodium benzoate and potassium sorbate in processed meat products collected in Ho Chi Minh City, Vietnam. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 6(4), 477. <https://doi.org/10.18517/ijaseit.6.4.876>

Hyltdgaard M, Mygind T, Meyer RL. Essential oils in food preservation: mode of action, synergies, and interactions with food matrix components. *Front Microbiol.* 2012 Jan 25;3:12. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2012.00012>

Indiarto, R., Jeanette, G., Mulky, H., & Subroto, E. (2021). A Mini-Review Of Salting Techniques To Improve Food Quality. *ResearchGate*. [https://www.researchgate.net/publication/348759004\\_A\\_Mini-Review\\_Of\\_Salting\\_Techniques\\_To\\_Improve\\_Food\\_Quality](https://www.researchgate.net/publication/348759004_A_Mini-Review_Of_Salting_Techniques_To_Improve_Food_Quality)

- Inguglia, E. S., Zhang, Z., Tiwari, B. K., Kerry, J. P., & Burgess, C. M. (2017). Salt reduction strategies in processed meat products – A review. *Trends in Food Science and Technology*, 59, 70–78. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.10.016>
- Iulietto, M. F., Sechi, P., Borgogni, E., & Cenci-Goga, B. T. (2015). Meat Spoilage: A Critical Review of a Neglected Alteration Due to Ropy Slime Producing Bacteria. *Italian Journal of Animal Science*, 14(3), 4011. <https://doi.org/10.4081/ijas.2015.4011>
- John, D., & Ramaswamy, H. S. (2018). Pulsed light technology to enhance food safety and quality: a mini-review. *Current Opinion in Food Science*, 23, 70–79. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2018.06.004>
- Kang, T., Lee, D., Ko, Y., & Jun, S. (2022). Effects of pulsed electric field (PEF) and oscillating magnetic field (OMF) on supercooling preservation of beef at different fat levels. *International Journal of Refrigeration-revue Internationale Du Froid*, 136, 36–45. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2022.01.004>
- Kilic, A. (2009). Low temperature and high velocity (LTHV) application in drying: Characteristics and effects on the fish quality. *Journal of Food Engineering*, 91(1), 173–182. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.08.023>
- Kreyenschmidt, J., Hübner, A., Beierle, E. A., Chonsch, L., Scherer, A., & Petersen, B. (2010). Determination of the shelf life of sliced cooked ham based on the growth of lactic acid bacteria in different steps of the chain. *Journal of Applied Microbiology*, 108(2), 510–520. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2009.04451.x>
- Krystallis, A., & Arvanitoyannis, I. S. (2006). Investigating the concept of meat quality from the consumers' perspective: The case of Greece. *Meat Science*, 72(1), 164–176. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.06.013>
- Laroque, D. A., Seó, S. T., Valencia, G. A., Laurindo, J. B., & Carciofi, B. a. M. (2022). Cold plasma in food processing: Design, mechanisms, and application. *Journal of Food Engineering*, 312, 110748. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2021.110748>
- Lewicki, P. P., Arboix, J. A., Botó, P. G., Beringues, J. C., & Moreno, I. M. (2014). Drying. In M. Dikeman & C. Devine (Eds.), *Encyclopedia of meat science* (2nd ed., Vol. 1, pp. 471–479). Academic Press

