

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΔΗΜΟΣΙΑ ΥΓΕΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΥΓΙΕΙΝΗ: ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ & ΥΔΑΤΩΝ ΚΑΙ ΔΗΜΟΣΙΑ ΥΓΕΙΑ»

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΒΟΕΙΟΥ ΚΡΕΑΤΟΣ ΞΗΡΗΣ ΩΡΙΜΑΝΣΗΣ

Ευστάθιος Σπυρίδων Κλαυδιανός
Στρατιωτικός Κτηνίατρος, ΑΠΘ

Τμήμα Κτηνιατρικής
Σχολή Επιστημών Υγείας
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

2021

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΔΗΜΟΣΙΑ ΥΓΕΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΥΓΙΕΙΝΗ: ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ & ΥΔΑΤΩΝ ΚΑΙ ΔΗΜΟΣΙΑ ΥΓΕΙΑ»

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΒΟΕΙΟΥ ΚΡΕΑΤΟΣ ΞΗΡΗΣ ΩΡΙΜΑΝΣΗΣ

Ευστάθιος Σπυρίδων Κλαυδιανός
Στρατιωτικός Κτηνίατρος, ΑΠΘ

Τμήμα Κτηνιατρικής
Σχολή Επιστημών Υγείας
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

2021

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Πεξαρά Ανδρέα – Επίκουρη Καθηγήτρια, Εργαστήριο
Υγιεινής Τροφίμων Ζωικής Προέλευσης, Τμήμα Κτηνιατρικής,
Π.Θ., Επιβλέπουσα

Γκόβαρης Αλέξανδρος – Καθηγητής, Εργαστήριο Υγιεινής
Τροφίμων Ζωικής Προέλευσης, Τμήμα Κτηνιατρικής, Π.Θ.,
Μέλος Τριμελούς Επιτροπής

Σολωμάκος Νικόλαος – Επίκουρος Καθηγητής, Εργαστήριο
Υγιεινής Τροφίμων Ζωικής Προέλευσης, Τμήμα Κτηνιατρικής,
Π.Θ., Μέλος Τριμελούς Επιτροπής

στην Κωνσταντίνα και τον Παύλο

ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΒΟΕΙΟΥ ΚΡΕΑΤΟΣ ΞΗΡΗΣ ΩΡΙΜΑΝΣΗΣ

Περίληψη

Σημαντικοί όροι: Βόειο κρέας ξηρής ωρίμανσης, μικροβιολογικά χαρακτηριστικά, ποιοτικά χαρακτηριστικά, απόδοση σε τελικό προϊόν, pH

Σκοπός εργασίας

Ξηρή ωρίμανση είναι η διαδικασία όπου το βόειο κρέας ωριμάζει για αρκετές εβδομάδες ή και μήνες σε ελεγχόμενες συνθήκες, εντός ψυκτικού θαλάμου, με στόχο την ανάπτυξη ιδιαίτερων οργανοληπτικών χαρακτηριστικών. Πριν τη διάθεση στον καταναλωτή προηγείται η αφαίρεση του επιφανειακού στρώματος, σε έκταση ανάλογη του χρόνου ωρίμανσης (αποκοπή, trimming). Στην Ελλάδα, η μέθοδος της ξηρής ωρίμανσης του βόειου κρέατος έχει κερδίσει αρκετούς καταναλωτές τα τελευταία χρόνια, παρά το αυξημένο κόστος του παραγόμενου προϊόντος. Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η μελέτη των μικροβιολογικών χαρακτηριστικών του βόειου κρέατος σε διαφορετικούς χρόνους ξηρής ωρίμανσης παράλληλα με την εκτίμηση κάποιων ποιοτικών χαρακτηριστικών (τιμή pH, οσμή, απόδοση (%) σε τελικό προϊόν).

Υλικά και μέθοδοι

Τεμάχια «μπριζόλες» υπέστησαν ξηρή ωρίμανση σε θάλαμο ξηρής ωρίμανσης (θερμοκρασία $1\pm 1^{\circ}\text{C}$, σχετική υγρασία $75\pm 5\%$, ταχύτητα ροής αέρα 1 m/s) για διάστημα 60 ημερών. Στην πρώτη ύλη (ημέρα 0) και στα δείγματα που προέκυψαν μετά την διαδικασία αποκοπής («τελικό προϊόν») και στην «ζώνη αποκοπής» στις ημέρες 21, 30, 40, 50, 60 πραγματοποιήθηκε μικροβιολογική ανάλυση για να προσδιοριστούν οι πληθυσμοί της Ολικής Μεσόφιλης Χλωρίδας (OMX), των οξυγαλακτικών βακτηρίων, των *Enterobacteriaceae*, των ζυμών και μυκήτων και η παρουσία *Salmonella* spp. Επιπλέον στα δείγματα προσδιορίστηκε η τιμή του pH, πραγματοποιήθηκε εκτίμηση της οσμής και προσδιορίστηκε η απώλεια βάρους (%) στα διάφορα στάδια επεξεργασίας (ωρίμανση-αποκοπή) και η απόδοση (%) σε τελικό προϊόν.

Αποτελέσματα

Στο «τελικό προϊόν» οι πληθυσμοί της OMX, των οξυγαλακτικών βακτηρίων, των *Enterobacteriaceae*, των ζυμών και μυκήτων κυμάνθηκαν μεταξύ $3,86\pm 0,18 \log \text{cfu/g}$ και $5,11\pm 0,16 \log \text{cfu/g}$, $2,53\pm 0,24 \log \text{cfu/g}$ και $3,86\pm 0,21 \log \text{cfu/g}$, $3,23\pm 0,56 \log \text{cfu/g}$ και $4,54\pm 0,03 \log \text{cfu/g}$, $3,48\pm 0,29 \log \text{cfu/g}$ και $6,43\pm 0,74 \log \text{cfu/g}$, αντίστοιχα. Στη «ζώνη αποκοπής» προσδιορίστηκαν υψηλότεροι πληθυσμοί για όλους τους υπό εξέταση μικροοργανισμούς με τον πληθυσμό για τις ζύμες και μύκητες να φτάνουν τα $7,99\pm 0,46 \log \text{cfu/g}$ την $40^{\text{η}}$ και να παραμένει χωρίς στατιστικά σημαντικές διαφορές ($P>0,05$) μέχρι

την 60^η ημέρα, ενώ για τα *Enterobacteriaceae* την 30^η ημέρα ο πληθυσμός έφτασε τα $7,69 \pm 0,25 \log \text{ cfu/g}$. Όλα τα δείγματα που εξετάστηκαν βρέθηκαν αρνητικά στην παρουσία *Salmonella* spp. Στατιστικά σημαντική διαφορά στην τιμή του pH του τελικού προϊόντος διαπιστώθηκε κατά την 60^η ημέρα όπου καταγράφηκε η υψηλότερη τιμή $5,86 \pm 0,01$. Η μεγαλύτερη διαφορά στην απώλεια βάρους (%) λόγω ωρίμανσης, από 15,64% σε 24,60% παρατηρήθηκε μεταξύ της 21^{ης} και της 60^{ης} ημέρας. Η μεγαλύτερη απόδοση ($55,28 \pm 1,93\%$) σε τελικό προϊόν καταγράφηκε την 40^η ημέρα. Την 60^η ημέρα τα δείγματα αξιολογήθηκαν ως μη αποδεκτά ως προς την οσμή (βαθμολογία ≥ 4). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, προτείνεται, στις εφαρμοζόμενες συνθήκες, η ξηρή ωρίμανση βόειου κρέατος διάρκειας 40 ημερών, συνεκτιμώντας τη μικροβιολογική ποιότητα, τα ποιοτικά χαρακτηριστικά και το οικονομικό κόστος του παραγόμενου προϊόντος.

Abstract

Keywords: Dry aged beef, microbiological characteristics, quality, retail yield, pH value.

Objective

Dry aging is the process where beef primal cuts are aged for several weeks or even months under controlled conditions in a refrigerated room, in order enhanced meat organoleptic characteristics to be developed. Prior to its disposal to the consumer, the outer crust layer is trimmed off, to an extent proportional to the aging time. In Greece, dry aged beef has recently gained the interest of consumers, despite the increased cost of the product. The objective of this study was to investigate the microbiological characteristics of beef at different times of dry aging. Also, some quality characteristics (pH value, odor, retail yield yield) of dry-aged beef were evaluated.

Materials and methods

Ribeye steaks were dry aged in a cold room (temperature $1\pm 1^{\circ}\text{C}$, relative humidity $75\pm 5\%$, air flow: 1 m/s) for 60 days. In the unaged beef (day 0) and in the samples obtained after trimming (“final product”) and in the “trimming zone”, on days 21, 30, 40, 50, 60 microbiological analysis was performed to determine the counts of Total Mesophilic Counts (TMC), lactic acid bacteria (LAB), *Enterobacteriaceae*, yeasts/molds and the presence of *Salmonella* spp. In addition, in the samples the odor was assessed, the pH value, the weight losses (%) of the process and the retail yield (%) were determined.

Results

In the “final product”, counts of TMC, LAB, *Enterobacteriaceae* and yeasts/molds ranged between 3.86 ± 0.18 log cfu/g and 5.11 ± 0.16 log cfu/g, 2.53 ± 0.24 log cfu/g and 3.86 ± 0.21 log cfu/g, 3.23 ± 0.56 log cfu/g and 4.54 ± 0.03 log cfu/g, 3.48 ± 0.29 log cfu/g and 6.43 ± 0.74 log cfu/g, respectively. In the “trimming zone” higher counts for all the tested microorganisms were recorded. Yeasts/molds reached 7.99 ± 0.46 log cfu/g on the 40th day and did not change significantly ($P>0.05$) until the 60th day. *Enterobacteriaceae*, reached 7.69 ± 0.25 log cfu/g on the 30th day. All samples tested negative for *Salmonella* spp. The pH value of the final product was significant higher (5.86 ± 0.01) on the 60th day. The larger increase in aging weight loss (%), from 15,64% to 24,60%, was observed between the 21st and the 60th day. The highest retail yield ($55.28\pm 1.93\%$) was recorded on the 40th day. On the 60th day, the samples were assessed as unacceptable in terms of odor (score ≥ 4). According to the results of the present study, in the applied conditions a dry aging period of 40 days is proposed, considering the microbiological quality, the quality characteristics and the economic cost of the product.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	i
Κατάσταση Πινάκων	ii
Κατάσταση Διαγραμμάτων	iii
ΜΕΡΟΣ 1ο	1
Κεφάλαιο 1	1
Εισαγωγή	1
Κεφάλαιο 2 – Το κρέας	3
2.1 Το κρέας ως τρόφιμο	3
2.2 Προϊόντα κρέατος	3
2.3 Βόειο κρέας	5
Κεφάλαιο 3 – Βόειο κρέας ξηρής ωρίμανσης	7
3.1 Η πρώτη ύλη της ξηρής ωρίμανσης	7
3.2 Η διαδικασία της ξηρής ωρίμανσης	8
3.3 Ποιοτικά χαρακτηριστικά	11
3.4 Μικροβιολογικά χαρακτηριστικά	19
3.5 Οι προκλήσεις του προϊόντος	29
ΜΕΡΟΣ 2ο	30
Κεφάλαιο 1 – Σκοπός της διπλωματικής εργασίας	30
Κεφάλαιο 2 – Υλικά και μέθοδοι	31
2.1 Συλλογή και χειρισμός των δειγμάτων	31
2.2 Μικροβιολογική ανάλυση	33
2.3 Εξέταση ποιοτικών χαρακτηριστικών	34
2.4 Στατιστική επεξεργασία	35
Κεφάλαιο 3 – Αποτελέσματα-Συζήτηση	36
3.1 Μικροβιολογική ανάλυση	36
3.2 Τιμή pH	44
3.3 Οσμή	47
3.4 Απώλειες βάρους	49
3.5 Συμπεράσματα	52
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	54

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στην επιβλέπουσά μου, Επίκουρη Καθηγήτρια κα. Πεξάρá Ανδρεάνα, για την εμπιστοσύνη της και την ανάθεση ενός τόσο ενδιαφέροντος και πρωτότυπου θέματος για τη διπλωματική μου εργασία.

Ευχαριστώ ειλικρινά τον Καθηγητή κ. Γκόβαρη Αλέξανδρο και τον Επίκουρο Καθηγητή κ. Σολωμάκο Νικόλαο, μέλη της τριμελούς Επιτροπής μου, για την υποστήριξή τους κατά την υλοποίηση της εργασίας μου.

Επίσης, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου προς :

Τη Φάρμα Μπαϊράμογλου για τη συνεργασία τους για τη διεξαγωγή των πειραματισμών.

Τη Διοίκηση του Κέντρου Εκπαίδευσης Νοσηλείας Κτηνιατρικού για την έμπρακτη υποστήριξη καθ' όλη τη διάρκεια της φοίτησής μου στο Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών.

Τους συναδέλφους κτηνιάτρους κ. Τριανταφύλλου Ελευθέριο και κα. Ευαγγελοπούλου Γραμμάτω, για τις χρήσιμες συμβουλές και κατευθύνσεις που μου παρείχαν.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω από καρδιάς, τη σύζυγό μου Κωνσταντίνα Συμσίρη, για την υπομονή και τη στήριξη που έδειξε από την αρχή, αλλά και το γιο μας, Παύλο, που ήρθε στη ζωή εν μέσω των πειραματισμών και μου έδωσε την απαραίτητη ώθηση για να φτάσω μέχρι το τέλος.

Κατάσταση Πινάκων

Α/Α	ΤΙΤΛΟΣ ΠΙΝΑΚΑ	ΣΕΛΙΔΑ
Πίνακας 1 :	Διατροφική αξία βόειου κρέατος ανά 100gr	5
Πίνακας 2 :	Γευστικές παράμετροι του βόειου κρέατος	12
Πίνακας 3 :	Πληθυσμοί της Ολικής Μεσόφιλης Χλωρίδας (OMX), των Οξυγαλακτικών βακτηρίων (LAB), των <i>Enterobacteriaceae</i> και των ζυμών και μυκήτων κατά τη διάρκεια ξηρής ωρίμανσης βόειου κρέατος (Μέσος όρος ± Τυπική απόκλιση)	42
Πίνακας 4 :	Επίδραση της διάρκειας ωρίμανσης στο pH κατά την ξηρή ωρίμανση βόειου κρέατος (Μέσος όρος ± Τυπική απόκλιση)	46
Πίνακας 5 :	Επίδραση της διάρκειας ωρίμανσης στις απώλειες κατά την ξηρή ωρίμανση βόειου κρέατος (Μέσος όρος ± Τυπική απόκλιση)	51

Κατάσταση Διαγραμμάτων

A/A	ΤΙΤΛΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΟΣ	ΣΕΛΙΔΑ
Διάγραμμα 1 :	Μεταβολή των πληθυσμών των υπό εξέταση μικροοργανισμών κατά τη διάρκεια ξηρής ωρίμανσης βόειου κρέατος (Α) στο τελικό προϊόν και (Β) στη ζώνη αποκοπής.	43
Διάγραμμα 2 :	Μεταβολή της οσμής βόειου κρέατος κατά τη διάρκεια ξηρής ωρίμανσης. Αξιολόγηση σε 5-βάθμια κλίμακα 1 (φυσιολογική οσμή) έως 5 (άσχημη οσμή).	48

ΜΕΡΟΣ 1ο

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

Ξηρή ωρίμανση είναι η διαδικασία όπου το βόειο κρέας ωριμάζει για αρκετές εβδομάδες ή και μήνες σε ελεγχόμενες συνθήκες με στόχο την ανάπτυξη ιδιαίτερων οργανοληπτικών χαρακτηριστικών και ειδικότερα τη βελτίωση της γεύσης, της τρυφερότητας και του χυμώδους (Jelenikova et al. 2008, Lee et al. 2017). Η αναβάθμιση αυτή του κρέατος με το συγκεκριμένο τρόπο επεξεργασίας είναι αναμφισβήτητη και το γεγονός αυτό έχει αναδειχθεί μετά από αρκετές μελέτες, τόσο σχετικά με τη γεύση (Brewer et al. 1995, Kahraman & Gurbuz 2019), όσο και σχετικά με την τρυφερότητα, ένα μάλιστα από τα χαρακτηριστικά όπου οι καταναλωτές δίνουν τη μεγαλύτερη αξία (Jayasoorlya et al. 2007, Kim et al. 2014, Battaglia et al. 2016).

Επί αιώνες, η ξηρή ωρίμανση ήταν ένας κοινός τρόπος που χρησιμοποιούταν ώστε να συντηρηθεί και να γίνει πιο τρυφερό το βόειο κρέας. Αυτό συνέβαινε μέχρι πριν από 50 χρόνια, οπότε και η εμφάνιση των συσκευασιών κενού έφερε, μαζί με την αυξημένη αποτελεσματικότητα στις διαδικασίες επεξεργασίας και μεταφοράς του βόειου κρέατος, την εγκατάλειψη της τεχνικής της ξηρής ωρίμανσης (Savell, 2008). Μόνο ένα μικρό μέρος όσων ασχολούνταν με τη βιομηχανία του κρέατος συνέχιζαν να τη χρησιμοποιούν. Κυριότερος λόγος ήταν το υψηλό κόστος παραγωγής προϊόντων ξηρής ωρίμανσης, λόγω απωλειών βάρους από την ωρίμανση και την αποκοπή και αυξημένου χρόνου απασχόλησης επιπλέον προσωπικού, των δύσκολων συνθηκών συντήρησης κατά τη διαδικασία και οι άγνωστοι μικροβιολογικοί κίνδυνοι, λόγω έλλειψης επαρκών στοιχείων για τη διασφάλιση της υγείας των καταναλωτών.

Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια, το ενδιαφέρον για τη συγκεκριμένη διαδικασία έχει αναζωπυρωθεί και προμηθευτές και κρεοπώλες στρέφονται ξανά στην εφαρμογή της. Η νέα αυτή τάση ξεκίνησε από τις ΗΠΑ και την Αυστραλία (AMPC & MLA, 2010), αλλά φαίνεται να υπάρχει έντονο ενδιαφέρον και σε χώρες της Ασίας, όπως η Κορέα, η Ιαπωνία, η Ταϊβάν και το Χονγκ Κονγκ, όπου βόειο κρέας ξηρής ωρίμανσης εμφανίζεται στο μενού αρκετών εστιατορίων. Ειδικά στην Κορέα, η αύξηση της ζήτησης για το κρέας αυτό οδήγησε στη δημιουργία εξειδικευμένης αγοράς στα πλαίσια της αγοράς των υπηρεσιών τροφίμων (Dashdorj et al., 2016). Το ενδιαφέρον όμως δεν περιορίζεται μόνο σε αυτές τις χώρες αλλά τείνει να γίνει παγκόσμιο. Ήδη έχει παρατηρηθεί και στη χώρα μας η στροφή μιας μερίδας καταναλωτών προς τη συγκεκριμένη αγορά.

Συνεπώς, είναι σημαντικό να καθοριστούν οι επιμέρους παράμετροι κατά την παραγωγή βόειου κρέατος ξηρής ωρίμανσης ώστε να διασφαλίζεται η υγιεινή και η ασφάλεια του προϊόντος, σε συνδυασμό με το χαμηλότερο δυνατό κόστος. Δεδομένου ότι οι χρόνοι ωρίμανσης διαφέρουν από παραγωγό σε παραγωγό, έχει μεγάλη πρακτική και οικονομική σημασία ο υπολογισμός των παραπάνω παραγόντων αυξημένου κόστους του προϊόντος αλλά και ο έλεγχος των ποιοτικών χαρακτηριστικών των παθογόνων και αλλοιογόνων

μικροοργανισμών ως παραγόντων ασφάλειας και ποιότητας του προϊόντος, σε διάφορους συνήθεις χρόνους ωρίμανσης.

Ωστόσο, τα δεδομένα της διεθνούς βιβλιογραφίας ως προς τα στοιχεία αυτά είναι προς το παρόν ελάχιστα για το βόειο κρέας ξηρής ωρίμανσης, ενώ δεν υπάρχουν καθόλου αντίστοιχα για την Ελλάδα. Οι περιορισμένες δημοσιευμένες εργασίες δεν έχουν πάντοτε συγκλίνοντα αποτελέσματα (Ahnstrom et al. 2006, Li et al. 2014, Ryu et al. 2018, Kahraman & Gurbuz 2019), όμως ορισμένα συμπεράσματα δύνανται να εξαχθούν και να χρησιμοποιηθούν ως βάση για περαιτέρω έρευνα. Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν τη μελέτη των μικροβιολογικών χαρακτηριστικών του βόειου κρέατος μετά από διαφορετικούς χρόνους ξηρής ωρίμανσης, παράλληλα με την εκτίμηση κάποιων ποιοτικών χαρακτηριστικών (οσμή, τιμή pH, απώλειες στα διάφορα στάδια και απόδοση % σε τελικό προϊόν).

Κεφάλαιο 2 – Το κρέας

2.1 Το κρέας ως τρόφιμο

Σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Κανονισμό 853/2004, κρέας θεωρείται το εδώδιμο μέρος του σφαγίου κατοικίδιων οπληφόρων (στα οποία ανήκουν και τα βοοειδή), πουλερικών, λαγόμορφων, άγριων θηραμάτων, εκτρεφόμενων θηραμάτων, μικρών και μεγάλων άγριων θηραμάτων, συμπεριλαμβανομένου του αίματος.

Το κρέας των διαφόρων ειδών ζώων αποτελεί τη βασικότερη πηγή πρωτεϊνών υψηλής βιολογικής αξίας στη διατροφή του ανθρώπου. Για το λόγο αυτό, από πολύ νωρίς ο άνθρωπος έχει προχωρήσει στην οργανωμένη εκτροφή ζώων με σκοπό την κρεοπαραγωγή. Σύντομα, ο κλάδος αυτός επεκτάθηκε και μετατράπηκε σε ισχυρό οικονομικό τομέα για σχεδόν όλα τα ανεπτυγμένα και αναπτυσσόμενα κράτη παγκοσμίως.

Εξαιτίας της οργανωμένης παραγωγής κρέατος, και την παρεπόμενη αύξησης της εμπορικής διακίνησής του διεθνώς, η κατανάλωσή του έχει αυξηθεί με την πάροδο του χρόνου. Βέβαια αυτό δεν είναι απόλυτο σε όλες τις περιπτώσεις, καθώς ο σύγχρονος τρόπος ζωής στις ανεπτυγμένες χώρες (π.χ. στροφή στην αποκλειστική χορτοφαγία) και οι κοινωνικές και οικονομικές ανισότητες στις λιγότερο ανεπτυγμένες, έχει μετριάσει αυτούς τους ρυθμούς (Ritchie & Roser, 2017).

Ως τρόφιμο, το κρέας έχει τέτοια χημική σύσταση ώστε να θεωρείται πλήρης τροφή. Κύριο συστατικό του είναι οι ζωικές πρωτεΐνες που έχουν υψηλή βιολογική αξία, ενώ τα υπόλοιπα συστατικά του είναι λίπη, ανόργανα άλατα, ιχνοστοιχεία, βιταμίνες και υδατάνθρακες. Λόγω της σημασίας όλων των παραπάνω στοιχείων, το κρέας θεωρείται αναγκαίο στη διατροφή του ανθρώπου, η κατανάλωση 100 γραμμαρίων του οποίου καθημερινώς καλύπτει γύρω στο 45% των ημερήσιων αναγκών του ανθρώπου σε πρωτεΐνες (Γεωργάκης κ.α., 2002).

Πολλά είναι τα είδη του κρέατος που καταναλώνονται σε παγκόσμιο επίπεδο. Σύμφωνα με στοιχεία από το 2013, πρώτο σε κατά κεφαλήν κατανάλωση είναι το χοιρινό κρέας με 16 κιλά, και ακολουθούν το κρέας των πουλερικών με 15 κιλά, το βόειο κρέας με 9 κιλά και το πρόβειο και κατσικίσιο κρέας με 2 κιλά, ενώ σε μικρότερες ποσότητες καταναλώνονται και άλλα είδη κρέατος (Ritchie & Roser, 2017). Όλα τα παραπάνω, εντάσσονται στη διατροφή του ανθρώπου είτε ως νωπά προϊόντα κατόπιν συντήρησης υπό ψύξη ή κατάψυξη, είτε ως πρώτη ύλη που χρησιμοποιείται για την παραγωγή διαφόρων προϊόντων.

2.2 Προϊόντα κρέατος

Ως νωπό κρέας, σύμφωνα με τον ΕΚ 853/2004, χαρακτηρίζεται το κρέας που δεν έχει υποστεί άλλη επεξεργασία συντήρησης εκτός από την ψύξη, την κατάψυξη ή την ταχεία κατάψυξη, συμπεριλαμβανομένου του κρέατος που είναι συσκευασμένο σε κενό αέρος ή

σε ελεγχόμενη ατμόσφαιρα. Από την άλλη, υπάρχουν και τα προϊόντα κρέατος, τα οποία παράγονται κατόπιν συγκεκριμένης επεξεργασίας του νωπού κρέατος. Αυτά διακρίνονται σε παρασκευάσματα κρέατος, σε προϊόντα με βάση το κρέας ή προϊόντα αλλαντοποιίας, σε άλλα προϊόντα, όπως ειδικές κονσέρβες κρέατος ή με κρέας και άλλα τρόφιμα ή κρεατοσκευάσματα και προϊόντα με βάση το κρέας σε συνδυασμό με άλλα τρόφιμα (έτοιμο φαγητό) και τέλος σε παράγωγα κρέατος (Κώδικας Τροφίμων και Ποτών, 2014).

Παρασκευάσμα κρέατος, σύμφωνα με τον ΕΚ 853/2004, χαρακτηρίζεται το νωπό κρέας, συμπεριλαμβανομένου του κρέατος που έχει μετατραπεί σε τεμάχια, στο οποίο έχουν προστεθεί τρόφιμα, καρυκεύματα ή πρόσθετα ή το οποίο έχει υποβληθεί σε μεταποίηση που δεν μεταβάλλει την εσωτερική δομή των μυϊκών ινών του κρέατος και, κατά συνέπεια, δεν εξαφανίζει τα χαρακτηριστικά του νωπού κρέατος. Τα προϊόντα αυτά διακρίνονται σε παρασκευάσματα από τεμάχια κρέατος τα οποία μπορούν να υποβάλλονται σε καρύκευση (π.χ. γύρος, σουβλάκι, σνίτσελ, κοκορέτσι), σε παρασκευάσματα από σύγκοπτο κρέας που αφορούν σε παρασκευάσματα νωπού κιμά (π.χ. μπιφτέκι, σουτζουκάκι, κεμπάπ, σεφταλιά), σε μορφοποιημένα παρασκευάσματα κρέατος που προέκυψαν είτε από πίεση τεμαχίου κρέατος σε καλούπι είτε από συνένωση τεμαχίων με επιτρεπόμενες συνδετικές ύλες (π.χ. μορφοποιημένο σνίτσελ, κοτομπουκιές) και σε μη θερμικά επεξεργασμένα νωπά προϊόντα στα οποία ουσιαστικά εντάσσονται μόνο τα παραδοσιακά χωριάτικα λουκάνικα που ενθηκούνται σε βρώσιμα φυσικά περιβλήματα (ΚΤΠ, 2014). Γενικότερα, όλα τα παραπάνω προϊόντα συνήθως υφίστανται μόνο τεμαχισμό με ή χωρίς την προσθήκη πρόσθετων υλών και συντηρούνται με ψύξη ή κατάψυξη.

Προϊόντα με βάση το κρέας (ή προϊόντα αλλαντοποιίας), χαρακτηρίζονται τα μεταποιημένα προϊόντα που προέρχονται από τη μεταποίηση κρέατος ή από την περαιτέρω μεταποίηση των μεταποιημένων αυτών προϊόντων ώστε η επιφάνεια της εγκάρσιας τομής να επιτρέπει να διαπιστωθεί η απουσία των χαρακτηριστικών νωπού κρέατος (ΕΚ 853/2004). Τα προϊόντα της κατηγορίας αυτής διακρίνονται σε προϊόντα θερμικής επεξεργασίας από αυτοτελή τεμάχια κρέατος (π.χ. βραστό χοιρομέρι, βραστή ωμοπλάτη, καπνιστό νουά, μπέικον) ή και από σύγκοπτο κρέας (π.χ. λουκάνικα φρανκφούρτης, πάριζα, μορταδέλλα, πικ-νικ), σε προϊόντα ζύμωσης και ωρίμανσης από τεμάχια κρέατος (π.χ. χοιρομέρι ωρίμανσης) ή από σύγκοπτο κρέας (π.χ. σουτζούκια, παστουρμάς), σε προϊόντα μερικής ζύμωσης (ημίξηρα) από σύγκοπτο κρέας (π.χ. σαλάμι μύρας) και σε προϊόντα διπλής θερμικής επεξεργασίας (π.χ. πατέ, φουά-γκρα, πηκτές) (ΚΤΠ, 2014).

Άλλα προϊόντα αφορούν σε προϊόντα που διατίθενται στην αγορά μαγειρεμένα και κατάλληλα διατηρημένα με τρόπους όπως η ψύξη, η κατάψυξη και η κονσερβοποίηση, ενώ εκτός από κρέας μπορεί να περιέχουν και άλλα τρόφιμα. Παραδείγματα τέτοιων προϊόντων είναι τα λάντσιον-μητ, κορν μπιφ και οι κονσέρβες προϊόντων αλλαντοποιίας. Τέλος, υπάρχουν τα παράγωγα κρέατος όπως οι ζωμοί, οι σούπες, οι σάλτσες, τα εκχυλίσματα κρέατος, η ζελατίνη και ο οπός (ΚΤΠ, 2018).

2.3 Βόειο κρέας

Βόειο κρέας ονομάζεται το σύνολο των τεμαχίων ενός σφαγίου βοοειδούς και ανήκει στην κατηγορία του κόκκινου κρέατος, δηλαδή είναι κρέας με μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε σίδηρο από τα αντίστοιχα των πουλερικών και των ψαριών (Arnarson, 2019). Ο άνθρωπος καταναλώνει βόειο κρέας από τους προϊστορικούς χρόνους (Piatti-Farnell, 2013). Στις μέρες μας, το βόειο κρέας είναι το τρίτο πιο διαδεδομένο κρέας σε παγκόσμια κατανάλωση, αντιπροσωπεύοντας το 25% της παγκόσμιας παραγωγής (Raloff, 2003). Το 2018 συγκεκριμένα, οι ΗΠΑ, η Βραζιλία και η Κίνα παρήγαγαν τις μεγαλύτερες ποσότητες, με 12,22 εκατομμύρια τόνους, 9,9 εκατομμύρια τόνους και 6,46 εκατομμύρια τόνους αντιστοίχως (Ritchie & Roser, 2017). Όσον αφορά στις εξαγωγές, την κορυφή κατέκτησαν το 2019 η Αυστραλία (14,8%), οι ΗΠΑ (13,4%) και η Βραζιλία (12,6%) (Workman, 2020).

Η σύστασή του το καθιστά εξαιρετική πηγή πρωτεϊνών και θρεπτικών συστατικών (Oh et al., 2016). Συγκεκριμένα, το βόειο κρέας, εκτός από τις πλήρεις πρωτεΐνες που προσφέρει, αποτελεί πηγή προέλευσης νιασίνης, βιταμίνης B12, σιδήρου και ψευδαργύρου της τάξης του 20% του απαραίτητου ημερήσιου επιπέδου πρόσληψης για τον άνθρωπο (WHFoods, 2004). Ως κόκκινο κρέας, η πιο σημαντική συνεισφορά του στη δίαιτα του ανθρώπου είναι η καρνιτίνη, ενώ όπως και άλλου είδους κρέατα (χοιρινό, ψάρι, αρνί κλπ), προσφέρει και κρεατίνη, η οποία μετατρέπεται σε κρεατινίνη κατά το μαγείρεμα (Tucker, 2013). Περισσότερες λεπτομέρειες για τη διατροφική αξία του βόειου κρέατος φαίνονται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1. Διατροφική αξία βόειου κρέατος ανά 100 g.

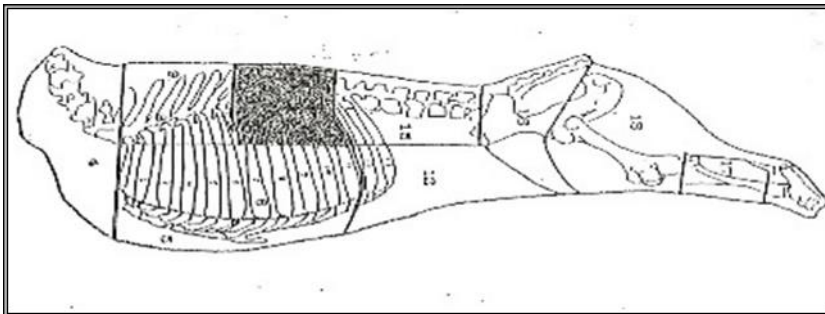
Συστατικά	Μονάδες	Ψητό βόειο (15% λίπος)	Ψητό βόειο (20% λίπος)	Ωμό βόειο (15% λίπος)	Ωμό βόειο (20% λίπος)
Πρωτεΐνες	g	25,96	25,77	18,55	17,14
Λίπος	g	15,46	17,84	15	20
Υδατάνθρακες	g	0	0	0	0
Νερό	g	58,01	56,04	65,63	61,84
Ενέργεια	kcal	250	271	215	254
B3 (Νιασίνη)	mg	5,378	5,098	4,652	4,23
B12	μg	2,65	2,73	2,18	2,14
Σίδηρος	mg	2,6	2,49	2,09	1,94
Ψευδάργυρος	mg	6,31	6,25	4,49	4,18
Ασβέστιο	mg	18	24	15	18
Μαγνήσιο	mg	21	20	18	17
Φωσφόρος	mg	198	194	172	158
Νάτριο	mg	72	75	66	66

Πηγή: USDA [2]

Η σύσταση του κρέατος των βοοειδών εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως η ηλικία, το φύλο, η φυλή και η αναπαραγωγική κατάσταση των ζώων από τα οποία προέρχεται. Βάσει αυτών, τα σφάγια των βοοειδών διακρίνονται σε σφάγια μη ευνουχισμένων αρσενικών κάτω των 2 ετών, σφάγια ταύρων άνω των 2 ετών, σφάγια

ευνουχισμένων αρσενικών (βόειο κρέας), σφάγια θηλυκών που έχουν γεννήσει (αγελάδες) και σφάγια θηλυκών που δεν έχουν ακόμη γεννήσει (δαμάλιδες). Το κρέας γίνεται σκληρότερο όταν προέρχεται από ζώα μεγαλύτερης ηλικίας, ενώ το ίδιο συμβαίνει και για κρέας προερχόμενο από αρσενικά σε σχέση με θηλυκά (Γεωργάκης κ.α., 2002).

Για τον τεμαχισμό του βόειου κρέατος, υπάρχουν διαφορετικές κοπές από όπου προκύπτουν διάφορα τεμάχια όπως στηθοπλευρές (short ribs), μπριζόλες κόντρα (sirloin), φιλέτο (tenderloin), κιλότο (rump), μπριζόλα κανονική (rib steak), σπαλομπριζόλα λαιμού (chuck eye steak), μπριζόλες (rib eye steak), διάφραγμα (hanger steak) κ.α. Η αντιστοίχιση των παραπάνω ονομασιών έχει γίνει με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια, καθώς διαφορετικές χώρες έχουν διαφορετικές κοπές και ορισμένες φορές χρησιμοποιούν το ίδιο όνομα για δύο τεμάχια (π.χ. η κοπή brisket στις ΗΠΑ και στη Μ. Βρετανία). Στην Ελλάδα, ο τρόπος τεμαχισμού του βόειου κρέατος καθορίζεται επακριβώς από το Π.Δ. 186/81, ο οποίος ορίζει τα όρια και τον τρόπο κοπής των σφαγίων σε τεμάχια που προσφέρονται για λιανική πώληση. Αυτά περιλαμβάνουν το κότσι μπροστινού άκρου, το ποντίκι, τη σπάλα, τον τράχηλο, το στήθος, τις στηθοπλευρές, τις μπριζόλες, τις σπαλομπριζόλες, το καπάκι, το φιλετάκι, το διάφραγμα, τη λάπα, το φιλέτο, το κόντρα φιλέτο, το κιλότο, το κότσι πίσω άκρου, τον μηρό (που περιλαμβάνει το τρανς, το νουά, την ουρά και το στρογγυλό) και το παραφιλέτο. Στην χώρα μας υποβάλλεται σε διαδικασία ξηρής ωρίμανσης κυρίως το τεμάχιο μπριζόλες και δευτερευόντως το τεμάχιο κόντρα. Το τεμάχιο μπριζόλες έχει ως οστέινο υπόβαθρο τα άνω τμήματα των 7-11 οστέινων πλευρών και τα ημίσεια των αντίστοιχων θωρακικών σπονδύλων και περιλαμβάνει κυρίως τους θωρακοσφυϊκούς μύες (τμήμα του πλατέος ραχιαίου, μέσο τμήμα της ενιαία μάζας και τμήματα των έξω και έσω μεσοπλευρίων μυών) (Αντωνόπουλος, 2002) (Εικόνα 1).



Εικόνα 1. Τεμάχιο «μπριζόλες» σε σχηματογράφημα της εξωτερικής όψεως ημιμορίου σφαγίου βοοειδούς σύμφωνα με το Π.Δ. 186/81.

Κεφάλαιο 3 – Βόειο κρέας ξηρής ωρίμανσης

3.1 Η πρώτη ύλη της ξηρής ωρίμανσης

Όπως ήδη αναφέρθηκε, ξηρή ωρίμανση είναι η διαδικασία όπου το βόειο κρέας ωριμάζει για αρκετές εβδομάδες ή και μήνες σε ελεγχόμενες συνθήκες, με στόχο την ανάπτυξη ιδιαίτερων οργανοληπτικών χαρακτηριστικών και ειδικότερα τη βελτίωση της γεύσης, της τρυφερότητας και του χυμώδους. Είναι μια διαδικασία χρονοβόρος, που απαιτεί ιδιαίτερη φροντίδα, αυστηρή τήρηση των απαιτήσεων που αφορούν σε συνθήκες και χώρους συντήρησης και φυσικά κρέας εξαιρετικής ποιότητας για την επίτευξη του επιδιωκόμενου αποτελέσματος (Dashdorj et al., 2016). Πριν τη διάθεση στον καταναλωτή προηγείται η αφαίρεση του επιφανειακού στρώματος, σε έκταση συνήθως ανάλογη του χρόνου ωρίμανσης (αποκοπή, trimming) (Dashdorj et al. 2016).

Ο σημαντικότερος παράγοντας αξιολόγησης της ποιότητας του βόειου κρέατος που προορίζεται για ξηρή ωρίμανση είναι ο βαθμός και η ομοιομορφία της κατανεμημένης περιεκτικότητας σε λίπος στο κρέας, η λεγόμενη “μαρμάρωση” (marbling). Με τον όρο αυτό αναφερόμαστε στην κατανομή του ενδομυϊκού λίπους, δηλαδή στις λευκές κηλίδες και λωρίδες λίπους μέσα στα άπαχα τμήματα του κρέατος και ονομάζεται έτσι ακριβώς λόγω του μαρμάρινου μοτίβου που αποδίδει οπτικά. Τυπικά, η διαδικασία της ξηρής ωρίμανσης απαιτεί κομμάτια κρέατος με εκτεταμένη μαρμάρωση, αφού διασφαλίζει την καλύτερη και σταθερή ποιότητα της γεύσης και του χυμώδους αλλά και την καλύτερη περικοπή του κρέατος. Το υψηλής ποιότητας βόειο κρέας ξηρής ωρίμανσης, προέρχεται από ζώα που τρέφονται με σιτηρά, και μάλιστα από συγκεκριμένα μέρη του σφαγίου ακριβώς επειδή εμφανίζουν καλύτερη μαρμάρωση (Dashdorj et al., 2016). Ως εκ τούτου, μόνο τα κομμάτια βόειου κρέατος υψηλής αξίας που έχουν την απαραίτητη μαρμάρωση μπορούν να χρησιμοποιηθούν.

Για την αντικειμενική επιλογή της καλύτερης δυνατής πρώτης ύλης για ξηρή ωρίμανση, γίνεται εκτεταμένη χρήση του μοντέλου ταξινόμησης του United States Department of Agriculture (USDA, 2) για το βόειο κρέας. Με βάση το μοντέλο αυτό, το βόειο κρέας ταξινομείται σε βαθμίδες ποιότητας (Quality Grades), οι οποίες αντιπροσωπεύουν το οργανοληπτικό επίπεδο (γεύση και τρυφερότητα). Οι βαθμίδες ποιότητας διακρίνονται από δύο χαρακτηριστικά: τη μαρμάρωση, όπως προαναφέρθηκε, και την ωρίμανση, δηλαδή τη φυσιολογική ωρίμανση του σφαγίου βάσει του μεγέθους, του σχήματος και του βαθμού οστεοποίησης των οστών, του χρώματος, της υφής και της σταθερότητας των μυϊκών ινών, που δε συμφωνεί απαραίτητα με την πραγματική ηλικία του ζώου από το οποίο προήλθε. Η ταξινόμηση USDA διακρίνει το βόειο κρέας σε διάφορες κατηγορίες, εκ των οποίων τέσσερις χαρακτηρίζονται από τη χαμηλότερη δυνατή ωρίμανση (κατηγορία «A» εκ των κατηγοριών A έως E), στοιχείο απαραίτητο για το κρέας που θα χρησιμοποιηθεί στην ξηρή ωρίμανση. Οι κατηγορίες αυτές είναι:

- Κατηγορία Prime, που χαρακτηρίζεται από σχετικά άφθονη μαρμάρωση
- Κατηγορία Choice, που χαρακτηρίζεται από ήπια μαρμάρωση

- Κατηγορία Select, που χαρακτηρίζεται από πολύ ελαφριά μαρμάρωση
- Κατηγορία Standard, που χαρακτηρίζεται από σχεδόν ανύπαρκτη μαρμάρωση (USDA, 2)

Από τις παραπάνω, οι πλέον κατάλληλες για τη χρήση στην ξηρή ωρίμανση είναι οι κατηγορίες Prime και Choice, με την κατηγορία Select ωστόσο να αποτελεί επίσης μια συνήθη επιλογή (Lepper-Billie et al., 2012). Βέβαια, τα στοιχεία από τους Laster et al., 2008 και Hodges et al., 2006 δείχνουν ότι τα τεμάχια Choice υπερτερούν των Select στη γεύση και το χυμώδες, ενώ οι Parrish et al., 1991 κατέδειξαν την υπεροχή των τεμαχίων Prime έναντι των Choice και των Select, ως προς τη συνολική οργανοληπτική εντύπωση και επιμέρους ως προς τη γεύση, την υφή και το χυμώδες.

Οι πλέον προτιμητέες από αυτές για το βόειο κρέας για ξηρή ωρίμανση είναι τα top sirloin butts (μέρη του σφαγίου που περιλαμβάνουν τις μπριζόλες κόντρα, τις στηθοπλευρές και το κιλότο) και η κανονική μπριζόλα (Dashdorj et al., 2016). Η πρώτη είναι η κατηγορία κοπής εκείνη στην οποία ανήκουν τα ακριβότερα τεμάχια, με πλέον ακριβό να είναι το φιλέτο (tenderloin). Το συγκεκριμένο τεμάχιο βρίσκεται στην ευρύτερη λαγόνια περιοχή, μεταξύ των κοπών short loin και sirloin και έχει χαρακτηριστικό επίμηκες σχήμα. Όσον αφορά στο τεμάχιο μπριζόλα, το οποίο αντιστοιχεί στην περιοχή από την 6^η μέχρι τη 12^η πλευρά του ζώου, είναι επίσης δημοφιλές τεμάχιο λόγω της ικανοποιητικής μαρμάρωσης, της ιδιαίτερης γεύσης αλλά και της φυσικής τρυφερότητας της συγκεκριμένης περιοχής του σφαγίου.

3.2 Η διαδικασία της ξηρής ωρίμανσης

Γενικά, υπάρχουν 2 μέθοδοι ωρίμανσης του κρέατος: η υγρή και η ξηρή ωρίμανση. Η παρούσα εργασία θα επικεντρωθεί στα χαρακτηριστικά που αναπτύσσει το κρέας που έχει υποστεί ξηρή ωρίμανση, δηλαδή ωρίμανση χωρίς συσκευασία και με ελεγχόμενες συνθήκες συντήρησης. Ο έτερος τρόπος ωρίμανσης, η υγρή, γίνεται με συσκευασία του κρέατος υπό κενό, εντός σακούλας φραγής υγρασίας και υπό ψύξη (Kahraman & Gurbuz, 2019).

Υπάρχουν διάφορες απόψεις όσον αφορά στη διαδικασία που ακολουθείται για την ξηρή ωρίμανση και αυτό έγκειται στην περιορισμένη διαθεσιμότητα επιστημονικών στοιχείων για τις παραμέτρους της ωρίμανσης και για τον τρόπο με τον οποίο αυτοί επιδρούν στην ποιότητα και τη γευστικότητα του βόειου κρέατος. Παρόλα αυτά, οι περισσότεροι επιτρέπουν την πάροδο τουλάχιστον 21 ημερών και εφαρμόζουν διάφορους συνδυασμούς συνθηκών, αναλόγως με τον οργανοληπτικό χαρακτήρα που επιδιώκουν να προσδώσουν στο τελικό προϊόν (Dashdorj et al., 2016).