- Liqing, Q., Zhang, M., Tang, J., Adhikari, B., & Cao, P. (2019). Innovative technologies for producing and preserving intermediate moisture foods: A review. *Food Research International*, 116, 90–102. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.12.055>
- Luong, N. M., Coroller, L., Zagorec, M., Membré, J., & Guillou, S. (2020). Spoilage of Chilled Fresh Meat Products during Storage: A Quantitative Analysis of Literature Data. *Microorganisms*, 8(8), 1198. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8081198>
- Mason, A., Muradov, M., Abdullah, B., Al-Shamma'a, A., & Alvseike, O. (2018). Rapid Non-Destructive Prediction of Water Activity in Dry-Cured Meat. *Proceedings*, 2(13), 1003. <https://doi.org/10.3390/proceedings2131003>
- Miñano, H. A., De Sousa Silva, A. C., Souto, S., & Costa, E. J. X. (2020). Magnetic Fields in Food Processing Perspectives, applications and action models. *Processes*, 8(7), 814. <https://doi.org/10.3390/pr8070814>
- Mishra, B. P., Mishra, J., Pati, P. K., & Rath, P. K. (2017). Dehydrated meat products: a review. *International Journal of Livestock Research*, 1. <https://doi.org/10.5455/ijlr.20170812035616>
- Mutwakil, N. (2011). Meat Spoilage Mechanisms and Preservation Techniques: A Critical Review. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 6(4), 486–510. <https://doi.org/10.3844/ajabssp.2011.486.510>
- Nanasombat, S., & Wimuttigol, P. (2011). Antimicrobial and antioxidant activity of spice essential oils. *Food Science and Biotechnology*, 20(1), 45–53. <https://doi.org/10.1007/s10068-011-0007-8>
- Nychas, G. E., Skandamis, P. N., Tassou, C. C., & Koutsoumanis, K. (2008). Meat spoilage during distribution. *Meat Science*, 78(1–2), 77–89. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.06.020>
- Ojeda-Piedra, S. A., Zambrano-Zaragoza, M. L., González-Reza, R. M., García-Betanzos, C. I., Real-Sandoval, S. A., & Quintanar-Guerrero, D. (2022). Nano-Encapsulated Essential Oils as a preservation strategy for meat and meat products storage. *Molecules*, 27(23), 8187. <https://doi.org/10.3390/molecules27238187>

Oms-Oliu, G., Martín-Belloso, O., & Soliva-Fortuny, R. (2008). Pulsed Light Treatments for Food Preservation. A review. *Food and Bioprocess Technology*, 3(1). <https://doi.org/10.1007/s11947-008-0147-x>

Oyinloye, T. M., & Yoon, W. J. (2020). Effect of Freeze-Drying on Quality and Grinding Process of Food Produce: A Review. *Processes*, 8(3), 354. <https://doi.org/10.3390/pr8030354>

Peter, K., & Shylaja, M. R. (2012). Introduction to herbs and spices: definitions, trade and applications. In *Elsevier eBooks* (pp. 1–24). <https://doi.org/10.1533/9780857095671.1>

Petit, T., Caro, Y., Petit, A., Santchurn, S. J., & Collignan, A. (2014). Physicochemical and microbiological characteristics of biltong, a traditional salted dried meat of South Africa. *Meat Science*, 96(3), 1313–1317. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.11.003>

Rahman, S. M. E., Sharmeen, I., Pan, J., Kong, D., Xi, Q., Du, Q., Yang, Y., Wang, J., Oh, D., & Han, R. (2023). Marination ingredients on meat quality and safety – a review. *Food Quality and Safety*. <https://doi.org/10.1093/fqsafe/fyad027>

Rahman, U. U., Sahar, A., Ishaq, A., Aadil, R. M., Zahoor, T., & Ahmad, M. H. (2018). Advanced meat preservation methods: A mini review. *Journal of Food Safety*, 38(4), e12467. <https://doi.org/10.1111/jfs.12467>

Rudy, M., Kucharyk, S., Duma-Kocan, P., Stanisławczyk, R., & Gil, M. (2020). Unconventional methods of preserving meat products and their impact on health and the environment. *Sustainability*, 12(15), 5948. <https://doi.org/10.3390/su12155948>

Shao, L., Chen, S., Wang, H., Zhang, J., Zhou, G., & Wang, H. (2021). Advances in understanding the predominance, phenotypes, and mechanisms of bacteria related to meat spoilage. *Trends in Food Science and Technology*, 118, 822–832. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.11.007>

Sharma, S., Mulrey, L., Byrne, M., Jaiswal, A. K., & Jaiswal, S. (2022). Encapsulation of essential oils in nanocarriers for active food packaging. *Foods*, 11(15), 2337. <https://doi.org/10.3390/foods11152337>