Σε γενικές γραμμές, η μέθοδος που ακολουθείται είναι η εξής: μετά τη σφαγή, τον καθαρισμό και τη διχοτόμηση του σφαγίου, το ημιμόριο ή τα ημιμόρια ή τα τμήματα των σφάγιων (σπάλα, φιλέτο, μπριζόλες κ.α.), αναρτώνται σε ειδικό θάλαμο με ελεγχόμενες συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας για διάστημα τουλάχιστον 14 ημερών, το οποίο μπορεί να παραταθεί μέχρι πολλές εβδομάδες ή και μήνες. Πριν τη διάθεση στον

καταναλωτή προηγείται η αφαίρεση του επιφανειακού στρώματος, σε έκταση συνήθως ανάλογη του χρόνου ωρίμανσης (αποκοπή, trimming) (Dashdorj et al., 2016).

Το χαρακτηριστικό αποτέλεσμα της ξηρής ωρίμανσης είναι η συγκέντρωση της γεύσης, η οποία μπορεί να περιγραφεί μόνο ως «χαρακτηριστική για το βόειο κρέας ξηρής ωρίμανσης». Κατά τη διαδικασία της ωρίμανσης, το χυμώδες απορροφάται από το κρέας, γίνεται χημική διάσπαση των πρωτεϊνών και των λιπαρών συστατικών και ως αποτέλεσμα προκύπτει μια ιδιαίτερη γεύση που περιγράφεται με τους όρους “nutty” (γεύση ξηρών καρπών) και “beefy” (γεύση του βόειου κρέατος) (Savell 2008, DeGeer et al. 2009). Επιπλέον, τα φυσικά ένζυμα του βόειου κρέατος προκαλούν διάσπαση των πρωτεϊνών και του συνδετικού ιστού, γεγονός που οδηγεί σε ακόμα πιο μαλακό κρέας. Η συνεισφορά των παραγόντων της γεύσης που προκύπτουν από την πρωτεόλυση και τη λιπόλυση στο μαγειρεμένο βόειο κρέας ξηρής ωρίμανσης δεν είναι απόλυτα γνωστή (Dashdorj et al., 2016), ωστόσο ορισμένοι από τους μηχανισμούς που λαμβάνουν χώρα έχουν περιγραφεί, όπως αναφέρεται στην αντίστοιχη ενότητα.

3.2.1 Παράμετροι της διαδικασίας

Εκτός από την ποιότητα του κρέατος ως πρώτης ύλης, όπως προαναφέρθηκε, οι άλλες βασικές παράμετροι που φαίνεται να επιτελούν σημαντικό ρόλο κατά τη διαδικασία της ξηρής ωρίμανσης ως προς την επίτευξη του απόλυτου ζητούμενου αποτελέσματος, δηλαδή την καλύτερη δυνατή υφή και ανάπτυξη της επιθυμητής γεύσης, είναι οι ημέρες ωρίμανσης, η θερμοκρασία, η σχετική υγρασία και η ροή του αέρα.

3.2.1.1 Ημέρες ωρίμανσης

Υπάρχουν αρκετές διαφορετικές απόψεις σχετικά με τη διάρκεια της διαδικασίας αλλά οι περισσότεροι εφαρμόζουν διάστημα μεταξύ 14 και 40 ημερών, με το επιθυμητό αποτέλεσμα να φαίνεται ότι επιτυγχάνεται με διάφορες επιλογές εντός του διαστήματος αυτού, σε συνδυασμό με την κατάλληλη εφαρμογή και των υπολοίπων παραμέτρων. Η πλειοψηφία φαίνεται να εφαρμόζει ως χρόνο της διαδικασίας τις 21 ημέρες (Lepper-Billie et al., 2012), ενώ οι 28 ημέρες δε δείχνουν να επιφέρουν πολύ μεγαλύτερη διαφορά στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά (DeGeer et al., 2009). Μάλιστα έχει αναφερθεί ότι η περίοδος των 21 ημερών προσφέρει τα καλύτερα αποτελέσματα σε επίπεδο γεύσης συγκριτικά με όλες τις άλλες περιόδους ωρίμανσης, με τα αποτελέσματα των περιόδων των 14 ημερών και εκείνων με περισσότερες από 21 ημέρες να εμφανίζονται παρόμοια μεταξύ τους (Smith et al., 2008). Ωστόσο, έχουν αναφερθεί πολλοί συνδυασμοί ημερών για την επίτευξη του καλύτερου δυνατού αποτελέσματος, φτάνοντας σε ορισμένες περιπτώσεις ακόμη και τις 120 ημέρες. Έχουν πραγματοποιηθεί και αρκετές εργασίες, στις οποίες ο χρόνος ωρίμανσης παρατείνεται και διαπιστώνεται διαφορά στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των παραγόμενων προϊόντων (Perry 2012, USMEF 2014). Αυτό συμβαίνει λόγω των διαφορετικών προτιμήσεων και της εμπειρίας των επεξεργαστών και των κρεοπωλών αλλά και αναλόγως του κομματιού του κρέατος που υπόκειται σε ωρίμανση.

3.2.1.2 Θερμοκρασία

Τα μέχρι τώρα υπάρχοντα δεδομένα αναφέρουν ότι η καλύτερη θερμοκρασία συντήρησης κυμαίνεται μεταξύ 0 και 4°C (Ahnstrom et al. 2006, Savell 2008, Smith et al. 2008, Perry 2012, Dashdorj et al. 2016). Είναι πολύ σημαντική παράμετρος για την ξηρή ωρίμανση λόγω του ότι σε υψηλές θερμοκρασίες, παρά το ότι αυξάνονται οι ενζυμικές διεργασίες που συμβάλλουν στη βελτίωση της γεύσης, ταυτόχρονα ευνοείται η μικροβιακή ανάπτυξη, γεγονός που επιφέρει το ακριβώς αντίθετο αποτέλεσμα. Έτσι, η ξηρή ωρίμανση επιτελείται πάντοτε σε θερμοκρασίες ψύξης. Σε γενικές γραμμές ισχύει ότι όσο περισσότερες εβδομάδες διαρκεί η διαδικασία, σε τόσο χαμηλότερα επίπεδα προτιμάται να διατηρείται η θερμοκρασία για τον καλύτερο έλεγχο των ενζυμικών αυτών αντιδράσεων σε συνδυασμό με τον έλεγχο της μικροβιακής ανάπτυξης (περίπου 0°C σε αυξημένη διάρκεια, ενώ περίπου 3°C για ξηρή ωρίμανση 14 ημερών) (AMPC & MLA 2010, Perry 2012).

3.2.1.3 Σχετική υγρασία

Πολύ σημαντικός παράγοντας, καθώς σε υψηλά επίπεδα υγρασίας αναπτύσσονται αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί που προσδίδουν ανεπιθύμητες γεύσεις στο κρέας και το θέτουν μικροβιολογικά σε κίνδυνο. Από την άλλη, σε πολύ χαμηλά επίπεδα, η μικροβιακή ανάπτυξη αναστέλλεται, αλλά με το τίμημα της μεγαλύτερης απώλειας βάρους λόγω εξάτμισης (ελάττωση του χυμώδους του κρέατος) (Perry, 2012). Το προτεινόμενο εύρος στο οποίο ρυθμίζεται είναι από 75 έως 80% και πρέπει να ελέγχεται καθημερινώς κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης (Dashdorj et al., 2016). Παρόλα αυτά, οι δημοσιευμένες έρευνες σχετικά με τη σχετική υγρασία και τα επίπεδά της κατά τη διαδικασία της ξηρής ωρίμανσης είναι πολύ περιορισμένες.

3.2.1.4 Κίνηση (ροή) του αέρα

Η κίνηση του αέρα είναι επίσης σημαντική παράμετρος της ξηρής ωρίμανσης, με αυξημένη μάλιστα σημασία κατά τις πρώτες μέρες της διαδικασίας. Τα προτεινόμενα όρια για τη ροή (0,5 έως 2 m/s) και την ταχύτητα του αέρα (0,2 έως 1,6 m/s) πρέπει να τηρούνται, καθώς μειωμένη παροχή αέρα αποτρέπει την απελευθέρωση της απαραίτητης υγρασίας για την επίτευξη της ξήρανσης, ενώ σε αυξημένα επίπεδα το κρέας ξηραίνεται πολύ γρήγορα και έτσι αυξάνονται οι απώλειες από τη διαδικασία αποκοπής (trimming) αργότερα (Savell, 2008). Ιδιαίτερη προσοχή δίνεται στην εξασφάλιση της απρόσκοπτης κυκλοφορίας του αέρα και στην αποφυγή ύπαρξης «νεκρών» σημείων (απουσία αέρα) και σημείων με υψηλή ταχύτητα αέρα εντός του θαλάμου ωρίμανσης. Αυτό επιτυγχάνεται με τον κατάλληλο τεμαχισμό των τεμαχίων του σφαγίου και την κατάλληλη τοποθέτησή τους στο θάλαμο.

Συνολικά, ένα προφίλ συνθηκών διάρκειας 21-28 ημερών, θερμοκρασίας 0-4°C, σχετικής υγρασίας 75-80% και ταχύτητας ροής αέρα 0,5-2 m/s, θεωρείται από τους ειδικούς ως το καταλληλότερο για την ξηρή ωρίμανση, αφού φαίνεται να επιβραδύνει τη μικροβιακή ανάπτυξη και ταυτόχρονα να αυξάνει την τρυφερότητα του κρέατος και να το καθιστά

πιο εύγευστο (Dashdorj et al., 2016). Όλοι αυτοί οι παράγοντες πρέπει να παρακολουθούνται στενά και να συμμορφώνονται με τα προκαθορισμένα κριτήρια προκειμένου το κρέας ξηρής ωρίμανσης να λάβει τα επιδιωκόμενα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά.

3.3 Ποιοτικά χαρακτηριστικά

Εκτός από τη μικροβιολογία του βόειου κρέατος ξηρής ωρίμανσης, ενδιαφέρον παρουσιάζουν και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά, όπως η γεύση, το άρωμα, η τρυφερότητα-υφή, το χυμώδες, το χρώμα, η υγρασία και το a_w , οι απώλειες βάρους, το pH αλλά και η συνολική εντύπωση που αφήνει ο οργανοληπτικός χαρακτήρας του προϊόντος (Ahnstrom et al. 2006, Li et al. 2014, Ryu et al. 2018, Kahraman & Gurbuz 2019).

3.3.1 Η χαρακτηριστική γεύση και το άρωμα

Όπως προαναφέρθηκε, κατά τη ξηρή ωρίμανση το βόειο κρέας αποκτά τη χαρακτηριστική γήινη γεύση βουτύρου και καρυδιού που ενισχύει τον οργανοληπτικό του χαρακτήρα, γεγονός που οφείλεται τόσο στην απορρόφηση του χυμώδους από το μυϊκό ιστό, όσο και στην πρωτεόλυση και τη λιπόλυση (Warren & Kastner 1992, Campbell et al. 2001).

Όσο προχωράει η διαδικασία της ωρίμανσης, παρατηρείται η μεταβολή του επιπέδου ορισμένων πρόδρομων ουσιών, που φαίνεται ότι συμβάλλουν στη γεύση του κρέατος ξηρής ωρίμανσης. Αυτό οφείλεται πιθανότατα σε μεταβολικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα μετά τη σφαγή. Η αναγωγή των σακχάρων, η παραγωγή ελεύθερων αμινοξέων και πεπτιδίων και η διάσπαση ριβονουκλεοτιδίων προς παραγωγή IMP, GMP, ινοσίνης και υποξανθίνης είναι μερικές από αυτές (Spanier et al. 1997, Mottram 1998). Μεγάλο ποσοστό των διεργασιών αυτών οφείλεται στη δράση υδρολασών. Η δραστηριότητα ενζύμων είναι επίσης καταλυτική, λόγω της διάσπασης των πρωτεϊνών σε πεπτίδια και αμινοξέα με την πάροδο του χρόνου. Τα παραγόμενα αλειφατικά αμινοξέα προσδίδουν μια γλυκιά γεύση στο προϊόν ενώ η παρουσία άλλων έχει συνδεθεί με τη λεγόμενη γεύση umami. Επιπλέον, παρατηρείται η διάσπαση των υδατανθράκων σε μικρότερα μόρια σακχάρων για την ενίσχυση της γλυκιάς γεύσης. Τέλος, τα λίπη διασπώνται με τη σειρά τους σε αρωματικές ενώσεις, άλλη μία σημαντική γευστική πρόδρομη ουσία που σωρευτικά με τις προαναφερθείσες συνεισφέρει στον γευστικό οργανοληπτικό χαρακτήρα (Perry, 2012). Κατά τη θερμική επεξεργασία, όλες οι παραπάνω πρόδρομες ουσίες αντιδρούν μεταξύ τους για το σχηματισμό νέων μορίων και πτητικών ενώσεων με αποτέλεσμα την ενίσχυση, εκτός της γεύσης, και του αρώματος του προϊόντος.

Αρκετές μελέτες έχουν καταδείξει ότι ουσιαστική διαφορά στη γεύση και στο άρωμα επιτυγχάνεται μετά την πάροδο τουλάχιστον 14 ημερών ξηρής ωρίμανσης, ενώ ενισχύεται ολοένα και περισσότερο με την επιμήκυνση του χρονικού διαστήματος ωρίμανσης. Όσο μεγαλύτερη είναι η περίοδος της ωρίμανσης, τόσο πιο πολύπλοκες αρωματικές ενώσεις παράγονται, γεγονός το οποίο αντανακλάται και στη γευστική διαφορά. Για παράδειγμα οργανοληπτικά το κρέας έχει χαρακτηριστεί από ελαφριά γεύση φουντουκιού και γλυκό άρωμα γάλακτος στις 2-3 εβδομάδες ωρίμανσης, έως γεύση μανιταριού και umami

μεταγενέστερα, ενώ μετά τον ενάμιση μήνα αποκτά και γευστικές νότες μπλε τυριού. Από την άλλη, έχει παρατηρηθεί σε ορισμένες περιπτώσεις και η ανάπτυξη ανεπιθύμητων γεύσεων και αρωμάτων, κυρίως λόγω της μικροβιακής ανάπτυξης, της τάγγισης του λίπους και ενδεχομένως της παρουσίας, και εν συνεχεία απορρόφησης, ξένων ουσιών από το περιβάλλον ωρίμανσης (Dashdorj et al., 2016).

Κατά την αξιολόγηση της γεύσης του βόειου κρέατος ξηρής ωρίμανσης, υπάρχουν διάφορες γευστικές παράμετροι που ελέγχονται, συνήθως από εκπαιδευμένους δοκιμαστές. Αυτές διακρίνονται τόσο σε επιθυμητές και επιδιωκόμενες, όσο και σε ανεπιθύμητες και απευκταίες. Οι κυριότερες αναφέρονται στον Πίνακα 2.

Πίνακας 2. Γευστικές παράμετροι του βόειου κρέατος

Γευστική Παράμετρος	Περιγραφή
1. Συνολική Γεύση Βόειου Κρέατος Ξηρής Ωρίμανσης	Η γεμάτη, ανάμεικτη και σταθερή γεύση του μαγειρεμένου βόειου κρέατος ξηρής ωρίμανσης με ορισμένες επιπλέον χαρακτηριστικές και αντιληπτές γευστικές νότες, σε ένα συνδυασμό που προσδίδει μια ομαλή και ισορροπημένη εντύπωση.
2. Γεύση Βόειου	Η γευστική ποιότητα της γεύσης του βόειου κρέατος στο κρέας που γίνεται αντιληπτή στο δείγμα.
3. Γεύση Ψητού	Η έντονη καραμελωμένη αρωματική γεύση του βόειου κρέατος που έχει μαγειρευτεί σε υψηλή θερμοκρασία με απουσία ή ελάχιστη παρουσία υγρασίας.
4. Γεύση Αίματος	Η γευστική εντύπωση που συνδέεται με το αίμα σε μαγειρεμένα προϊόντα κρέατος.
5. Μεταλλική Γεύση	Η γευστική εντύπωση του ελαφρώς οξειδωμένου μετάλλου, όπως ο σίδηρος ή ο χαλκός.

Πηγή: Campbell et al., 2001

Από τις περιγραφόμενες γευστικές παραμέτρους του Πίνακα 2, η συνολική γεύση βόειου κρέατος ξηρής ωρίμανσης αναφέρεται στο πλέον επιθυμητό αποτέλεσμα που στοχεύει η διαδικασία της ξηρής ωρίμανσης, δηλαδή στη χαρακτηριστική αυτή γεύση που προσδίδεται στο προϊόν αυτό. Η γεύση ψητού και η γεύση βόειου είναι επίσης σημαντικές παράμετροι κατά την οργανοληπτική αξιολόγηση του προϊόντος και η ενισχυμένη παρουσία τους είναι και αυτή επιθυμητή. Αντιθέτως, η μεταλλική γεύση και η γεύση αίματος αξιολογούνται ως αρνητικοί οργανοληπτικοί χαρακτήρες, με την παρουσία τους να αποτελεί οργανοληπτική υποβάθμιση του κρέατος (Campbell et al., 2001).

Ένα γενικότερο συμπέρασμα που μπορεί να εξαχθεί από τα μέχρι σήμερα δεδομένα είναι ότι η διαδικασία της ξηρής ωρίμανσης πράγματι επηρεάζει θετικά τον γευστικό οργανοληπτικό χαρακτήρα του βόειου κρέατος. Οι Li et al., 2014 έδειξαν ότι υπήρξε σημαντική βελτίωση της συνολικής γεύσης από την 8^η μέχρι την 19^η ημέρα ωρίμανσης, ενώ το ίδιο συμπέραναν και οι Campbell et al., 2001 κατά τις 14^η και 21^η ημέρες ωρίμανσης, σε σχέση με την ωρίμανση στις 7 ημέρες. Οι Kahraman & Gurbuz, 2019 έδειξαν επίσης τη σταθερή βελτίωση της γεύσης έως και την 28^η ημέρα ωρίμανσης. Οι Lepper-Billie et al., 2012 και DeGeer et al., 2009 πιο συγκεκριμένα, παρουσίασαν στοιχεία για την κατά μέσο όρο μεγαλύτερη επίδραση της ξηρής ωρίμανσης στη γεύση

τεμαχίων βόειου κρέατος άνευ οστού συγκριτικά με τεμάχια με οστό, με τον DeGeer ωστόσο να μην εντοπίζει σημαντική συνολική βελτίωση της γεύσης από την 21^η μέχρι την 28^η ημέρα. Ένα διαφορετικό εξειδικευμένο δεδομένο παρουσίασαν οι Kim et al., 2019, κατά τους οποίους υπήρξε σημαντική επίδραση της ξηρής ωρίμανσης στα τεμάχια butt και sirloin, αλλά όχι στο τεμάχιο rump. Όσον αφορά στις άλλες δύο επιθυμητές γευστικές παραμέτρους, τη γεύση βόειου και τη γεύση ψητού, οι Campbell et al., 2001 και οι Warren & Kastner, 1992 κατέδειξαν σημαντική βελτίωσή τους τόσο κατά τη 14^η όσο και κατά την 21^η ημέρα από την έναρξη της ωρίμανσης, ενώ αντίθετα οι Lepper-Billie et al., 2012 δε βρήκαν καμία διαφορά. Οι Campbell et al., 2001 και Warren & Kastner, 1992 κατέληξαν επίσης στο ίδιο συμπέρασμα σχετικά με τις ανεπιθύμητες γεύσεις, τη μεταλλική και τη γεύση αίματος, δείχνοντας τη σημαντική μείωσή τους, τουλάχιστον μέχρι την 21^η ημέρα ωρίμανσης.

Οι Lepper-Billie et al., 2012 και Li et al., 2014 μελέτησαν επίσης την επίδραση της ξηρής ωρίμανσης στην οσμή του βόειου κρέατος. Συγκεκριμένα, εξέτασαν κατά πόσο η οσμή του ωριμασμένου κρέατος απέχει οργανοληπτικά από το μη ωριμασμένο κρέας σε διάφορες χρονικές στιγμές από την έναρξη της διαδικασίας. Έτσι, βαθμολόγησαν την οσμή με μια κλίμακα από το 1 (φυσιολογική οσμή) έως το 5 (άσχημη οσμή). Οι Lepper-Billie et al., 2012 χαρακτήρισαν την οσμή στις 14 ημέρες με τη βαθμολογία 2, ενώ αυτή αυξήθηκε στο 4,2 κατά την 49^η ημέρα ωρίμανσης, τόσο για τεμάχια με οστό, όσο και άνευ οστού. Οι Li et al., 2014 χαρακτήρισαν την οσμή κατά την 8^η ημέρα ως φυσιολογική (βαθμολογία 1) ενώ κατά τη 19^η ημέρα η βαθμολογία ήταν στο 4. Η ταχύτητα με την οποία η οσμή στη δεύτερη περίπτωση έφτασε στα επίπεδα της πρώτης ήταν πολύ μεγαλύτερη. Αυτό θα ήταν λογικό σε περίπτωση μεγαλύτερης θερμοκρασίας εντός του θαλάμου ωρίμανσης στην εργασία των Li et al., 2014 αφού έτσι επιταχύνεται η διαδικασία ωρίμανσης, ωστόσο ενώ η θερμοκρασία ήταν στους 5,1°C στους Li et al., 2014, δεν υπάρχουν διαθέσιμα αντίστοιχα δεδομένα για τους Lepper-Billie et al., 2012.

Συνολικά, η επίδραση της ξηρής ωρίμανσης στο βόειο κρέας φαίνεται να έχει θετικό αποτέλεσμα στη γεύση του τελικού προϊόντος, με τα επιθυμητά χαρακτηριστικά να ενισχύονται ή στη χειρότερη περίπτωση να παραμένουν στα ίδια επίπεδα και με τα ανεπιθύμητα να ελαττώνονται ή άλλως να μην ενισχύονται. Η οσμή φαίνεται να γίνεται ολοένα και πιο ιδιαίτερη και χαρακτηριστική με την πάροδο του χρόνου ωρίμανσης, με το μοναδικό φαινομενικά βέβαιο συμπέρασμα που εξάγεται να είναι η απόκλιση της από την οσμή του μη ωριμασμένου κρέατος, σε μικρότερο ή μεγαλύτερο βαθμό.

3.3.2 Η τρυφερότητα / υφή

Τρυφερότητα του κρέατος είναι η ευκολία με την οποία μπορεί να κοπεί ένα δείγμα αυτού, με τους γομφίους, με την πρώτη μάζηση (Ahnstrom et al., 2006). Κατά τη διαδικασία της ξηρής ωρίμανσης, η δράση των φυσικών ενζύμων του βόειου κρέατος έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή ενός από τα πιο τρυφερά τεμάχια κρέατος που μπορεί να προσφέρει μια φυσική διεργασία όπως αυτή (Savell, 2008). Είναι γνωστό πως ο μηχανισμός για την επίτευξη της καλύτερης δυνατής υφής του κρέατος, αλλά και της γεύσης όπως προαναφέρθηκε, βασίζεται στο βαθμό της μετουσίωσης και αποδιοργάνωσης της δομής των μυϊκών ινιδίων, ο οποίος εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη δράση των ενδογενών πρωτεολυτικών ενζύμων (Kemp et al., 2010). Ειδικά η δράση των ασβεστοεξαρτώμενων πρωτεασών είναι σημαντικότερος παράγοντας για τον καθορισμό της υφής του κρέατος

κατά την ωρίμανση που συμβαίνει αμέσως μετά τη σφαγή (Koohmaraie & Geesink, 2006). Η μέγιστη δραστηριότητα των ενζύμων αυτών ωστόσο, παρατηρείται κατά τις πρώτες 7 ημέρες της ξηρής ωρίμανσης.

Για την επίτευξη του πλέον επιθυμητού αποτελέσματος, πρέπει οπωσδήποτε να λαμβάνονται υπόψη παράμετροι, όπως αναφέρθηκαν παραπάνω, και συγκεκριμένα ο χρόνος ωρίμανσης, η απαιτούμενη θερμοκρασία, αλλά και οι πριν και μετά τη σφαγή συνθήκες που επηρεάζουν την ωρίμανση. Ο βαθμός της βελτίωσης της τρυφερότητας εξαρτάται από τη θερμοκρασία που γίνεται η διαδικασία. Για παράδειγμα, περίοδος ωρίμανσης περίπου 28 ημερών στους $-0,5^{\circ}\text{C}$ έχει το ίδιο αποτέλεσμα στην υφή του κρέατος με την ωρίμανση σε 14 ημέρες στους 5°C . Οποιοσδήποτε συνδυασμός χρόνου/θερμοκρασίας και αν επιλεγθεί, ο ρυθμός της βελτίωσης της υφής είναι μεγαλύτερος κατά τα πρώτα στάδια και ελαττώνεται με την πάροδο του χρόνου (Dashdorj et al. 2016, Primesafe).

Η βέλτιστη υφή εξαρτάται σημαντικά και από το ποσοστό του προϊόντος σε άπαχο κρέας αλλά και το χρώμα του μυϊκού ιστού. Σε γενικές γραμμές, το σκουρόχρωμο κρέας υφίσταται σε μικρότερο βαθμό τις επιδράσεις της ξηρής ωρίμανσης συγκριτικά με το πιο ανοιχτόχρωμο. Επιπλέον, οι επιδράσεις αυτές είναι εντονότερες σε κρέας που προέρχεται από μεγαλύτερης ηλικίας ζώα (Campbell et al. 2001, Lepper-Billie et al. 2012).

Ένας ακόμα παράγοντας που μπορεί να επηρεάσει την υφή, είναι το pH. Ωστόσο, όπως αναφέρεται και στην αντίστοιχη ενότητα, το εύρος του pH του βόειου κρέατος μετά τη σφαγή κυμαίνεται σε συγκεκριμένα επίπεδα, οπότε δεν υπάρχει η δυνατότητα επιλογής ώστε να επηρεαστεί αναλόγως η τρυφερότητα από τη συγκεκριμένη παράμετρο (Dashdorj et al., 2016).

Οι Warren & Kastner, 1992 βρήκαν ότι στις 11 ημέρες ξηρής ωρίμανσης, τα επίπεδα τρυφερότητας του βόειου κρέατος ήταν σημαντικά υψηλότερα από εκείνα του μη ωριμασμένου αντίστοιχου τεμαχίου που δεν υπέστη καμία ωρίμανση. Σε παρόμοιο αποτέλεσμα κατέληξαν και οι Campbell et al., 2001, αφού υπήρξε σημαντική βελτίωση της υφής κατά την 7^η ημέρα ωρίμανσης αλλά και κατά την 14^η, ενώ παρόμοια υφή με την τελευταία κατεγράφη κατά την 21^η ημέρα. Σε μεταγενέστερο χρόνο, και συγκεκριμένα κατά την 28^η ημέρα, παρατηρήθηκε βελτιωμένη τρυφερότητα από τους Lepper-Billie et al., 2012 αλλά και τους Kahraman & Gurbuz, 2019. Αν και τα παραπάνω είναι αποτελέσματα που ελήφθησαν από εκτιμήσεις ειδικών δοκιμαστών και καταναλωτών, οι Smith et al., 2008 κατέδειξαν την (κατά 17%) σημαντική μείωση της δύναμη διατομής (shear force) του κρέατος, από την 14^η έως την 35^η ημέρα, γεγονός που αποτελεί μια επιπλέον αντικειμενική αξιολόγηση της βελτίωσης της υφής του προϊόντος. Τέλος, οι Kim et al., 2019 κατέδειξαν τη διαφορά μεταξύ των διαφορετικών κοπών βόειου κρέατος, καταλήγοντας στη σημαντική βελτίωση της υφής των τεμαχίων butt και rump, σε αντίθεση με την αβέβαιη βελτίωση στα sirloin.

Από την άλλη, οι Gudjonsdottir et al., 2015 ανέφεραν τη μερική μετουσίωση των πρωτεϊνών του μυϊκού ιστού κατά τη διάρκεια της ξηρής ωρίμανσης. Συγκεκριμένα, ενώ δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά μέχρι την 14^η ημέρα, από την 21^η και μετά η μετουσίωση του κρέατος ήταν σημαντική. Επίσης, ένα άλλο συμπέρασμα που εξάγεται από διάφορες μελέτες είναι ότι ξηρή ωρίμανση πέρα από τις 11 ή τις 14 ημέρες, δεν επιφέρει καμία σημαντική βελτίωση στην τρυφερότητα του προϊόντος (Warren &

Kastner, 1992, Campbell et al. 2001, Jeremiah & Gibson 2003, Sitz et al. 2006, DeGeer et al., 2009), με τις εξαιρέσεις βεβαίως που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο.

3.3.3 Το χυμόδες

Χυμόδες ονομάζεται το ποσοστό του υγρού που εξάγεται από το τρόφιμο κατά την πρώτη και τη δεύτερη μάζηση (Ahnstrom et al., 2006). Έχει βρεθεί ότι το βόειο κρέας είναι πολύ περισσότερο χυμόδες κατά τη 14^η ημέρα σε σύγκριση τόσο με την πρώτη ύλη, όσο και με κρέας ωρίμανσης 7 ημερών (Campbell et al. 2001). Ωστόσο, αποκτά το μέγιστο βαθμό χυμόδους του μετά από 21 ημέρες ωρίμανσης (Campbell et al. 2001, Li et al. 2014, Kahraman & Gurbuz 2019), ενώ παραμένει ζουμερό ακόμα και μετά το μαγείρεμα και μάλιστα με πολύ καλύτερη γεύση απ' ότι συνήθως (DeGeer et al., 2009). Ενδιαφέρον παρουσιάζει επίσης το γεγονός της διαφορετικής επίδρασης της ξηρής ωρίμανσης σε διάφορες κοπές του βόειου κρέατος ως προς το χυμόδες τους. Συγκεκριμένα, έχει καταγραφεί σημαντική αύξησή του σε τεμάχια butt, μέτρια βελτίωση χωρίς στατιστική σημασία στα τεμάχια rump, ενώ παρατηρήθηκε ασήμαντη μείωση στο sirloin (Kim et al., 2019).

Κατά την ξηρή ωρίμανση, μειώνεται η ικανότητα συγκράτησης ύδατος, γεγονός που οδηγεί στην απελευθέρωση μεγαλύτερης ποσότητας υγρών κατά τη μάζηση. Εξαιτίας της απώλειας υγρασίας λόγω ωρίμανσης, αυξάνεται η συγκέντρωση του ιστού και άρα των γευστικών του χαρακτηριστικών, αυξάνοντας ανάλογα τη γευστική αξία (Campbell et al. 2001, DeGeer et al. 2009).

3.3.4 Το χρώμα

Το χρώμα του βόειου κρέατος ξηρής ωρίμανσης έχει μετρηθεί σε διάφορες περιπτώσεις, όπου έχει χρησιμοποιηθεί το χρωματικό μοντέλο CIE $L^* a^* b^*$. Το μοντέλο αυτό αντιπροσωπεύει την ποσοτική αναπαράσταση των χρωμάτων σε τρεις άξονες. Συγκεκριμένα, η τιμή L^* εκφράζει τη φωτεινότητα και παίρνει τιμές από 0, που αντιπροσωπεύει το μαύρο, μέχρι 100, που αντιπροσωπεύει το λευκό. Η τιμή a^* εκφράζει το κόκκινο-πράσινο χρώμα, με τις τιμές στον θετικό άξονα να αντιπροσωπεύουν την ένταση της παρουσίας του κόκκινου χρώματος και τις τιμές στον αρνητικό άξονα να αντιπροσωπεύουν την ένταση του πράσινου χρώματος. Στον άξονα b από την άλλη, αναπαρίστανται το κίτρινο και το μπλε χρώμα, με τις τιμές στο θετικό άξονα να εκφράζουν την παρουσία του κίτρινου και τις τιμές του αρνητικού άξονα να εκφράζουν την ένταση του μπλε χρωματισμού. Όσο κεντρικότερες είναι οι τιμές στους άξονες, τόσο πιο ουδέτερος και άχρωμος είναι ο χρωματισμός του κρέατος (Ly et al., 2020).

Οι μεταβολές του χρώματος του κρέατος ξηρής ωρίμανσης που εντόπισαν οι Kahraman & Gurbuz, 2019 δεν είχαν στατιστική σημασία, ωστόσο τα ευρήματά τους αφορούσαν στην αύξηση της τιμής L μέχρι την 28^η ημέρα ωρίμανσης, της τιμής a μέχρι την 14^η ημέρα και πτώση ακολούθως την 21^η και 28^η και αύξηση της b την 14^η, με μέγιστη τιμή κατά την 21^η ημέρα και στη συνέχεια πτώση την 28^η ημέρα ωρίμανσης. Οι Li et al., 2014 αξιολόγησαν τις ίδιες παραμέτρους και τα αποτελέσματά τους έδειξαν επίσης την απουσία σημαντικών μεταβολών, εκτός από την τιμή της παραμέτρου της χροιάς h (hue), η οποία

αυξήθηκε σημαντικά από την 8^η μέχρι τη 19^η ημέρα ξηρής ωρίμανσης. Η χροιά *h* είναι μία από τις κύριες ιδιότητες του χρώματος που ορίζεται ως ο βαθμός στον οποίο ένα ερέθισμα μπορεί να περιγραφεί ως παρόμοιο ή διαφορετικό από τα ερεθίσματα που περιγράφονται ως κόκκινα, πορτοκαλί, κίτρινα, πράσινα, μπλε και μωβ (Fairchild M., 2004). Επίσης οι Ribeiro et al., 2019 δεν εντόπισαν καμία διαφορά στο χρώμα του κρέατος υπό διαφορετικές συνθήκες υγρασίας. Οι Kim et al., 2019, ωστόσο, εντόπισαν σημαντική αύξηση στην τιμή και των τριών παραμέτρων *L*, *a* και *b* σε *butt* και *sirloin*, ενώ σε τεμάχια *rumpr* παρατήρησαν σημαντική αύξηση μόνο στη φωτεινότητα (*L*) σε 28 ημέρες ωρίμανσης.

3.3.5 Η απώλεια βάρους

Τέλος, μία σημαντική παράμετρος που εκτιμάται είναι το ποσοστό απώλειας βάρους του προϊόντος. Το ποσοστό αυτό παραμένει σε υψηλά επίπεδα καθ' όλη τη διάρκεια της ωρίμανσης και οφείλεται τόσο στην απώλεια ύδατος που αποτελεί εν γένει αποτέλεσμα της ίδιας της διαδικασίας, όσο και στην αποκοπή (*trimming*) που υφίσταται το κρέας πριν παραδοθεί στον τελικό καταναλωτή.

Κατά τη διάρκεια της ξηρής ωρίμανσης, η επιφάνεια του κρέατος υφίσταται σε εξάτμιση, η οποία συμβάλλει στη χαρακτηριστική γεύση του προϊόντος μέσω της αύξησης της συγκέντρωσης των υπεύθυνων συστατικών. Λόγω της εξάτμισης, η απόδοση σε τελικό προϊόν που διατίθεται προς πώληση στον καταναλωτή, ως προς το αρχικό του βάρος, μειώνεται σημαντικά. Πέρα από αυτό, η μείωση του αρχικού βάρους αυξάνεται ακόμα περισσότερο, λόγω της ανάγκης απομάκρυνσης της αποξηραμένης εξωτερικής επιφάνειας, με μια διαδικασία που ονομάζεται αποκοπή (*trimming*) (AMPC & MLA, 2010). Οι συνολικές απώλειες βάρους λόγω ωρίμανσης και αποκοπής έχουν μετρηθεί σε αρκετές μελέτες και σε πολλές περιπτώσεις έχουν βρεθεί ότι είναι σημαντικές σε διάφορες περιόδους της διαδικασίας. Ενδεικτικά, η απόδοση σε τελικό προϊόν μετά την αφαίρεση των παραπάνω απωλειών, έχει κυμανθεί στην πλειοψηφία των μελετών (Ahnstrom et al. 2006, DeGeer et al. 2009, Kahraman & Gurbuz 2019) από το πολύ χαμηλό επίπεδο του 46,7% (Kim et al., 2016) μέχρι και 72,1% (Smith et al., 2008), με άλλες όμως να υποστηρίζουν την ύπαρξη μικρότερων απωλειών και τελικό προϊόν με βάρος στο 88% της *a'* ύλης (Parrish et al., 1991).

Ο χρόνος που απαιτείται για την προετοιμασία ενός τεμαχίου βόειου κρέατος ξηρής ωρίμανσης για πώληση είναι ιδιαίτερα αυξημένος. Αυτό σχετίζεται κυρίως με το γεγονός ότι απαιτείται αρκετός χρόνος για την αποκοπή των εξωτερικών ζωνών του ωριμασμένου κρέατος, καθότι αποτελεί μία διαδικασία που εφαρμόζεται ακριβώς πριν το προϊόν διατεθεί στον καταναλωτή, εξαιτίας του γεγονότος ότι μετά την εφαρμογή της, ο εναπομείνας χρόνος ζωής στο τελικό προϊόν είναι 2-3 μέρες (AMPC & MLA 2010, Dashdorj et al., 2016).

Όλα τα παραπάνω, η μεγάλη απώλεια σε βάρος της πρώτης ύλης και ο αυξημένος χρόνος απασχόλησης του προσωπικού λιανικής πώλησης του προϊόντος, οδηγούν αναμενόμενα σε αυξημένο κόστος του εν λόγω προϊόντος. Ως εκ τούτου, έχει μεγάλη πρακτική και οικονομική σημασία ο υπολογισμός των απωλειών αυτών.

3.3.6 Ο Συντελεστής Ενεργού Ύδατος (ΣΕΥ / a_w) και η Υγρασία

Ο συντελεστής ενεργού ύδατος (ΣΕΥ ή a_w), είναι το μέτρο με το οποίο προσδιορίζεται το ποσοστό της υγρασίας ενός τροφίμου, το οποίο είναι ελεύθερο και διαθέσιμο για την ανάπτυξη μικροοργανισμών που υπάρχουν στο τρόφιμο αυτό. Ως ΣΕΥ ορίζεται ο λόγος της πίεσης των υδρατμών του τροφίμου, προς την πίεση των υδρατμών του καθαρού νερού, στην ίδια θερμοκρασία (Καραϊωάννογλου, 2008).

Από τα δεδομένα που υπάρχουν μέχρι στιγμής, οι Kahraman & Gurbuz, 2019 ανέφεραν σημαντική απώλεια τόσο κατά την 14^η, όσο και κατά την 21^η ημέρα ωρίμανσης, ενώ στο ίδιο συμπέρασμα κατέληξαν και οι Kim et al., 2016 και οι DeGeer et al., 2009 για την 28^η ημέρα. Οι τελευταίοι παρουσίασαν επίσης ότι τεμάχια με οστό είχαν σημαντικά μεγαλύτερη απώλεια σε σχέση με τεμάχια άνευ οστού κατά την 21^η αλλά και την 28^η ημέρα. Ενισχύοντας τα παραπάνω, υπάρχουν τα δεδομένα από τους Li et al., 2014, κατά τους οποίους σημαντικές απώλειες υγρασίας παρατηρούνται στην επιφάνεια του ωριμασμένου κρέατος αλλά και στο εσωτερικό του από την 8^η μέχρι τη 19^η ημέρα, ενώ οι δύο αυτές απώλειες διαφέρουν επίσης σημαντικά μεταξύ τους, με εκείνη της εξωτερικής ζώνης να είναι μεγαλύτερη. Τέλος, οι Kim et al., 2019 συμφώνησαν με τη σημαντική ελάττωση του ποσοστού της υγρασίας για τα τεμάχια butt και sirloin, αλλά δεν είχαν παρόμοιο συμπέρασμα για τα rump. Από την άλλη, οι Ahnstrom et al., 2006, δεν κατέληξαν σε σημαντική επίδραση της ξηρής ωρίμανσης στην περιεκτικότητα του προϊόντος σε υγρασία. Συνολικά όμως, φαίνεται ότι τα περισσότερα συμπεράσματα συγκλίνουν στη σημαντική μείωση το ποσοστού της υγρασίας ή του a_w στο κρέας ξηρής ωρίμανσης, το οποίο είναι ένα αναμενόμενο αποτέλεσμα του φαινομένου της εξάτμισης.

Ένα τέτοιο συμπέρασμα λοιπόν, μπορεί να εξηγήσει την ευνοϊκή ανάπτυξη των μυκήτων και την ταυτόχρονη απουσία σημαντικής βακτηριακής ανάπτυξης στο βόειο κρέας ξηρής ωρίμανσης. Λόγω της ξήρανσης της επιφάνειας του κρέατος, παρατηρείται σημαντική πτώση της τιμής του a_w στο κρέας. Τα βακτήρια, έχουν υψηλές απαιτήσεις σε νερό, τόσο γιατί αποτελεί το κύριο δομικό τους συστατικό (80-90% του βάρους του κυττάρου), όσο και επειδή αποτελεί το μέσο πρόσληψης θρεπτικών συστατικών μέσω της κυτταροπλασματικής μεμβράνης, αλλά και το μέσο αποβολής των μεταβολικών παραγώγων του βακτηριακού κυττάρου. Από την άλλη μεριά, οι μύκητες έχουν μικρότερες απαιτήσεις σε νερό, ακολουθούμενοι από τις ζύμες και κατόπιν από τα Gram αρνητικά και Gram θετικά βακτήρια. Συνεπώς, τα βακτήρια δεν αναπτύσσονται εξίσου εύκολα σε τέτοιο ξηρό υπόστρωμα, ενώ το αντίθετο συμβαίνει με τους μύκητες (Lee et al. 2017, Jay 2000). Μερικά τέτοια παραδείγματα βακτηρίων αποτελούν οι *Pseudomonas fluorescens*, *Salmonella oranienburg*, *C. botulinum* τύπος A, *L. monocytogenes*, *S. aureus* και *Bacillus subtilis* που έχουν ως ελάχιστο όριο a_w στο τρόφιμο για την ανάπτυξή τους τις τιμές 0.97, 0.95, 0.94, 0.93, 0.85 και 0.92 αντιστοίχως (Καραϊωάννογλου, 2008).

Το γεγονός αυτό καθιστά σημαντική την εκτίμηση του ποσοστού μεταβολής του a_w σε συνάρτηση με τη βακτηριακή ανάπτυξη και την ανάπτυξη ζυμών και μυκήτων στο κρέας ξηρής ωρίμανσης, ώστε να διαπιστωθεί πραγματικά ο βαθμός επιρροής της συγκεκριμένης παραμέτρου στους μικροβιακούς πληθυσμούς. Ένα γενικότερο συμπέρασμα που μπορεί να εξαχθεί, πάντως, από τα μέχρι τώρα διαθέσιμα δεδομένα όσον αφορά στη μικροβιολογία του προϊόντος, είναι ότι το βόειο κρέας ξηρής ωρίμανσης που παράγεται χωρίς συσκευασία, είναι επιρρεπές, τόσο σε βακτηριακή επιμόλυνση, όσο και σε ανάπτυξη ζυμών και μυκήτων στην επιφάνειά του κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης

(Lee et al., 2017). Δεδομένης όμως της σημαντικά μεγαλύτερης απώλειας υγρασίας στην εξωτερική ζώνη των τεμαχίων ωρίμανσης σε σχέση με το εσωτερικό κρέας που διατίθεται στον καταναλωτή (Li et al., 2014), είναι σημαντικό οι δύο αυτές δομές να εξεταστούν μικροβιολογικά για βακτήρια και ζύμες-μύκητες.

3.3.7 Η Ενεργός οξύτητα / pH

Ως pH (ή ενεργός οξύτητα) ενός τροφίμου, ορίζεται ο αρνητικός λογάριθμος της συγκέντρωσης των κατιόντων υδρογόνου τα οποία περιέχονται στο τρόφιμο αυτό. Η τιμή του κυμαίνεται από το 0 (όξινο) έως το 14 (αλκαλικό), ενώ ουδέτερο θεωρείται το pH με τιμή 7 (Καραϊωάννογλου, 2008).

Όπως και για το a_w , έτσι και για το pH, υπάρχουν συγκεκριμένα εύρη τιμών στα οποία ευνοούνται και αναπτύσσονται οι διάφοροι μικροοργανισμοί. Τα περισσότερα βακτήρια αναπτύσσονται καλύτερα σε ουδέτερο pH (περίπου 6,6 με 7,5), ενώ υπάρχουν και εξαιρέσεις, όπως οι *Lactobacillus* που ευνοούνται σε όξινο pH (κατώτερη τιμή μέχρι και 3) και τα βακτήρια του γένους *Vibrio* που αναπτύσσονται σε ένα εύρος από 5 έως 11. Από την άλλη, η ανάπτυξη των ζυμών και των μυκήτων ευνοείται σε τιμές μεταξύ 2 και 5 (Καραϊωάννογλου, 2008).

Η ενεργός οξύτητα θεωρείται πολύ σημαντικός παράγοντας για το ρυθμό ανάπτυξης των μικροοργανισμών, καθότι η απομάκρυνση από τις βέλτιστες τιμές τον ελαττώνει και μπορεί να οδηγήσει τελικώς στο θάνατο των μικροβίων. Μάλιστα, παρόμοιες μεταβολές του pH εξαιτίας της υπέρμετρης αύξησης των οξέων του μεταβολισμού (γαλακτικό, οξικό και μυρμηκικό), θεωρούνται ως το κύριο αίτιο της εισόδου των μικροοργανισμών στη φάση της στασιμότητας και επακολούθως του θανάτου, ξεπερνώντας το γεγονός της εξάντλησης των θρεπτικών ουσιών του υποστρώματος/τροφίμου (Shapton & Shapton, 1991).