Sirocchi, V., Caprioli, G., Cecchini, C., Coman, M. M., Cresci, A., Maggi, F., Papa, F., Ricciutelli, M., Vittori, S., & Sagratini, G. (2013). Biogenic amines as freshness index of meat wrapped in a new active packaging system formulated with essential oils of *Rosmarinus officinalis*. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 64(8), 921–928. <https://doi.org/10.3109/09637486.2013.809706>

Snoussi, A., Chouaibi, M., Koubayer, H. B. H., & Bouzouita, N. (2022). Encapsulation of Tunisian thyme essential oil in OW nanoemulsions: Application for meat preservation. *Meat Science*, 188, 108785. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2022.108785>

Syed, Q. A. (2017). Pulsed Electric Field Technology in Food Preservation: a review. *Journal of Nutritional Health & Food Engineering*, 6(6). <https://doi.org/10.15406/jnhfe.2017.06.00219>

Theobald, A., Arcella, D., Carere, A., Croera, C., Engel, K., Gott, D. M., Gürtler, R., Dietrich, M., Pratt, I., Rietjens, I. M. C. M., Simon, R., & Walker, R. (2012). Safety assessment of smoke flavouring primary products by the European Food Safety Authority. *Trends in Food Science and Technology*, 27(2), 97–108. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2012.06.002>

Toldra, F. (2017). *Lawrie's Meat Science*. Woodhead Publishing.

Wambui, J., Lamuka, P., Karuri, E., Matofari, J. W., & Njage, P. M. K. (2018). Microbial Contamination Level Profiles Attributed to Contamination of Beef Carcasses, Personnel, and Equipment: Case of Small and Medium Enterprise Slaughterhouses. *Journal of Food Protection*, 81(4), 684–691. <https://doi.org/10.4315/0362-028x.jfp-17-402>

Yin, X., Chen, Q., Liu, Q., Wang, Y., & Kong, B. (2021). Influences of smoking in traditional and industrial conditions on Flavour Profile of Harbin red sausages by Comprehensive Two-Dimensional Gas Chromatography Mass Spectrometry. *Foods*, 10(6), 1180. <https://doi.org/10.3390/foods10061180>

Zdanowska-Sąsiadek, Ź., Marchewka, J., Horbańczuk, J. O., Wierzbicka, A., Lipińska, P., Jóźwik, A., Atanasov, A. G., Huminiecki, Ł., Sieroń, A., Sieroń, K., Strzałkowska, N., Stelmasiak, A., De Smet, S., Van Hecke, T., & Hoffman, L. C.



(2018). Nutrients Composition in Fit Snacks Made from Ostrich, Beef and Chicken Dried Meat. *Molecules*, 23(6), 1267. <https://doi.org/10.3390/molecules23061267>

Zhou, G. J., Xu, X., & Liu, Y. W. (2010). Preservation technologies for fresh meat – A review. *Meat Science*, 86(1), 119–128. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.04.033>

Zhu, Y., Wang, W., Li, M., Zhang, J., Ji, L., Zhao, Z., Zhang, R., Cai, D., & Chen, L. (2022). Microbial diversity of meat products under spoilage and its controlling approaches. *Frontiers in Nutrition*, 9. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1078201>

## Ελληνική βιβλιογραφία

Ελληνική Δημοκρατία Περιφέρεια Ηπείρου Ειδική Υπηρεσία Διαχείρισης Ε.Π. Περιφέρειας Ηπείρου (2019), Μελέτη Σκοπιμότητας για Κέντρο Καινοτομίας Κρέατος Περιφέρειας Ηπείρου

Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 853/2004 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου

Κασαλιά Ε. (2016), Επίδραση Των Φυσικών Αντιβακτηριδιακών Και Αντιοξειδωτικών Συστατικών Του Κρασιού Και Του Παρθένου Ελαιόλαδου Στα Παραδοσιακά Χωριάτικα Λουκάνικα

Πουλή Α. (2012), Χρήση Αιθέριων Ελαίων Κατά Την Συντήρηση Κρέατος

Κώδικας Τροφίμων και Ποτών: <https://www.eea.gr/wp-content/uploads/2018/11/dimosieytike-o-kodikas-trofimon-gia-to-kreas-1.pdf>