Το pH του βόειου κρέατος 12 ώρες μετά την αφαιμάξη είναι κάτω του 5,8 και στη συνέχεια, μετά το πρώτο 24ωρο, μειώνεται και κυμαίνεται μεταξύ 5,5 και 5,8 (Wirth, 1985). Χάρη στις πρωτεΐνες του και τη ρυθμιστική τους ιδιότητα, το κρέας διατηρεί την τιμή του pH του σε σχετικά σταθερά επίπεδα. Ωστόσο τα επίπεδα αυτά δύνανται να μεταβληθούν παρουσία μικροοργανισμών, οι οποίοι κατά τη φάση αδράνειάς τους προσαρμόζουν το pH του τροφίμου σε τιμές που ευνοούν την ανάπτυξή τους (Jay, 2000). Οι μεταβολές του pH επηρεάζουν τη γεύση, το χρώμα και την υφή (Pearson et al., 1983), γεγονός που καταδεικνύει τη σημαντικότητά του ως δείκτη ποιότητας του κρέατος.

Από τα έως τώρα αναφερόμενα αποτελέσματα, φαίνεται ότι οι μεταβολές της τιμής του pH, αν και ελαφρώς ή σημαντικά ανοδικές με την πάροδο των ημερών, ωστόσο κυμαίνονται σχεδόν εξ ολοκλήρου κάτω του 5,8. Ενδεικτικά, κατά την 21^η ημέρα ωρίμανσης οι αναφερόμενες τιμές κυμαίνονται από 5,53 έως 5,7 (Ahnstrom et al. 2006, Kim et al. 2016, Kahraman & Gurbuz 2019) ενώ κατά την 28^η, οι αντίστοιχες τιμές κυμαίνονται από 5,49 έως 5,63 (DeGeer et al. 2009, Kim et al. 2019). Υπέρβαση της τιμής αυτής θα ήταν ένδειξη ποιοτικής υποβάθμισης του κρέατος.

Η σχετική σταθερότητα στις τιμές του pH (τουλάχιστον μέχρι και την 28^η ημέρα ωρίμανσης) βρίσκεται σε συμφωνία και με την οργανοληπτική εκτίμηση που διενεργείται

στους αντίστοιχους χρόνους (Ahnstrom et al. 2006, Li et al. 2014, Kahraman & Gurbuz 2019). Συγκεκριμένα, κατά την παράταση του χρονικού διαστήματος ωρίμανσης, η γεύση και η υφή βελτιώνονταν σταθερά, ενώ παρόμοια πορεία παρουσίασε και το χυμώδες του κρέατος. Ο συνολικός οργανοληπτικός χαρακτήρας φαίνεται να είναι ικανοποιητικός.

3.4 Μικροβιολογικά χαρακτηριστικά

3.4.1 Τα μικρόβια στα τρόφιμα

Όπως συμβαίνει σε όλες τις κατηγορίες τροφίμων, έτσι και στο βόειο κρέας ξηρής ωρίμανσης υπάρχει μικροβιακό φορτίο. Σε αυτό μπορεί να περιλαμβάνεται μία ποικιλία από μικροοργανισμούς, οι οποίοι διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, τους αλλοιογόνους και τους παθογόνους. Υπό τις κατάλληλες συνθήκες, τα μικρόβια αυτά πολλαπλασιάζονται και προκαλούν την αλλοίωση των τροφίμων (στην πρώτη περίπτωση) ή την πρόκληση τροφιμογενούς νοσήματος στον καταναλωτή (στη δεύτερη περίπτωση) (Πεξάρá κ.α., 2016).

Όσον αφορά στην αλλοίωση των τροφίμων, ο κύριος παράγοντας είναι τα βακτήρια. Η αλλοιογόνος ικανότητά τους οφείλεται στη μεγάλη τους προσαρμοστικότητα στο περιβάλλον (θερμοκρασία, pH, διαθέσιμα θρεπτικά συστατικά, παρουσία οξυγόνου) και στην ικανότητα για κάποια από αυτά σπορογονίας. Για να επιτευχθεί βέβαια η αλλοίωση αυτή, θα πρέπει, εκτός από την παρουσία των βακτηρίων, να εξασφαλίζεται και ο πολλαπλασιασμός τους. Αυτός επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες που επιδρούν στο μεταβολισμό των βακτηρίων και οι οποίοι διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, τους ενδογενείς και τους εξωγενείς. Οι πρώτοι αφορούν στη σύσταση του ίδιου του τροφίμου και είναι το pH, το a_w , το δυναμικό οξειδοαναγωγής (Eh), τα διαθέσιμα θρεπτικά συστατικά, οι αντιμικροβιακοί παράγοντες και η ανταγωνιστική χλωρίδα. Οι δεύτεροι αφορούν στις περιβαλλοντικές συνθήκες συντήρησης του τροφίμου, όπως η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία (Πεξάρá κ.α., 2016).

Ομοίως, τα τροφιμογενή νοσήματα που εμφανίζονται στον άνθρωπο συνήθως οφείλονται στα βακτήρια που υπάρχουν στα τρόφιμα. Τα νοσήματα αυτά εκδηλώνονται είτε ως τροφολοιμώξεις, οπότε και οφείλονται στην κατάποση των ζωντανών υπεύθυνων μικροοργανισμών οι οποίοι προσβάλλουν το έντερο του ανθρώπου (π.χ. *Salmonella*, *Campylobacter*) είτε ως τροφοτοξινώσεις, οπότε οφείλονται στις παραγόμενες από τους μικροοργανισμούς τοξίνες είτε μέσα στο τρόφιμο είτε καθώς διέρχονται από τον εντερικό σωλήνα (π.χ. *Staphylococcus aureus*, *Clostridium botulinum*, *Bacillus cereus*). Μάλιστα οι παραγόμενες τοξίνες, λόγω της υψηλής τοξικότητας, δύνανται να οδηγήσουν σε θάνατο σε περίπτωση υπέρβασης ορισμένων επιπέδων στον ανθρώπινο οργανισμό (Πεξάρá κ.α., 2016).

3.4.2 Νομοθεσία και επίσημος έλεγχος

Οι μικροβιολογικοί κίνδυνοι, λοιπόν, που προέρχονται από τα τρόφιμα αποτελούν μία από τις κύριες πηγές τροφιμογενών νοσημάτων για τον άνθρωπο. Ως εκ τούτου, τα τρόφιμα δεν πρέπει να περιέχουν μικροοργανισμούς ή τοξίνες αυτών ή και μεταβολίτες τους σε ποσότητες τέτοιες που να αποτελούν κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία. Για την προστασία της δημόσιας υγείας, απαιτείται η θέσπιση και η αποτελεσματική εφαρμογή κατάλληλα νομοθετημένων μέτρων που διέπουν όλες τις διαδικασίες σε θέματα ασφάλειας τροφίμων. Βεβαίως, τέτοιες νομοθετικές προβλέψεις ισχύουν επί σειρά ετών στην Ευρωπαϊκή Ένωση, και διασφαλίζουν την ασφάλεια των τροφίμων μέσω της προληπτικής προσέγγισης, όπως οι ορθές πρακτικές υγιεινής και το HACCP (Hazard Analysis – Critical Control Point). Για την επικύρωση, όμως, και την επαλήθευση όλων των διαδικασιών που βασίζονται σε τέτοιες πρακτικές, θεσπίστηκαν επιπλέον τα μικροβιολογικά κριτήρια για την ασφάλεια των τροφίμων αλλά και την υγιεινή της παραγωγικής τους διαδικασίας, θέτοντας ένα όριο πάνω από το οποίο ένα τρόφιμο θεωρείται ως μη αποδεκτά μολυσμένο για συγκεκριμένους μικροοργανισμούς (ΕΚ 2073/2005).

Τα κριτήρια ασφάλειας για τα τρόφιμα αφορούν σε προϊόντα που είναι διαθέσιμα στην αγορά ή προς διανομή και διάθεση ή προς την έξοδο από την αποθήκη παραγωγής μετά το πέρας αυτής και καθορίζουν την αποδοχή ή όχι της συγκεκριμένης παρτίδας. Τα κριτήρια υγιεινής της παραγωγικής διαδικασίας ισχύουν για τρόφιμα τα οποία βρίσκονται σε κάποιο στάδιο της παραγωγής τους και αποτελούν δείκτες για την επαλήθευση της αποδεκτής λειτουργίας της διαδικασίας παραγωγής (ΕΚ 2073/2005).

Ο ΕΚ 2073/2005, όπως τροποποιήθηκε (ΕΚ 1441/2007) και ισχύει, καθορίζει τα μικροβιολογικά κριτήρια για την ασφάλεια και την υγιεινή των τροφίμων, με σαφή κατηγοριοποίηση τόσο ως προς την κατηγορία του κάθε τροφίμου, όσο και ως προς τον κάθε μικροοργανισμό και τις τοξίνες/μεταβολίτες τους. Το βόειο κρέας, ανάλογα με το είδος της επεξεργασίας που έχει υποστεί, εκτός από νωπό κρέας, μπορεί να υπάγεται και στην αντίστοιχη από τις κατηγορίες των προϊόντων κρέατος που αναφέρθηκαν στην αντίστοιχη ενότητα. Ωστόσο, τα δεδομένα διαφέρουν όταν η επεξεργασία στην οποία υπόκειται είναι η ξηρή ωρίμανση.

Ως νέο τρόφιμο, χωρίς καθορισμένα και οριοθετημένα μικροβιολογικά και ποιοτικά πλαίσια, το βόειο κρέας ξηρής ωρίμανσης έχει εγείρει ζητήματα, παγκοσμίως αλλά και σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης. Το μείζον ζήτημα αφορά στον χαρακτηρισμό και την κατηγοριοποίησή του ως νωπό κρέας, παρασκευάσμα κρέατος ή προϊόν με βάση το κρέας. Προς το παρόν το κάθε κράτος-μέλος ακολουθεί τη δική του γραμμή, με την ύπαρξη όμως κάποιων κοινών σημείων όπως τον αποχαρακτηρισμό του ως νωπό κρέας σε περίπτωση χρησιμοποίησης προσθέτων. Στην χώρα μας η τεχνική είναι αποδεκτή με την προϋπόθεση ότι ο εξοπλισμός είναι κατάλληλος και οι συνθήκες πλήρως ελεγχόμενες. Επίσης οι επεξεργασίες θα πρέπει να αποτελούν αναπόσπαστο μέρος των συστημάτων αυτοελέγχου των επιχειρήσεων και να τηρούνται οι απαιτήσεις υγιεινής και οι ορθές παρασκευαστικές τεχνικές (ΕΦΕΤ, 2018).

Η λύση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, κατόπιν ερωτήματος που τέθηκε από το Βέλγιο στη Μόνιμη Επιτροπή για την Βιολογική Ασφάλεια για την Τροφική Αλυσίδα, ήταν η «προσέγγιση κατά περίπτωση» για τα προϊόντα εκείνα ξηρής ωρίμανσης που διατίθενται

στην αγορά. Συγκεκριμένα, ολόκληρα προϊόντα που έχουν διατηρήσει τα χαρακτηριστικά του νωπού κρέατος, πρέπει να θεωρούνται ως νωπό κρέας, εάν τα έχουν απωλέσει μερικώς (π.χ. επιφανειακή ξήρανση) πρέπει να θεωρούνται παρασκευάσματα κρέατος και εάν τα έχουν απωλέσει εντελώς (π.χ. ξήρανση μέχρι το κέντρο τους) τότε πρέπει να θεωρούνται προϊόντα με βάση το κρέας (European Commission, 2015).

Αν και το κρέας ξηρής ωρίμανσης δεν έχει οριστικά κατηγοριοποιηθεί ως νωπό κρέας, παρασκεύασμα κρέατος ή προϊόν με βάση το κρέας, το γεγονός ότι μπορεί κατά συνθήκη να χαρακτηριστεί ως οποιοδήποτε από τα παραπάνω το θέτει αυτόματα σε θέση όπου πρέπει να πληροί τα μικροβιολογικά κριτήρια του ευρωπαϊκού κανονισμού για όλες τις παραπάνω κατηγορίες. Βάσει αυτού, το βόειο κρέας ξηρής ωρίμανσης εμπίπτει στην κατηγορία 1.6 του κεφαλαίου 1 του παραρτήματος 1 του ΕΚ 1441/2007, με μοναδικό κριτήριο για ασφάλεια την απουσία του παθογόνου *Salmonella* spp σε 10 γραμμάρια δείγματος. Από την άλλη, το τοπίο είναι περισσότερο ασαφές ως προς τα κριτήρια υγιεινής (κεφάλαιο 2 του παραρτήματος 1), στα οποία περιλαμβάνονται επιπλέον η ολική μεσόφιλη χλωρίδα και τα *Enterobacteriaceae* για τα σφάγια βοοειδών αλλά και η *Escherichia coli* για τα παρασκευάσματα κρέατος.

3.4.3 Η μικροβιολογία του βόειου κρέατος ξηρής ωρίμανσης

Σχετικά με τη μικροβιολογία του βόειου κρέατος ξηρής ωρίμανσης, λίγα είναι τα διαθέσιμα δεδομένα από την ευρωπαϊκή και διεθνή βιβλιογραφία, ενώ μηδαμινά τα αντίστοιχα για τη χώρα μας. Προκειμένου να δημιουργηθεί ένα ακριβέστερο μικροβιολογικό προφίλ για το βόειο κρέας ξηρής ωρίμανσης για τον καλύτερο εργαστηριακό του έλεγχο, είναι απαραίτητο να ληφθούν υπόψη τόσο οι κατευθυντήριες γραμμές που ορίζονται από την ήδη υπάρχουσα νομοθεσία για τα προϊόντα κρέατος γενικότερα, όσο και τα νέα δεδομένα που ανακύπτουν από τις μελέτες πάνω στο νέο αυτό προϊόν.

Οι δημοσιευμένες εργασίες σχετικά με τον μικροβιολογικό έλεγχο τέτοιου κρέατος αφορούν σε προϊόντα που παράγονται κατά βάση στο εξωτερικό και υπό ειδικές κατά περίπτωση συνθήκες (συντήρησης και συσκευασίας). Αν και τα αποτελέσματα δεν είναι πάντοτε συγκλίνοντα, ορισμένα συμπεράσματα δύνανται να εξαχθούν και να χρησιμοποιηθούν ως βάση για περαιτέρω έρευνα.

Στην πράξη, το μικροβιολογικό προφίλ που συνήθως εξετάζεται στις ήδη διενεργηθείσες έρευνες στο βόειο κρέας ξηρής ωρίμανσης περιλαμβάνει τον προσδιορισμό πληθυσμών ολικής μεσόφιλης χλωρίδας, *Enterobacteriaceae*, οξυγαλακτικών βακτηρίων, ζυμών και μυκήτων, ενώ το κρέας εξετάζεται και για παθογόνα βακτήρια όπως η *Salmonella* spp, η *Escherichia coli* O157:H7, ο *S. aureus*, η *Listeria monocytogenes* και ο *B. cereus* (Ahnstrom et al. 2006, Li et al. 2014, Ryu et al. 2018, Kahraman & Gurbuz 2019).

Παρακάτω αναλύονται περαιτέρω οι μικροοργανισμοί στους οποίους θα επικεντρωθεί η παρούσα μελέτη, προκειμένου να δημιουργηθεί μία πρώτη εικόνα σχετικά με το βόειο κρέας ξηρής ωρίμανσης στην Ελλάδα.

3.4.3.1 Οι μικροοργανισμοί – δείκτες της υγιεινής των τροφίμων

Μικροοργανισμοί δείκτες είναι ομάδες ή είδη μικροοργανισμών των οποίων οι πληθυσμοί, όταν ξεπερνούν συγκεκριμένα και καθορισμένα όρια, αναλόγως με την κατηγορία τροφίμου, θεωρούνται ως ένδειξη ύπαρξης ανθυγιεινών συνθηκών στο περιβάλλον των τροφίμων, με κίνδυνο την αρχική επιμόλυνση ή την εύνοια του πολλαπλασιασμού παθογόνων μικροβίων (Πεξαρά κ.α., 2016).

Η παρουσία μικροβιολογικών δεικτών στα τρόφιμα, ακόμα και σε πληθυσμούς που υπερβαίνουν τα όρια που έχουν τεθεί, δε συνεπάγεται ασφαλώς την ταυτόχρονη παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών. Ωστόσο, δίνεται μία ένδειξη για την πιθανότητα παρουσίας των τελευταίων στα τρόφιμα αυτά. Γενικά, οι μικροοργανισμοί δείκτες αντικατοπτρίζουν τη μικροβιολογική ποιότητα των τροφίμων σε σχέση με το περιβάλλον τους, το χρόνο συντήρησής τους, τους χειρισμούς στους οποίους έχουν υποβληθεί τα τρόφιμα και την πιθανή παρουσία παθογόνων μικροβίων σε αυτά (Πεξαρά κ.α., 2016).

Για την καλύτερη εκτίμηση της ποιότητας των τροφίμων αλλά και την πρόβλεψη του χρόνου ζωής τους, οι μικροοργανισμοί-δείκτες που χρησιμοποιούνται πρέπει να έχουν τα εξής κριτήρια:

- Να είναι παρόντες και ανιχνεύσιμοι σε όλα τα προϊόντα των οποίων η ποιότητα αξιολογείται.
- Ο ρυθμός ανάπτυξης και ο πληθυσμός τους να είναι ακριβώς αντίθετοι σε σχέση με την ποιότητα του προϊόντος.
- Να ανιχνεύονται και να καταμετρώνται εύκολα και ξεκάθαρα διακριτά σε σχέση με άλλους μικροοργανισμούς.
- Η μέθοδος ανίχνευσης και/ή καταμέτρησης να είναι ταχεία.
- Η ανάπτυξή τους να μην επηρεάζεται αρνητικά από την υπόλοιπη μικροβιακή χλωρίδα που είναι παρούσα (Jay, 2000).

3.4.3.1.1 Ολική Μεσόφιλη Χλωρίδα

Η Ολική Μεσόφιλη Χλωρίδα (OMX) περιλαμβάνει όλα τα αερόβια και προαιρετικώς αναερόβια βακτήρια τα οποία αναπτύσσονται με τη χρήση συγκεκριμένου θρεπτικού υλικού και σε συγκεκριμένο συνδυασμό θερμοκρασίας και χρόνου και δίνουν το καθένα από μία μονάδα σχηματισμού αποικιών (Μάντης κ.α., 2008).

Μεσόφιλοι είναι οι περισσότεροι μικροοργανισμοί στη φύση, ενώ πολλοί απ' αυτούς είναι παθογόνοι και προκαλούν λοιμώξεις στον άνθρωπο, ενώ επίσης αρκετοί ευθύνονται για την αλλοίωση των τροφίμων, συμπεριλαμβανομένου του βόειου κρέατος. Κοινό χαρακτηριστικό όλων των μεσόφιλων βακτηρίων είναι οι ιδανικές θερμοκρασιακές απαιτήσεις που κυμαίνονται από 25 έως 40°C, με βέλτιστο διάστημα τους 30-37°C (Willey et al., 2008). Χαρακτηριστικά μεσόφιλα βακτήρια είναι η *Salmonella*, ο *S. aureus*,

η *E. coli*, η *L. monocytogenes*, ο *Proteus vulgaris* και η *Yersinia enterocolitica*. Υπό ιδανικές συνθήκες οι μεσόφιλοι μικροοργανισμοί διπλασιάζονται κάθε περίπου 30 λεπτά.

Καταμετρώντας την OMX ενός δείγματος τροφίμου, δεν είναι δυνατή η ταυτοποίηση και αναγνώριση του είδους του μικροβιακού φορτίου του. Ωστόσο ο αντικειμενικός σκοπός της συγκεκριμένης μικροβιολογικής ανάλυσης είναι να δώσει μια πολύ γενική εικόνα της μικροβιολογικής κατάστασης του προϊόντος.

Όσον αφορά στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων της εξέτασης, αυτή εξαρτάται από τη φύση του τροφίμου. Στα τρόφιμα εκείνα που δεν ευνοείται η ανάπτυξη μικροοργανισμών, όπως τα κατεψυγμένα και τα αφυδατωμένα, η OMX αποτελεί δείκτη της υγιεινής τους κατάστασης κατά την παραγωγή, τη μεταφορά και την αποθήκευσή τους. Σε ένα νωπό προϊόν από την άλλη, η OMX αποτελεί περισσότερο δείκτη του χρόνου συντήρησης του προϊόντος, παρά της υγιεινής κατάστασης του προϊόντος, καθώς δεν εξαλείφεται η πιθανότητα παρουσίας παθογόνων μικροοργανισμών ή τοξινών τους ακόμα και σε χαμηλούς πληθυσμούς OMX (Πεξάρα κ.α., 2016).

Ωστόσο, έστω και σε μικρότερο βαθμό, η OMX αποτελεί ένδειξη της υγιεινής κατάστασης των νωπών προϊόντων ακόμα και σε απουσία παθογόνων μικροβίων. Υψηλός αριθμός μεσόφιλης χλωρίδας καταδεικνύει συνήθως επιμόλυνση του προϊόντος κατά την παραγωγή, τους χειρισμούς ή την αποθήκευση, καθώς και συνθήκες κατάλληλες για τη δυνητική ανάπτυξη παθογόνων μικροβίων, καθώς τα περισσότερα παθογόνα βακτήρια είναι επίσης μεσόφιλα. Επιπλέον, υψηλοί πληθυσμοί μεσόφιλων βακτηρίων της τάξης των 10^6 - 10^8 cfu/g μπορούν να προκαλέσουν αποσύνθεση στο τρόφιμο (Πεξάρα κ.α., 2016).

Εκτός των ακατάλληλων συνθηκών υγιεινής, η αυξημένη OMX υπαγορεύει το ρυθμό αλλοίωσης του κρέατος υπό κανονικές συνθήκες εμπορικής αποθήκευσης, δηλαδή σε χαμηλή θερμοκρασία και a_w . Μάλιστα, έχει αποδειχτεί ότι η OMX αυξάνεται ταχύτερα στο λίπος συγκριτικά με τεμάχια άπαχου κρέατος (Kinsella et al., 2009).

3.4.3.1.2 Εντεροβακτηριοειδή

Τα *Enterobacteriaceae* ή Εντεροβακτηριοειδή, είναι μία μεγάλη και ετερογενής ομάδα Gram αρνητικών, δυνητικά αναερόβιων βακτηρίων που εποικίζουν φυσικά το έντερο των θηλαστικών αλλά και δύνανται να εμφανιστούν και να πολλαπλασιαστούν σε άλλα περιβάλλοντα. Είναι βακτήρια κινητά ή μη κινητά και μη σπορογόνα, ενώ μορφολογικά ανήκουν στους βακίλλους, με μήκος 1-5μm (D'Agostino & Cook, 2016). Παραδείγματα βακτηρίων που ανήκουν σε αυτά είναι οι *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Proteus*, *Klebsiella* και *Serratia*, καθώς επίσης και μερικά από τα πιο σημαντικά εντερικά παθογόνα, όπως οι *Salmonella* spp., *Shigella* spp., *Yersinia enterocolitica* και *E. coli* (Halkman & Halkman, 2014). Τα μέλη της οικογένειας *Enterobacteriaceae* ζυμώνουν τη γλυκόζη προς παραγωγή οξέος και αυτό είναι το χαρακτηριστικό που χρησιμοποιείται ως κριτήριο για την ανίχνευση και την αριθμηση τους (Πεξάρα κ.α., 2016). Τα ψυχρότροφα μέλη αυτής της οικογένειας δεν είναι ασυνήθιστα, ωστόσο τα *Enterobacteriaceae* θεωρούνται μεσόφιλα βακτήρια. Τα ψυχρότροφα στελέχη των *Enterobacter* και *Serratia* μπορούν να αναπτυχθούν σε θερμοκρασίες μέχρι και 0°C (Halkman & Halkman, 2014).

Η πλέον σημαντική ιδιότητα των *Enterobacteriaceae* είναι η χρήση τους ως δείκτες της υγιεινής των τροφίμων ζωικής προέλευσης. Με τον υπολογισμό των πληθυσμών τους, προσδιορίζεται ο βαθμός της ποιότητας, υγιεινής και ασφάλειας των τροφίμων ζωικής προέλευσης, τόσο των νωπών, όσο και των θερμικά επεξεργασμένων, κατόπιν των θερμικών εξεργασιών που έχουν υποστεί (Crowley et al. 2005, Halkman & Halkman 2014). Επίσης, η μέτρηση των *Enterobacteriaceae* αποτελεί μια αποτελεσματική μέθοδο για την αξιολόγηση του περιβάλλοντος, όπως οι επιφάνειες επαφής με τα τρόφιμα μετά την επεξεργασία, και βοηθά στον γρήγορο προσδιορισμό πιθανών πηγών μόλυνσης. Επιπλέον, τα *Enterobacteriaceae* υπερτερούν των κολοβακτηριδίων ως δείκτες υγιεινής επειδή, συλλογικά, έχουν μεγαλύτερη αντοχή στο περιβάλλον και μπορούν καλύτερα να αξιολογήσουν τους γλυκόζη-θετικούς και λακτόζη-αρνητικούς μικροοργανισμούς της μικροχλωρίδας των τροφίμων (Halkman & Halkman, 2014).

Η συγκεκριμένη οικογένεια βακτηρίων μπορεί να προκαλέσει ένα ευρύ φάσμα ασθενειών στον άνθρωπο, που περιλαμβάνει λοιμώξεις τραύματος, λοιμώξεις του ουροποιητικού συστήματος, γαστρεντερίτιδες, μηνιγγίτιδα, πνευμονία, σηψαιμία και αιμολυτικό ουραιμικό σύνδρομο. Ωστόσο δε θεωρούνται όλα τα εντεροβακτηριοειδή βακτήρια ως πραγματικά παθογόνα, αλλά πολλά χαρακτηρίζονται ως ευκαιριακά. Λόγω της ευρείας παρουσίας τους στο περιβάλλον, το έδαφος, το νερό, τα φυτά και το γαστρεντερικό σωλήνα των ζώων και του ανθρώπου, είναι εύκολη η μόλυνση της τροφικής αλυσίδας του ανθρώπου (D'Agostino & Cook, 2016). Μάλιστα ένας σημαντικός αριθμός εξάρσεων κρουσμάτων τροφιμογενών λοιμώξεων έχει αποδοθεί στα *Enterobacteriaceae*, καθιστώντας τους καταναλωτές όλο και περισσότερο ευαίσθητους σε ζητήματα Δημόσιας Υγείας που οφείλονται στην επιμόλυνση των τροφίμων από τους συγκεκριμένους μολυσματικούς παράγοντες. Τα γεγονότα αυτά έχουν οδηγήσει σήμερα σε αυξημένες απαιτήσεις και προδιαγραφές στη βιομηχανία των τροφίμων, με βελτιωμένα μέτρα ελέγχου και αντικειμενικό σκοπό την προστασία των καταναλωτών από μη ασφαλή και χαμηλής ποιότητας τρόφιμα ζωικής προέλευσης (Crowley et al., 2005).

Οι μέθοδοι ανίχνευσής τους βασίζονται συνήθως σε άμεση απαρίθμηση, με την αναστολή της ανάπτυξης όλων των Gram-θετικών μικροοργανισμών, χρησιμοποιώντας στερεά θρεπτικά υποστρώματα που περιέχουν χολικά άλατα και γλυκόζη, όπως το Violet Red Bile Glucose agar (Halkman & Halkman, 2014).

3.4.3.1.3 Ζύμες - Μύκητες

Οι μύκητες είναι ευκαρυωτικοί οργανισμοί που αναπτύσσονται σε τρόφιμα και άλλα υλικά. Το σώμα τους αποτελείται από το βλαστικό και το αναπαραγωγικό σύστημα, με το βλαστό να αποτελείται από σωληνοειδή, λεπτά νημάτια πλάτους 1-3μm, τα οποία διακλαδίζονται προς διάφορες κατευθύνσεις, τις υφές. Πρόκειται για αερόβιους μικροοργανισμούς με τις μικρότερες απαιτήσεις σε υγρασία συγκριτικά με τις ζύμες αλλά και τα βακτήρια. Η ιδανική τιμή a_w πλησιάζει το 1, ωστόσο ορισμένοι αναπτύσσονται βέλτιστα στο 0,93 ενώ άλλοι, που όμως αποτελούν τη συντριπτική μειοψηφία όλων των γενών των μυκήτων, ακόμα και σε τιμές πλησίον του 0,63. Αν και οι περισσότεροι αναπτύσσονται καλύτερα σε όξινο περιβάλλον, ορισμένοι μπορούν να αναπτυχθούν μέχρι και σε pH 11, ενώ όσον αφορά στις θερμοκρασιακές τους απαιτήσεις, οι βέλτιστες εξ αυτών περιλαμβάνονται μεταξύ 25 και 30°C (Καραϊωάννογλου, 2008).

Οι ζύμες ή ζυμομύκητες είναι μονοκύτταροι οργανισμοί που ανήκουν στους μύκητες. Αποτελούν περίπου το 1% όλων των ειδών των μυκήτων και έχουν εξελιχθεί από πολυκύτταρους μύκητες. Ορισμένες ζύμες μπορούν να σχηματίσουν πολυκυττάρια δομές ινικής μορφής που ονομάζονται υφές (Καραϊωάννογλου, 2008). Το μέγεθός τους είναι ποικίλο και εξαρτάται από το περιβάλλον και το είδος, με διάμετρο που κυμαίνεται από 3 έως 40 μm (Kurtzman & Fell, 2005). Το σχήμα τους είναι σφαιρικό, ωοειδές, λεμονοειδές ή απιδοειδές. Πολλαπλασιάζονται με διχοτόμηση, εκβλάστηση ή ασκοσπόρια, με τις περισσότερες περιπτώσεις να προηγείται σύζευξη δύο κυττάρων (Καραϊωάννογλου, 2008).

Οι ζύμες είναι αερόβιοι μικροοργανισμοί που όμως προσαρμόζονται σε περιβάλλον με μειωμένο οξυγόνο ευκολότερα συγκριτικά με τους μύκητες. Έχουν μικρότερες απαιτήσεις σε υγρασία σε σχέση με τα βακτήρια, μεγαλύτερες όμως σε σχέση με άλλους μύκητες, ενώ μπορούν να αναπτυχθούν είτε παρουσία μεγάλων συγκεντρώσεων σακχάρων ή άλατος (a_w από 0,88 έως 0,94), οπότε χαρακτηρίζονται ως κοινές, είτε αναπτύσσονται βραδέως σε σιρόπια (a_w από 0,62 έως 0,65), οπότε χαρακτηρίζονται ως ωσμόφιλες. Ιδανική θερμοκρασία ανάπτυξής τους είναι οι 25-30°C, με τη μέγιστη να φτάνει μέχρι και τους 47°C και την ελάχιστη περίπου στους 0°C, ενώ το καλύτερο pH κυμαίνεται μεταξύ 4 και 4,5 (Καραϊωάννογλου, 2008).

Γενικότερα, οι ζύμες δεν είναι σημαντικά αλλοιογόνες για το βόειο κρέας παρά μόνο σε περιπτώσεις ανάσχεσης της ανάπτυξης των βακτηρίων. Αυτό όμως ακριβώς είναι που συμβαίνει κατά την ξηρή ωρίμανση, όπου η μειωμένη ενεργότητα ύδατος, η ξήρανση της επιφάνειας αλλά και οι χαμηλές θερμοκρασίες του θαλάμου ωρίμανσης περιορίζουν το βακτηριακό πληθυσμό και συνεπώς οι ζύμες βρίσκουν πρόσφορο έδαφος για τη δική τους ανάπτυξη.

Συνολικά, η μεγάλη και ποικίλη ομάδα των ζυμών και μυκήτων περιλαμβάνει αρκετές εκατοντάδες είδη, με την ικανότητά τους να αναπτύσσονται σε πολλά τρόφιμα να οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στις σχετικά ευέλικτες περιβαλλοντικές απαιτήσεις τους (Tournas, 2001).

Οι ζυμομύκητες προκαλούν διαφόρων βαθμών αλλοιώσεις στα τρόφιμα. Η ανιχνευσιμότητά τους μέσα ή στην επιφάνεια του κρέατος εξαρτάται από την παρουσία λοιπών εμπλεκόμενων μικροοργανισμών αλλά και από τα αρχικά επίπεδα επιμόλυνσης του τροφίμου. Το επιμολυσμένο τρόφιμο μπορεί να είναι ελαφρώς ή άκρως αμαυρωμένο ή εντελώς αποσυνθεμένο, με την όψη της παρουσίας τέτοιων πληθυσμών να εκδηλώνεται από σημεία σήψης διαφόρων μεγεθών και χρωμάτων, κηλίδων ή λευκών βαμβακόμορφων μικκυλίων στην επιφάνειά του. Πιθανή είναι επίσης η παραγωγή ανώμαλων γεύσεων και οσμών. Περιστασιακά, ένα τρόφιμο μπορεί να εμφανίζεται χωρίς ευρωτίαση, ωστόσο κατά τις εργαστηριακές εξετάσεις να αποδεικνύεται μολυσμένο. Η μόλυνση από ζυμομύκητες δύναται να οδηγήσει στην υποβάθμιση του τροφίμου και σε οικονομικές απώλειες για τον παραγωγό και τον έμπορο (Tournas, 2001).

Η ξηρή ωρίμανση, λόγω της πτώσης του a_w όπως αναφέρθηκε στην αντίστοιχη ενότητα αλλά και λόγω της ξήρανσης της επιφάνειας του κρέατος και των χαμηλών θερμοκρασιών συντήρησης, περιορίζει τη βακτηριακή ανάπτυξη ενώ αντίθετα ευνοεί την ανάπτυξη των επιφανειακών μυκήτων. Καθ' όλη τη διάρκεια της διαδικασίας της ωρίμανσης, έχει βρεθεί ότι αναπτύσσεται στην επιφάνεια των τεμαχίων κρέατος ο μύκητας *Thamnidium*. Ο μύκητας αυτός, ο οποίος είναι επιθυμητός λόγω της επίδρασής του, εμφανίζεται υπό τη

μορφή απαλών γκρι κηλίδων στα λιπώδη μέρη του κρέατος. Η σημαντικότητά του έγκειται στην ικανότητα των ενζύμων του να εισβάλλουν στο εσωτερικό του κρέατος. Συγκεκριμένα, οι πρωτεάσες που απελευθερώνει και τα κολλαγονολυτικά ένζυμα που παράγει, διασπούν τις μυϊκές ίνες και το συνδετικό ιστό, με αποτέλεσμα την ενίσχυση της υφής και της γεύσης του κρέατος ξηρής ωρίμανσης. Άλλοι μύκητες που συνδέονται με το κρέας ξηρής ωρίμανσης ανήκουν στα γένη *Rhizopus* και *Mucor*. Ωστόσο, έχουν επίσης συσχετιστεί με ασθένειες στον άνθρωπο ενώ δε συνεισφέρουν στον οργανοληπτικό χαρακτήρα του κρέατος (Dashdorj et al., 2016).

3.4.3.1.4 Οξυγαλακτικά βακτήρια

Ένας απόλυτος ορισμός για τα οξυγαλακτικά βακτήρια δεν είναι δυνατό να δοθεί. Αναπόφευκτα, για την κατηγοριοποίηση στη συγκεκριμένη ομάδα, τα βακτήρια πρέπει να πληρούν ορισμένες προϋποθέσεις υπό φυσιολογικές συνθήκες, ενώ πάντα υπάρχουν και οι εξαιρέσεις. Για το λόγο αυτό, τα οξυγαλακτικά περιγράφονται καλύτερα ως ένα σύνολο Gram θετικών βακτηρίων, μη σπορογόνων κόκκων ή ράβδων, καταλάση αρνητικών, οξεάντοχων, αναερόβιων, που παράγουν γαλακτικό οξύ ως το κύριο τελικό παράγωγο κατά τη ζύμωση των υδατανθράκων ως αποτέλεσμα του μεταβολισμού τους. Ωστόσο, όπως αναφέρθηκε υπάρχουν αρκετές εξαιρέσεις, με μοναδικό ίσως αναντίρρητο κριτήριο την ταξινόμηση στην ομάδα των Gram θετικών βακτηρίων (Vinderola et al., 2019).

Ο όρος οξυγαλακτικά βακτήρια είναι στενά συνδεδεμένος με τη ζύμωση των τροφίμων και περιλαμβάνονται βακτήρια τα οποία παρευρίσκονται ακόμα και υπό φυσιολογικές συνθήκες στις υγιείς επιφάνειες των βλεννογόνων του ανθρώπου και των ζώων. Τα βακτήρια αυτά συνδέονται στενά με περιβάλλοντα που τους παρέχουν πλούσιες διατροφικές πηγές, συνήθως διάφορα τρόφιμα (π.χ. κρέας, γάλα, ποτά, λαχανικά). Πιο συγκεκριμένα, εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την παρουσία υδατανθράκων για την ανάπτυξή τους, ενώ έχουν επίσης υψηλές απαιτήσεις σε περιεκτικότητα βιταμινών και αμινοξέων (Vinderola et al., 2019).

Ιστορικά, ο πυρήνας της συγκεκριμένης ομάδας βακτηρίων αποτελείται από τα γένη *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus* και *Streptococcus*, ωστόσο πλέον, στα οξυγαλακτικά περιλαμβάνονται επιπλέον και τα γένη *Aerococcus*, *Carnobacterium*, *Enterococcus*, *Lactococcus*, *Oenococcus*, *Tetragenococcus*, *Vagococcus* και *Weissella*. Το *Bifidobacterium*, ενώ συχνά συμπεριλαμβάνεται, είναι φυλογενετικά διαφορετικό από τα παραπάνω, ενώ παράλληλα διαθέτει μοναδικό τρόπο ζύμωσης των σακχάρων.

Το χαρακτηριστικό γνώρισμα του μεταβολισμού των οξυγαλακτικών βακτηρίων είναι η αποτελεσματική ζύμωση των υδατανθράκων με κυρίαρχο μεταβολικό προϊόν το γαλακτικό οξύ. Μάλιστα, λόγω της προσαρμοστικότητας των οξυγαλακτικών σε διαφορετικές συνθήκες, δύνανται να μεταβάλλουν αναλόγως και το μεταβολισμό τους, γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα τη δραματική διαφοροποίηση των τελικών μεταβολικών προϊόντων. Η διαφοροποίηση αυτή έχει κατατάξει τα βακτήρια σε δύο κύριες κατηγορίες: τα ομοζυμωτικά, με παραγωγή γαλακτικού οξέος σε ποσοστό άνω του 85% επί των συνολικών προϊόντων του μεταβολισμού και τα ετεροζυμωτικά, με παραγωγή 50% γαλακτικού οξέος και 50% αιθανόλης, οξικού οξέος και διοξειδίου του άνθρακα (Vinderola et al., 2019).

Η παραγωγή του γαλακτικού οξέος δεν επέρχεται δίχως δευτερογενή αποτελέσματα. Όταν όλες οι παραπάνω διεργασίες συμβαίνουν σε τρόφιμο, το pH του μειώνεται με την αύξηση της συγκέντρωσης του οξέος με συνέπεια την αναστολή της ανάπτυξης των περισσότερων μικροοργανισμών. Ως εκ τούτου, αυξάνεται ο χρόνος συντήρησης των τροφίμων, ενώ πολύ πιθανή είναι και η αλλαγή των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών του τροφίμου (Vinderola et al., 2019).

Τα οξυγαλακτικά βακτήρια, τέλος, έχουν τόσο θετική, όσο και αρνητική επίδραση στα τρόφιμα. Στα θετικά εντάσσεται η επιθυμητή επίδραση στον οργανοληπτικό χαρακτήρα (γεύση, άρωμα, υφή) των τροφίμων, καθώς επίσης και η αντιμικροβιακή δράση τους που προκύπτει από την πτώση της τιμής του pH λόγω παραγωγής γαλακτικών οξέων και οξικού οξέος, την παραγωγή βακτηριοσινών, φυσικών αντιμικροβιακών ουσιών που παράγουν και τον ανταγωνισμό και εμπόδιση της ανάπτυξης άλλων, παθογόνων μικροοργανισμών, όπως *S. aureus*, *Salmonella* spp και *Escherichia coli* (Μεταξόπουλος κ.α., 2003) αλλά και αλλοιογόνων βακτηρίων (Geisen et al., 1992). Στα αρνητικά από την άλλη, ειδικότερα στο κρέας, ανήκουν η πράσινη χρώση της επιφάνειας που εμφανίζεται και η παραγωγή αερίου εντός του ψυκτικού θαλάμου και βλέννας στην επιφάνεια του κρέατος.

3.4.3.2 Τροφιμογενή παθογόνα

Όπως προαναφέρθηκε, έχουν προηγηθεί μελέτες για την ανίχνευση διαφόρων τροφιμογενών παθογόνων βακτηρίων στο βόειο κρέας ξηρής ωρίμανσης. Δεδομένης όμως της απαίτησης ασφάλειας από την ευρωπαϊκή νομοθεσία μόνο ως προς τη *Salmonella* spp, η παρούσα μελέτη θα επικεντρωθεί στην εξέταση της παρουσίας του συγκεκριμένου μόνο παθογόνου.

3.4.3.2.1 *Salmonella* spp

Τα *Enterobacteriaceae* που ανήκουν στο γένος *Salmonella* είναι Gram-αρνητικά βακτήρια, μη σπορογόνα, με διαστάσεις 0,7-1,5 x 2-5 μm και στη συντριπτική τους πλειοψηφία χαρακτηρίζονται από κινητικότητα χάρη στα μαστίγια που φέρουν. Τα στελέχη της *Salmonella* είναι προαιρετικά αναερόβια βακτήρια, ενώ αναπτύσσονται ιδανικά στους 37°C, με συνολικό θερμοκρασιακό εύρος από 5 έως 45°C. Μπορούν να πολλαπλασιαστούν σε συνθήκες pH από 4,5 έως 9,5 με ιδανικές τιμές από 6,5 έως 7,5, ενώ αναπτύσσονται μόνο εάν η τιμή του a_w υπερβαίνει το 0,93 (ICMSF 1996). Είναι θετικά στην καταλάση, στα κιτρικά του Simmons και στο κόκκινο του μεθυλενίου και αρνητικά στην οξειδάση, την ινδόλη και τη δοκιμή Voges-Proskauer. Επίσης, καταβολίζουν τη D-γλυκόζη και άλλους υδατάνθρακες προς παραγωγή οξέος και αερίου. Χαρακτηριστικό των στελεχών αυτών είναι επιπλέον η παραγωγή υδροθείου και η μη υδρόλυση της ουρίας (Holt et al., 1994).

Το γένος *Salmonella* περιλαμβάνει δύο είδη, τα *S. enterica* και *S. bongori* (supspecies V) καθένα από τα οποία περιλαμβάνει πολλούς οροτύπους. Η *S. enterica* διακρίνεται σε 6

υποείδη. Από τη *Salmonella*, είναι γνωστό ότι υπάρχουν περίπου 2.500 ορότυποι, και επικρατούν τα *S. enteritidis* και *S. typhimurium* (Πεξάρá κ.α., 2016).

Στα διάφορα είδη του γένους *Salmonella* οφείλεται η σαλμονέλλωση, μία από τις συχνότερες τροφολοιμώξεις σε παγκόσμιο επίπεδο. Η σαλμονέλλωση μπορεί να εκδηλωθεί με δύο μορφές, ανάλογα με τα υπεύθυνα κάθε φορά στελέχη. Η πρώτη είναι η γαστρεντερίτιδα, που οφείλεται σε διάφορα στελέχη και κυρίως στα *S. enteritidis* και *S. typhimurium*, αντιπροσωπεύοντας το 80% των περιστατικών της ασθένειας παγκοσμίως. Τα συχνότερα συμπτώματα είναι η διάρροια, ο πυρετός και ο στομαχικός πόνος. Αυτά ξεκινούν συνήθως από 6 ώρες έως και 6 ημέρες μετά τη μόλυνση και διαρκούν για 4 με 7 ημέρες. Ωστόσο, κάποιοι ασθενείς εξακολουθούν να εκδηλώνουν συμπτώματα για αρκετές εβδομάδες, ενώ άλλοι δεν εκδηλώνουν κανένα σύμπτωμα. Στελέχη της *Salmonella* μπορεί να προσβάλλουν επίσης το αίμα, τα ούρα, τα οστά, τις αρθρώσεις ή και το νευρικό σύστημα, προκαλώντας ακόμη σοβαρότερες ασθένειες. Αν και οι ορότυποι της *Salmonella* κυμαίνονται περί τους 2.500, λιγότεροι από 100 έχουν επιβεβαιωθεί ότι προσβάλλουν τον άνθρωπο. Η δεύτερη είναι ο τυφοειδής πυρετός, που οφείλεται στα στελέχη *Typhi* και *Paratyphi*. Αυτή συνδέεται κυρίως με το νερό και λιγότερο με τα τρόφιμα, ενώ η εμφάνισή της ολοένα και μειώνεται λόγω των βελτιωμένων συνθηκών υγιεινής (CDC, 2019).

Η *Salmonella* υπάρχει στον εντερικό σωλήνα του ανθρώπου και των ζώων. Η μόλυνση από *Salmonella* μπορεί να προέλθει είτε μέσω της κατανάλωσης επιμολυσμένων τροφίμων ή νερού, είτε μέσω της επαφής με μολυσμένα ζώα, κόπρανα ή το περιβάλλον. Μεγαλύτερος κίνδυνος υπάρχει για ορισμένες ομάδες ανθρώπων όπως νεογνά, υπερήλικες και ανοσοκατεσταλμένοι (CDC, 2019). Ο κίνδυνος για τις συγκεκριμένες ομάδες, αλλά και για ανθρώπους που δεν ανήκουν σε αυτές, αυξάνεται ακόμα περισσότερο δεδομένου του γεγονότος ότι μπορεί να επιτευχθεί μόλυνση με πολύ μικρό αριθμό κυττάρων (1 με 10 κύτταρα). Αυτό είναι χαρακτηριστικό των *S. typhi* και *S. paratyphi*, όπου μπορούν να προκαλέσουν πολύ ευκολότερα μόλυνση συγκριτικά με τη *S. enteritidis* (Blaser et al., 1982).

Για τη δράση της *Salmonella* ως τροφιμογενές παθογόνο, τα στοιχεία των τελευταίων ετών την κατατάσσουν στη δεύτερη θέση των αιτιών γαστρεντερικής μόλυνσης, μετά την καμπυλοβακτηριδίαση. Με τη *Salmonella* να ευθύνεται για το 30% των τροφιμογενών λοιμώξεων ετησίως στην Ε.Ε., βρέθηκε ότι τα τρόφιμα που είναι υπεύθυνα για την έξαρση τέτοιων λοιμώξεων είναι κατά σειρά τα αβγά και τα προϊόντα τους, τα αρτοποιήματα και τα ανάμεικτα φαγητά. Ωστόσο, υψηλά ποσοστά καταγράφουν και το κρέας και τα προϊόντα του, με σημαντικότερα το κρέας των πουλερικών και των χοίρων, ενώ το βόειο κρέας βρίσκεται αρκετά χαμηλά στη λίστα (EFSA-ECDC, 2019).

3.4.3.3 Ανασκόπηση δεδομένων

Τα μέχρι τώρα δεδομένα από άλλες μελέτες, έχουν δείξει ότι με την πάροδο των ημερών ωρίμανσης, παρατηρείται η σχετικά σταθερή αύξηση των πληθυσμών της *OMX*, *Enterobacteriaceae*, οξυγαλακτικών, ζυμών, μυκήτων μέχρι και σε περιόδους ωρίμανσης 50 ημερών, με σποραδικές και μικρής σημασίας μειώσεις των πληθυσμών αυτών σε διάφορες ημέρες δειγματοληψίας στο μεσοδιάστημα. Σημαντικότερες αυξήσεις έχουν παρατηρηθεί στους πληθυσμούς των ολικών βακτηρίων, με αριθμούς που κυμαίνονται

από 2 έως και 4 λογαρίθμους συγκριτικά με τους αρχικούς πληθυσμούς για χρονικά διαστήματα από 14 έως και 50 ημέρες ωρίμανσης αντίστοιχα και στους πληθυσμούς των ζυμών/μυκήτων, από 2 μέχρι και 6 λογαρίθμους επί των αρχικών πληθυσμών για τα αντίστοιχα διαστήματα. Όσον αφορά τα οξυγαλακτικά βακτήρια και τα *Enterobacteriaceae*, ακολουθούν τα παραπάνω σε ανάπτυξη, αν και έχει παρατηρηθεί η μείωση του πληθυσμού τους σε διαφορετικά στάδια ωρίμανσης (Ahnstrom et al. 2006, Li et al. 2014, Ryu et al. 2018, Kahraman & Gurbuz 2019).

Είναι βέβαια αξιοσημείωτο το γεγονός ότι σε όσα αποτελέσματα έχουν αναφερθεί έως τώρα, ουδέποτε έχει παρατηρηθεί ανάπτυξη των παθογόνων βακτηρίων που προαναφέρθηκαν, ακόμα και σε αναλύσεις που διενεργήθηκαν 60 ημέρες μετά την ημερομηνία έναρξης της ωρίμανσης. Η σημασία του συγκεκριμένου συμπεράσματος, για τις χώρες της Ε.Ε. τουλάχιστον, έγκειται στο γεγονός της συμμόρφωσης με τον Ευρωπαϊκό Κανονισμό 1441/2007 περί μικροβιολογικών κριτηρίων για τα τρόφιμα, όπως αναφέρθηκε και στην αντίστοιχη ενότητα για τη *Salmonella*.

3.5 Οι προκλήσεις του προϊόντος

Ο κύριος λόγος που η ξηρή ωρίμανση δε χρησιμοποιείται πλέον σε παγκόσμια κλίμακα είναι το επιβαρυνόμενο κόστος, παρά τα πλεονεκτήματα που προσφέρει. Τα αίτια του υψηλού κόστους είναι οι μεγάλες απώλειες κρέατος κατά την ωρίμανση (6-15%) και κατά τη διαδικασία αποκοπής (3-24%), η απαίτηση υψηλών προδιαγραφών συντήρησης καθ' όλη τη διάρκεια (συγκεκριμένες και διαρκώς παρακολουθούμενες παράμετροι, κατάλληλος χώρος) και ο κίνδυνος μικροβιακής ανάπτυξης, ο οποίος καθότι δεν έχει πλήρως διερευνηθεί ως προς τη φύση και το βαθμό επικινδυνότητάς του, υπαγορεύει την εφαρμογή ύψιστων μέτρων υγιεινής για τη διασφάλιση της ασφάλειας του προϊόντος (Dashdorj et al., 2016). Συγκεκριμένα, η μεγαλύτερη απώλεια απόδοσης σε κρέας, λόγω της υψηλότερης απώλειας υγρασίας κατά τη διαδικασία της ωρίμανσης, καθιστά τα προϊόντα της ξηρής ωρίμανσης περίπου 15-20 % ακριβότερα (Kahraman & Gurbuz, 2019).

Από τη δεκαετία του 1980 και μετά, με την εμφάνιση νέων τεχνολογιών με σημαντική αποτελεσματικότητα στη βιομηχανία του κρέατος, αλλά και λόγω της μειωμένης απόδοσης σε κρέας, η εμπορική αξία του κρέατος ξηρής ωρίμανσης μειώθηκε. Ωστόσο, υπάρχει πλέον ένα μικρό μέρος καταναλωτών που δείχνει ιδιαίτερη προτίμηση στο κρέας ξηρής ωρίμανσης και είναι πρόθυμο να πληρώνει αναλόγως για τη μοναδική γεύση του. Τέτοιο κρέας προσφέρεται σήμερα στα πλέον εκλεπτυσμένα εστιατόρια, σε πολυτελείς αγορές τροφίμων και σε γκουρμέ κρεοπωλεία εξαιτίας της σχεδόν ασύγκριτης γεύσης του σε σχέση με κρέας υγρής ωρίμανσης ή κρέας σε συσκευασίες κενού (Oh et al., 2017). Ακόμη και αν αντιπροσωπεύει, λοιπόν, ένα μικρό ποσοστό στις διατροφικές συνήθειες του ανθρώπου στη σημερινή κοινωνία, η διαρκής και συντονισμένη παγκόσμια προσπάθεια για ασφάλεια στον τομέα των τροφίμων δε θα μπορούσε να αγνοήσει και το εν λόγω προϊόν, γεγονός που έχει γεννήσει την ανάγκη για συνεχή έρευνα. Η σημαντικότητα τέτοιων ελέγχων ενισχύεται ακόμη περισσότερο, όταν αυτοί διεξάγονται σε χώρες όπου τα μέχρι σήμερα δεδομένα είναι μηδαμινά, όπως η χώρα μας.

ΜΕΡΟΣ 2ο

Κεφάλαιο 1 – Σκοπός της διπλωματικής εργασίας

Στην Ελλάδα, η μέθοδος της ξηρής ωρίμανσης έχει κερδίσει αρκετούς καταναλωτές μόλις τα τελευταία χρόνια, παρά το αυξημένο κόστος του παραγόμενου προϊόντος. Έτσι, για τη διατήρηση αυτής της δυναμικής που αρχίζει να αναπτύσσεται υπέρ της κατανάλωσης των προϊόντων αυτών, υπάρχει η ανάγκη να συνοδεύονται από επαρκή και αξιόπιστα επιστημονικά δεδομένα που αφορούν στη μικροβιολογική τους ποιότητα και την ασφάλειά τους.

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η μελέτη των μικροβιολογικών χαρακτηριστικών του βόειου κρέατος μετά από διαφορετικούς χρόνους ξηρής ωρίμανσης παράλληλα με την εκτίμηση κάποιων ποιοτικών χαρακτηριστικών. Για το σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκε μικροβιολογική ανάλυση των δειγμάτων για να προσδιοριστούν οι πληθυσμοί της Ολικής Μεσόφιλης Χλωρίδας (OMX), των οξυγαλακτικών βακτηρίων, των *Enterobacteriaceae*, και των ζυμών και μυκήτων. Τα δείγματα εξετάστηκαν για την παρουσία *Salmonella* spp. Η εξέταση των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε λαμβάνοντας υπόψη τα κριτήρια υγιεινής και ασφάλειας που ορίζονται στον Κανονισμό (ΕΚ) 1441/2007 περί μικροβιολογικών κριτηρίων για τα τρόφιμα.

Επιπλέον στα δείγματα προσδιορίστηκε η τιμή του pH, πραγματοποιήθηκε εκτίμηση της οσμής και προσδιορίστηκε η απώλεια βάρους (%) στα διάφορα στάδια επεξεργασίας (ωρίμανση-αποκοπή) και η απόδοση (%) σε τελικό προϊόν.

Κεφάλαιο 2 – Υλικά και μέθοδοι

2.1 Συλλογή και χειρισμός των δειγμάτων

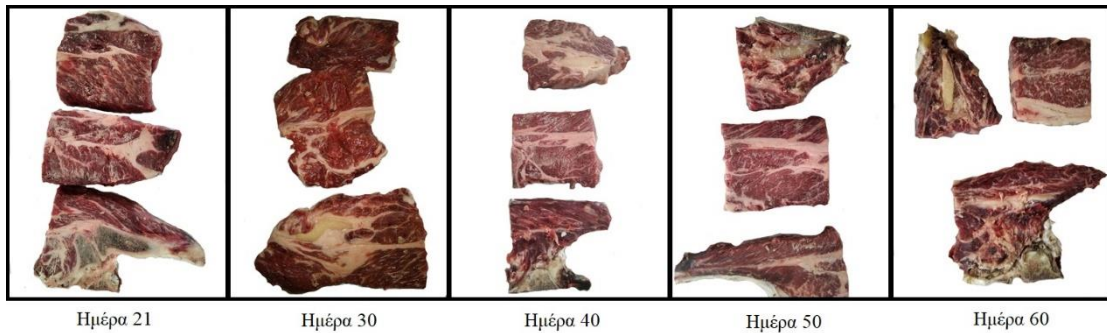
Στην παρούσα μελέτη, πραγματοποιήθηκαν τρεις επαναλήψεις του πειραματισμού. Χρησιμοποιήθηκε το τεμάχιο σφαγίου βοοειδούς «μπριζόλες». Τα τεμάχια προέρχονταν από ζώα της φυλής Limousine. Τα ζώα είχαν χώρα προέλευσης την Ελλάδα και η ημερομηνία σφαγής τους ήταν η 5^η Οκτωβρίου 2020, σε σφαγείο στην Οιχαλία Τρικάλων. Η ταξινόμηση των σφαγίων βοοειδούς ήταν DO3 (σφάγιο θήλεων ζώων, που έχουν ήδη γεννήσει/αρκετά καλή διάπλαση/μέσος βαθμός πάχυνσης). Τα τεμάχια υπέστησαν ξηρή ωρίμανση σε θάλαμο ξηρής ωρίμανσης Frenox στους 1 °C ±1 °C, με σχετική υγρασία 75%±5% και ταχύτητα ροής αέρα 1 m/s, στην εγκεκριμένη μονάδα παραγωγής βόειου κρέατος ξηρής ωρίμανσης Φάρμα Μπαϊράμογλου στη Λάρισα, χωρίς τη χρήση συσκευασίας κενού (vacuum).



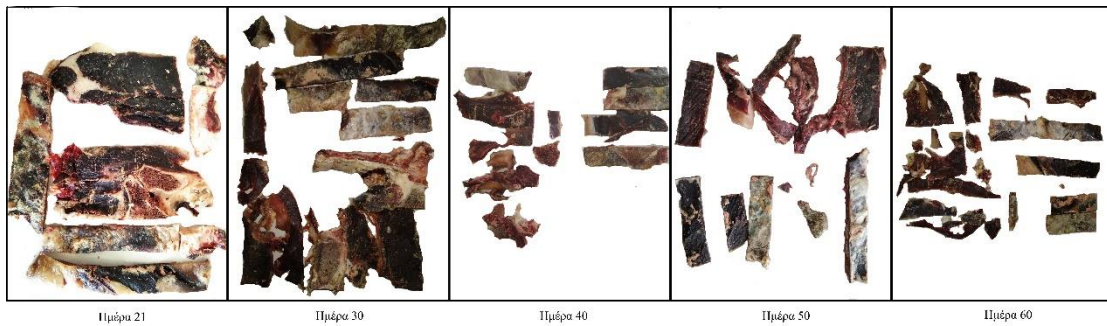
Εικόνα 2. Τεμάχιο «μπριζόλες» βόειου κρέατος στη διαδικασία ξηρής ωρίμανσης.

Το πλάνο δειγματοληψίας απεικονίζεται στο σχήμα 1. Την ημέρα 0 της μελέτης (μία ημέρα μετά τη σφαγή), έγινε δειγματοληψία ενός τμήματος από το κάθε τεμάχιο («μπριζόλες») («α' ύλη»), ενώ τα υπόλοιπα τοποθετήθηκαν στο θάλαμο ξηρής ωρίμανσης.

Στις επόμενες δειγματοληψίες, που πραγματοποιήθηκαν κατά τις ημέρες 21, 30, 40, 50 και 60, λήφθηκαν 3 τμήματα ανά ημέρα (ένα ανά τεμάχιο) και σε καθένα έγινε η διαδικασία αποκοπής (απομάκρυνση της ξηρής εξωτερικής στρώσης από την επιφάνειά τους) ώστε να προκύψει το τελικό προϊόν που διατίθεται στον καταναλωτή. Οπότε σε κάθε δειγματοληψία είχαμε δύο δείγματα («ζώνη αποκοπής» και «τελικό προϊόν») από καθένα εκ των τριών τμημάτων. Συνολικά εξετάστηκαν 3 δείγματα για την «α' ύλη», 6 δείγματα (3 «τελικό προϊόν», 3 «ζώνη αποκοπής») ανά ημέρα δειγματοληψίας και κατά συνέπεια 30 δείγματα για τη διαδικασία ωρίμανσης 60 ημερών.

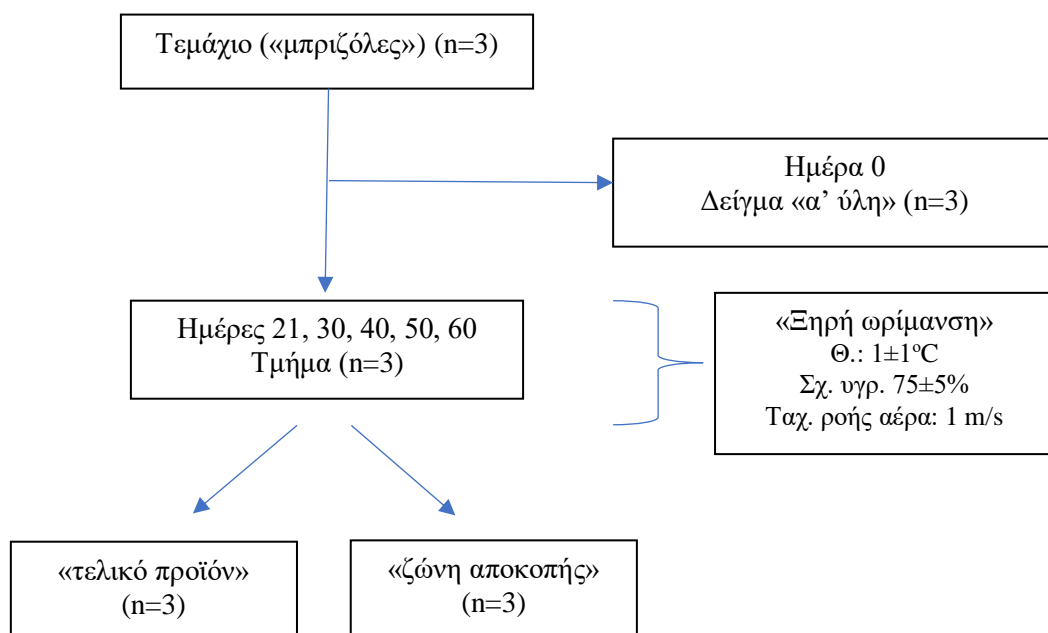


Εικόνα 3. Τελικό προϊόν στις ημέρες ξηρής ωρίμανσης βόειου κρέατος 21, 30, 40, 50 και 60.



Εικόνα 4. Ζώνες αποκοπής στις ημέρες ξηρής ωρίμανσης βόειου κρέατος 21, 30, 40, 50 και 60.

Σχήμα 1. Πλάνο δειγματοληψίας.



Η 21^η ημέρα ωρίμανσης επιλέχθηκε ως πρώτη ημέρα δειγματοληψίας μετά την έναρξη της διαδικασίας, γιατί σύμφωνα με τα αποτελέσματα των περισσότερων ερευνών, είναι η ημέρα κατά την οποία λαμβάνει χώρα η μεγαλύτερη διαφορά της διαδικασίας ξηρής ωρίμανσης στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά (Campbell et al. 2001, Li et al. 2014, Gudjonsdottir et al. 2015, Kahraman & Gurbuz 2019).

Τα τμήματα που ελήφθησαν εξετάστηκαν επιτόπου ως προς την οσμή τους και στη συνέχεια τα δείγματα μεταφέρθηκαν στο Εργαστήριο Υγιεινής τροφίμων του Τμήματος Κτηνιατρικής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, στους 4°C, εντός μίας ώρας για την περαιτέρω ανάλυσή τους. Όλες οι δειγματοληψίες διενεργήθηκαν υπό άσηπτες συνθήκες, χρησιμοποιώντας αποστειρωμένες σακούλες δειγματοληψίας, ενώ υπό άσηπτες συνθήκες διενεργήθηκαν και όλοι οι χειρισμοί των δειγμάτων.

2.2 Μικροβιολογική ανάλυση

Από το κάθε αναλυόμενο δείγμα τοποθετήθηκαν 10 γραμμάρια σε σακούλα stomacher (BagLight, Interscience) όπου αναμίχθηκαν με 90 ml Buffered Peptone Water (BIOKAR Diagnostics) και ομογενοποιήθηκαν σε συσκευή Stomacher για 2 λεπτά. Από το ομογενοποιημένο δείγμα στη συνέχεια δημιουργήθηκαν δεκαδικές αραιώσεις σε Maximum Recovery Diluent (BIOLIFE Italiana) και ακολούθησαν οι παρακάτω αναλύσεις:

2.2.1 Καταμέτρηση Ολικής Μεσόφιλης Χλωρίδας (OMX)

Από το ομογενοποιημένο δείγμα αλλά και από τις κατάλληλες δεκαδικές αραιώσεις, τοποθετήθηκε 1 ml σε κενά τρυβλία και προστέθηκε Plate Count Agar (BIOKAR Diagnostics), για την καταμέτρηση της OMX με την τεχνική της ενσωμάτωσης, μετά από επώαση στους 30°C για 72 h.

2.2.2 Καταμέτρηση των *Enterobacteriaceae*

Από το ομογενοποιημένο δείγμα αλλά και από τις κατάλληλες δεκαδικές αραιώσεις, τοποθετήθηκε 1 ml σε κενά τρυβλία και προστέθηκε Violet Red Bile Glucose Agar (VRBGA – BIOKAR Diagnostics), για την καταμέτρηση των εντεροβακτηριοειδών με την τεχνική της ενσωμάτωσης και της επιστοιβάδευσης, μετά από επώαση στους 37°C για 24h.

2.2.3 Καταμέτρηση Οξυγαλακτικών Βακτηρίων

Από το ομογενοποιημένο δείγμα αλλά και από τις κατάλληλες δεκαδικές αραιώσεις, τοποθετήθηκε 1 ml σε κενά τρυβλία και προστέθηκε Man, Rogosa and Sharpe agar (MRS

Agar – Condalab), για την καταμέτρηση των οξυγαλακτικών βακτηρίων με την τεχνική της ενσωμάτωσης, μετά από επώαση στους 25°C για 5 ημέρες υπό αναερόβιες συνθήκες.

2.2.4 Καταμέτρηση Ζυμών – Μυκήτων

Από το ομογενοποιημένο δείγμα αλλά και από τις κατάλληλες δεκαδικές αραιώσεις, τοποθετήθηκε 0,1 ml σε Sabouraud Dextrose Agar with Chloramphenicol (SDA – BIOLIFE Italiana), για την καταμέτρηση των ζυμών και των μυκήτων με την τεχνική της επιφανειακής εξάπλωσης, μετά από επώαση στους 25°C για 5 ημέρες.

Τα αποτελέσματα εκφράστηκαν ως μονάδες σχηματισμού αποικιών ανά γραμμάριο (cfu/gr).

2.3 Εξέταση ποιοτικών χαρακτηριστικών

2.3.1 Εξέταση της οσμής

Την ημέρα 0, η «α' ύλη» πριν αρχίσει η διαδικασία ωρίμανσης και σε όλες τις υπόλοιπες ημέρες δειγματοληψίας τα τμήματα εξήχθησαν από το θάλαμο και υποβλήθηκαν σε επιτόπια εξέταση της οσμής τους από τρεις εκπαιδευμένους αξιολογητές. Η αξιολόγηση έγινε σε πενταβάθμια κλίμακα από το 1 (φυσιολογική οσμή) μέχρι το 5 (άσχημη οσμή), σύμφωνα με τους Li et al., 2013. Η οσμή για το προϊόν θεωρήθηκε ως μη αποδεκτή όταν η βαθμολογία ήταν ≥ 4 .

2.3.2 Υπολογισμός των απωλειών κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης και αποκοπής και απόδοση σε τελικό προϊόν

Σκοπός της συγκεκριμένης εξέτασης ήταν να υπολογιστούν οι απώλειες που υπάρχουν λόγω της ξηρής ωρίμανσης και λόγω της αποκοπής που συμβαίνει λίγο πριν την πώληση του προϊόντος στον καταναλωτή στους διαφορετικούς χρόνους ωρίμανσης.

Τα δείγματα ζυγίστηκαν πριν και μετά την ωρίμανση και μετά την διαδικασία αποκοπής σύμφωνα με τη διαδικασία που περιγράφεται από τους Li et al., 2013. Ο υπολογισμός των απωλειών βάρους (%) έγινε με βάση τις παραπάνω μετρήσεις, ως εξής:

- Απώλειες λόγω ωρίμανσης (%) = $\frac{\text{Απώλειες κατά την ωρίμανση}}{\text{Βάρος πριν την ωρίμανση}} \times 100\%$
- Απώλειες λόγω αποκοπής (%) = $\frac{\text{Απώλειες κατά τη διαδικασία της αποκοπής}}{\text{Βάρος πριν τη διαδικασία της αποκοπής}} \times 100\%$

Με βάση τους παραπάνω υπολογισμούς προσδιορίστηκε η επί τοις εκατό απόδοση (%) σε τελικό προϊόν.

2.3.3 Μέτρηση της τιμής του pH

Η μέτρηση της τιμής του pH πραγματοποιήθηκε μετά την προσκόμιση των δειγμάτων στο Εργαστήριο. Στα δείγματα της πρώτης ύλης έγινε μέτρηση του pH με την απευθείας είσοδο του ηλεκτροδίου pHμέτρου (Milwaukee) στη μάζα των δειγμάτων. Στις υπόλοιπες δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκε μέτρηση της τιμής του pH με την είσοδο του ηλεκτροδίου στη «ζώνη αποκοπής» και στο «τελικό προϊόν».

2.4 Στατιστική επεξεργασία

Τα δεδομένα υποβλήθηκαν σε στατιστική ανάλυση με τη χρήση του στατιστικού πακέτου SPSS 11.00 και χρησιμοποιήθηκε η μεθοδολογία της ανάλυσης των διακυμάνσεων μιας κατεύθυνσης, σύμφωνα με το «εντελώς τυχαιοποιημένο» σχέδιο ανάλυσης (One-way Anova) και το t-test. Για τον έλεγχο των στατιστικών διαφορών μεταξύ των μέσων τιμών χρησιμοποιήθηκε το επίπεδο σημαντικότητας $P < 0,05$.

Κεφάλαιο 3 – Αποτελέσματα-Συζήτηση

3.1 Μικροβιολογική ανάλυση

Τα αποτελέσματα της μικροβιολογικής ανάλυσης (πληθυσμοί της OMX, των οξυγαλακτικών βακτηρίων (LAB), των *Enterobacteriaceae* και των ζυμών και μυκήτων) των δειγμάτων βόειου κρέατος κατά τη διάρκεια ξηρής ωρίμανσης παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.

3.1.1 Ολική Μεσόφιλη Χλωρίδα

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 1, συγκριτικά με τον πληθυσμό της OMX στην α' ύλη (4,94 log cfu/g), υπήρξε μείωση κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης στο τελικό προϊόν. Αν και παρόμοια αποτελέσματα στην OMX της α' ύλης έχουν καταγραφεί από τους Kahraman & Gurbuz, 2019 (4,68 log cfu/g) και Lee et al., 2017 (5,6 log cfu/g), ωστόσο ο πληθυσμός της OMX που καταμετρήθηκε στην α' ύλη στην παρούσα μελέτη χαρακτηρίζεται ως ιδιαίτερα αυξημένος, καθότι στην πλειοψηφία των περιπτώσεων ο αρχικός πληθυσμός κυμαινόταν σε αρκετά χαμηλότερα επίπεδα. Συγκεκριμένα, οι Ahnstrom et al., 2006 είχαν <2,5 log cfu/cm², οι DeGeer et al., 2009 είχαν 2,89 log cfu/cm² στα τεμάχια με οστό και 3,16 log cfu/cm² στα άνευ οστού, οι Li et al., 2014 είχαν 2,87 log cfu/cm² στο λίπος και 2,57 log cfu/cm² στο μυϊκό ιστό, οι Ryu et al., 2018 είχαν περίπου 2 log cfu/g και οι Campbell et al., 2001 1,4 log. Συνεπώς, η α' ύλη ήταν ήδη επιβαρυνμένη με υψηλό αρχικό πληθυσμό OMX.

Σε σχέση με την α' ύλη, η μεταβολή είχε μία τάση μείωσης κατά την 21^η ημέρα (4,56 log cfu/g), ακολουθούμενη κατά σειρά από στατιστικά σημαντική μείωση (P<0,005) κατά την 30^η ημέρα (3,86 log cfu/g), σημαντική αύξηση την 40^η (5,11 log cfu/g), και σημαντικές μειώσεις του πληθυσμού τόσο την 50^η (4,48 log cfu/g) όσο και την 60^η ημέρα ωρίμανσης (3,96 log cfu/g), όλα συγκριτικά με την αμέσως προηγούμενη μέτρηση. Παρά τη σχετική ανομοιογένεια των παραπάνω μεταβολών, παρατηρήθηκε ότι, με μοναδική εξαίρεση την ημέρα 40, η πορεία του πληθυσμού σε όλες τις υπόλοιπες ημέρες ήταν απόλυτα καθοδική (Διάγραμμα 1). Λαμβάνοντας υπόψη το σύνολο των μεταβολών, αυτές αφορούν τόσο αυξήσεις όσο και μειώσεις, χωρίς να δίνουν ένα σταθερό μοτίβο της πορείας του πληθυσμού της OMX κατά την ξηρή ωρίμανση. Ωστόσο, συγκρίνοντας όλες τις μετρήσεις με την α' ύλη, παρατηρήθηκε ότι στατιστικά σημαντικές μεταβολές ως προς εκείνη υπήρχαν μόνο κατά τις ημέρες 30 και 60, όπου σε αμφότερες τις περιπτώσεις η μεταβολή αφορούσε σε μείωση του πληθυσμού.

Σε άλλες μελέτες, οι μεταβολές της OMX, αν και χωρίς στατιστική σημασία καθ' όλη τη διάρκεια της διαδικασίας, διακρίνονταν επίσης από διαρκείς αυξομειώσεις. Με αυτό συμφωνούν τα στοιχεία από τους DeGeer et al., 2009, που χρησιμοποίησαν ως δείγμα μόνο το τελικό προϊόν, και τους Ahnstrom et al., 2006 και Kahraman & Gurbuz, 2019, που χρησιμοποίησαν ως δείγμα το σύνολο του τεμαχίου, που δείχνουν μη σημαντικές μεταβολές της OMX κατά τη 14^η, την 21^η και την 28^η ημέρα ωρίμανσης. Πιο ειδικά, οι DeGeer et al., 2009, στα τεμάχια με οστό (shell loins) κατέγραψαν μεταβολή από 2,89 (α'

ύλη) σε 3,51 log cfu/cm², ενώ στα τεμάχια άνευ οστού (strip loins) παρατηρήθηκε πτώση από το αρχικό 3,16 σε 2,89 log cfu/cm², με καμία από τις παραπάνω μεταβολές να μην είναι σημαντική, γεγονός στο οποίο ενδεχομένως συντέλεσε η χαμηλή θερμοκρασία που επικρατούσε στο θάλαμο ωρίμανσης (2,2°C). Οι Ahnstrom et al., 2006 παρατήρησαν αύξηση της αρχικής OMX (<2,5 log cfu/cm²), τόσο στο λιπώδη ιστό (4,3 log cfu/cm² τη 14^η και 4,7 log cfu/cm² την 21^η ημέρα), όσο και στο μη λιπώδη (5,1 log cfu/cm² τη 14^η και 4,3 log cfu/cm² την 21^η ημέρα). Αν και ήταν αποτελέσματα επίσης με μικρή στατιστική σημασία, η ελαφρώς μεγαλύτερη αύξηση αυτή του πληθυσμού συγκριτικά με τους DeGeer et al., 2009 είναι πιθανό να εξηγηθεί λόγω των κατά μέσο όρο υψηλότερων θερμοκρασιών (2,6±0,4°C) αλλά και της υψηλότερης σχετικής υγρασίας (87±2,6% συγκριτικά με το 50% στους DeGeer et al., 2009). Οι Kahraman & Gurbuz, 2019, ξεκινώντας από υψηλό αρχικό πληθυσμό (4,68 log cfu/g), παρουσίασαν μικρές μόνο μεταβολές (5,03 την 7^η, 4,93 τη 14^η, 5,36 την 21^η και 5,44 log cfu/g την 28^η ημέρα), αποτελέσματα τα οποία συνάδουν με την αρκετά μειωμένη θερμοκρασία εντός θαλάμου (0,5±0,5°C), ενώ η υγρασία κυμαινόταν στο 80%. Την 28^η ημέρα, αύξηση κατέγραψαν οι Lee et al., 2017 κατά 1 log (από 5,6 σε 6,58 log cfu/g), οι οποίοι εξέτασαν μόνο το τελικό προϊόν. Στην περίπτωση αυτή, στις ελαφρώς αυξημένες τιμές στις συνθήκες ωρίμανσης (1±1°C και 85%) συγκριτικά με τους Kahraman & Gurbuz, 2019, ενδεχομένως οφείλεται η στατιστικά σημαντικότερη αριθμητική αύξηση της OMX στις 28 ημέρες. Συγκριτικά και με τους δύο, η μειωμένη σχετική υγρασία της παρούσας μελέτης (75±5%), συνοδευόμενη από επίσης χαμηλές θερμοκρασίες (1±1°C) δείχνει να εμποδίζει ακόμη περισσότερο την ανάπτυξη της OMX κατά την ίδια περίπου ημέρα ωρίμανσης (σημαντική μείωση την 30^η ημέρα στους 3,86 από 4,96 log cfu/g της α' ύλης).

Η αδυναμία σημαντικής ανάπτυξης μεσόφιλων βακτηρίων σε τελικά προϊόντα ξηρής ωρίμανσης που παρατηρήθηκε στην παρούσα και σε προηγούμενες μελέτες, πιθανόν οφείλεται στην εμπόδιση του πολλαπλασιασμού λόγω της ξήρανσης της επιφάνειας του κρέατος, αλλά και στις συνθήκες χαμηλής θερμοκρασίας που επικρατούν στο θάλαμο ξηρής ωρίμανσης (Dashdorj et al., 2016). Από τα αποτελέσματα που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο, φαίνεται το συγκριτικό πλεονέκτημα της χαμηλής θερμοκρασίας και υγρασίας σε σχέση με τις πιο αυξημένες, ως προς την ικανότητα επιβράδυνσης της ανάπτυξης της OMX.

Σε αντίθεση με το τελικό προϊόν, στις ζώνες αποκοπής παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση της OMX (Διάγραμμα 1). Την 21^η ημέρα, ο πληθυσμός ήταν κατά 1,5 log περίπου μεγαλύτερος (6,41 log cfu/g) συγκριτικά με την α' ύλη. Έκτοτε υπήρξε σημαντική αύξηση την 30^η ημέρα κατά σχεδόν 1,3 log (7,72 log cfu/g), πληθυσμός που έμεινε σχετικά σταθερός μέχρι και την 60^η ημέρα (7,68, 7,40 και 7,38 log cfu/g τις ημέρες 40, 50 και 60 αντιστοίχως). Παρομοίως, οι Ryu et al., 2018, σε συνθήκες θερμοκρασίας 1-4°C και σχ. υγρασίας 80-90%, παρατήρησαν σημαντική αύξηση κατά 2 log την 21^η ημέρα σε σχέση με τον αρχικό πληθυσμό (που κυμαινόταν περίπου στους 2 log cfu/g) και συνολικά κατά 4 log μέχρι την 50^η ημέρα ωρίμανσης, αποτέλεσμα αναμενόμενο δεδομένων των υψηλότερων θερμοκρασιών (πλησίον του 4 log cfu/g) και σχετικής υγρασίας σε σχέση με όσες προαναφέρθηκαν. Οι Campbell et al., 2001 (θ. 2°C και σχ. υγρασία 75%) και Li et al., 2014 (2,9°C), που χρησιμοποίησαν ολόκληρο το τεμάχιο ως δείγμα, παρουσίασαν επίσης σημαντική αύξηση της OMX, μετά από μία εβδομάδα ωρίμανσης κατά 2 με 3 log περίπου. Συγκεκριμένα, οι πρώτοι είχαν μεταβολή από 1,4 σε 3,3 log την 7^η ημέρα και στη συνέχεια 3,9 log (14^η ημέρα) και 3,3 log (21^η ημέρα), με την πρώτη όμως μόνο μεταβολή να είναι στατιστικώς σημαντική. Μάλιστα, έκτοτε ο πληθυσμός παρέμεινε σε σχετικώς σταθερά επίπεδα, ίσως λόγω των μη ευνοϊκών περιβαλλοντικών συνθηκών.

Αντιθέτως, οι Li et al., 2014 παρατήρησαν σημαντικές αυξήσεις τόσο στο λιπώδη ιστό (από 2,87 log cfu/cm² σε 5,22 την 8^η και 6,91 τη 19^η ημέρα) όσο και στο μυϊκό ιστό (από 2,57 log cfu/cm² σε 6,39 την 8^η και 8,75 τη 19^η ημέρα), με τη θερμοκρασία όμως να μην είναι πολύ αυξημένη συγκριτικά με την προηγούμενη περίπτωση ώστε να αιτιολογεί από μόνη της τη διαφορά αυτή.

Η αυξημένη OMX στην εξωτερική επιφάνεια του προϊόντος είναι δείκτης της υγιεινής του περιβάλλοντος αποθήκευσης αλλά και του ρυθμού αλλοίωσης του προϊόντος. Παρά τη σημαντική αύξηση της OMX στις ζώνες αποκοπής όμως, είδαμε ότι το τελικό προϊόν δεν επηρεάζεται αναλόγως. Με δεδομένο ότι οι συνθήκες ωρίμανσης ήταν ακριβώς οι ίδιες και με το ενδεχόμενο η εξωτερική ξηραμένη στρώση να λειτουργεί προστατευτικά για το κρέας στο εσωτερικό που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση (τελικό προϊόν), η αύξηση αυτή ανάγεται μόνο σε δείκτη υγιεινής του περιβάλλοντος, ενώ το τελικό προϊόν που διατίθεται προς κατανάλωση παραμένει ανεπηρέαστο.

3.1.2 *Enterobacteriaceae*

Η α' ύλη περιείχε υψηλό πληθυσμό *Enterobacteriaceae*, κατ' αντιστοιχία με την OMX, με 4,81 log cfu/g. Σε αντίστοιχες μελέτες, τα αποτελέσματα ήταν εξαιρετικά ετερογενή, με υψηλούς πληθυσμούς (7,3 log cfu/cm², Center for Meat Process Validation, 2006) αλλά και χαμηλούς (0,29 log cfu/cm² σε λιπώδη & <0,01 log cfu/cm² σε μυϊκό ιστό (Li et al., 2014) και 2,36 log cfu/g (Kahraman & Gurbuz, 2019).

Ο πληθυσμός των *Enterobacteriaceae* στο τελικό προϊόν ακολούθησε περίπου την ίδια πορεία με εκείνη της OMX, καθότι υπήρξε μείωση σε όλες τις ημέρες ωρίμανσης που εξετάστηκε συγκριτικά με την α' ύλη (4,81 log cfu/g) αλλά και συγκριτικά με την αμέσως προηγούμενη μέτρηση. Σημαντική ήταν η μείωση την 30^η ημέρα (3,45 log cfu/g), ενώ στις ημέρες που ακολούθησαν δεν υπήρξε σημαντική μεταβολή (Διάγραμμα 1).

Για τον πληθυσμό των *Enterobacteriaceae*, λίγα είναι τα διαθέσιμα δεδομένα μέχρι στιγμής. Αύξηση κατά την 21^η ημέρα ανέφεραν οι Kahraman & Gurbuz, 2019 σε 3,81 log cfu/g, ενώ την 28^η ο πληθυσμός περιορίστηκε (3,31 log cfu/g), αποτελέσματα όμως που δεν είχαν στατιστική σημασία, ενώ υπάρχουν και δεδομένα που υποστηρίζουν τη μείωση των εντεροβακτηριοειδών κατά 2,4 log σε 6 μόλις ημέρες ξηρής ωρίμανσης και συγκεκριμένα από 7,4 σε 4,9 log cfu/cm² (Center for Meat Process Validation, 2006).

Ομοίως με το τελικό προϊόν, τα *Enterobacteriaceae* ακολούθησαν και στις ζώνες αποκοπής την πορεία της OMX. Συγκεκριμένα, ο πληθυσμός τους δεν υπέστη σημαντική μεταβολή την 21^η ημέρα (5,11 log cfu/g), αλλά αυξήθηκε σημαντικά την 30^η (7,69 log cfu/g) και ακολούθησε κατά τις επόμενες ημέρες σχετικά σταθερή πορεία, όπως φαίνεται στον Πίνακα 5. Οι Li et al., 2014 παρατήρησαν επίσης σημαντικές αυξήσεις της τάξης των 2 με 5 log περίπου από την πρώτη ημέρα μέχρι τη 19^η, ανάλογα τον ιστό (από 0,29 σε 2,1 log cfu/cm² στο λιπώδη και από <0,01 σε 5,35 log cfu/cm² στο μυϊκό).

Η μέτρηση των *Enterobacteriaceae* αποτελεί μια αποτελεσματική μέθοδο για την αξιολόγηση του περιβάλλοντος, όπως οι επιφάνειες επαφής στο εσωτερικό του θαλάμου. Οι μεταβολές τους στο τελικό προϊόν και στις ζώνες αποκοπής προσομοιάζουν εκείνες της OMX και με την αύξησή τους στα σημεία που έρχονται σε επαφή με το περιβάλλον

(εξωτερικές ζώνες), επιβεβαιώνεται η χρήση τους ως δείκτες της υγιεινής του περιβάλλοντος. Δεδομένης της αύξησης της OMX με τον ίδιο τρόπο, τα αποτελέσματα των *Enterobacteriaceae* αποτελούν ένδειξη για σύσταση για βελτίωση της υγιεινής των χειρισμών και του περιβάλλοντος, που φαίνεται ότι αποτελεί πηγή επιμόλυνσης για το προϊόν, σε συνδυασμό με την καλύτερη μικροβιολογική εικόνα του τελικού προϊόντος σε όλα τα στάδια της ωρίμανσης που αυτή εξετάστηκε.

3.1.3 Οξυγαλακτικά βακτήρια

Συγκριτικά με άλλες μελέτες, οι πληθυσμοί των οξυγαλακτικών βακτηρίων στην α' ύλη της παρούσας ήταν ιδιαίτερα αυξημένη (4,36 log cfu/g), με εξαίρεση την περίπτωση των Kahraman & Gurbuz, 2019 (5,79 log cfu/g), όπου κυμαινόταν σε ακόμη μεγαλύτερα επίπεδα. Στις άλλες περιπτώσεις υπήρχαν πληθυσμοί στα 3 log cfu/cm² (Ahnstrom et al., 2006), 1,4 log (Campbell et al., 2001), 0,47 και 0,06 log cfu/cm² σε τεμάχια με και άνευ οστού αντίστοιχα (DeGeer et al., 2009), 0,11 και <0,01 log cfu/cm² σε λιπώδη και μυϊκό ιστό αντίστοιχα (Li et al., 2014) και μηδενικός ήταν ο πληθυσμός σύμφωνα με τους Ryu et al., 2018.

Την 21^η ημέρα ωρίμανσης, παρατηρήθηκε σημαντική πτώση του αρχικού πληθυσμού των οξυγαλακτικών βακτηρίων (από 4,36 σε 2,53 log cfu/g) στο τελικό προϊόν, ενώ παρόμοιοι ήταν οι πληθυσμοί την 30^η, την 50^η και την 60^η ημέρα ωρίμανσης (2,62, 2,92 και 2,83 log cfu/g αντίστοιχα). Προσωρινή αλλά σημαντική αύξηση κατά 1 log υπήρξε την 40^η ημέρα (3,86 log cfu/g), οπότε και ο πληθυσμός των οξυγαλακτικών προσέγγισε τα επίπεδα της α' ύλης. Οι DeGeer et al., 2009 δεν παρατήρησαν σημαντική μεταβολή των πληθυσμών των οξυγαλακτικών μέχρι την 28^η ημέρα (από 0,47 σε 1,34 log cfu/cm² και από 0,06 σε 1,1 log cfu/cm² στα τεμάχια με και άνευ οστού αντίστοιχα), ενώ το ίδιο ανέφεραν και οι Kahraman & Gurbuz, 2019, με τις τιμές τους να καταγράφουν μη σημαντικές αυξομειώσεις (από 5,79 log στην α' ύλη σε 4,86, 5,22, 5,65 και 6,5 log cfu/g τις ημέρες 7, 14, 21 και 28 αντίστοιχα).

Στις ζώνες αποκοπής, οι πληθυσμοί που καταμετρήθηκαν καθ' όλη τη διάρκεια της ωρίμανσης, δεν παρουσίασαν καμία σημαντική μεταβολή μεταξύ των διαφορετικών ημερών ξηρής ωρίμανσης, αλλά κυμαινόταν σε επίπεδα περίπου κατά 1 log πάνω από τον πληθυσμό της α' ύλης. Την 21^η ημέρα ο πληθυσμός ήταν 5,48 log cfu/g και στη συνέχεια παρατηρήθηκε μικρή σταδιακή πτώση μέχρι και την 60^η ημέρα (5,15 την 30^η, 5,28 την 40^η, 5,00 την 50^η και 4,87 την 60^η). Μικρότερη αύξηση σε απόλυτους αριθμούς ανέφεραν οι Campbell et al., 2001, όπου ο πληθυσμός αυξήθηκε κατά 0,6 log από την ημέρα 0 (1,4 log) μέχρι την ημέρα 21 (2 log). Ωστόσο, οι Ahnstrom et al., 2006 και Li et al., 2014 διαπίστωσαν σημαντική αύξηση των οξυγαλακτικών κατά 2,5 - 3 log, την 14^η (από 3 σε 5,5 log cfu/cm² στο μυϊκό ιστό) και την 19^η ημέρα ξηρής ωρίμανσης (από <0,01 σε 3,2 log cfu/cm² στο μυϊκό ιστό) αντιστοίχως. Οι Ryu et al., 2018, τέλος, κατέγραψαν ακόμα μεγαλύτερη αύξηση, αφού κατά την 50^η ημέρα ανέφεραν αύξηση κατά 6 log (από αρχικό μηδενικό πληθυσμό), ενώ σε περαιτέρω έρευνα διαπιστώθηκε η συνολική κυριαρχία των οξυγαλακτικών μέχρι την 30^η ημέρα ωρίμανσης (άνω του 50% του συνολικού βακτηριακού πληθυσμού) (Ryu et al., 2020). Ωστόσο, στην τελευταία μελέτη, αναφέρθηκε ότι η μείωσή τους με την πάροδο των ημερών ωρίμανσης είναι ένα πιθανό σενάριο και μπορεί να συμβεί λόγω της αλληλεπίδρασης με άλλους βακτηριακούς πληθυσμούς. Συγκεκριμένα, έχει αναφερθεί η περίπτωση της *Pseudomonas psychrophila*,

παθογόνου με παρουσία στον ανθρώπινο γαστρεντερικό σωλήνα, η οποία αυξάνεται κατά την ωρίμανση και συμβάλλει στη μείωση των οξυγαλακτικών, πορεία αντίστοιχη με τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας.

Λίγες είναι οι αναφορές ως προς τη σημασία των οξυγαλακτικών βακτηρίων στο κρέας, με κυριότερη τη συνεισφορά στη γεύση του τελικού προϊόντος (Ryu et al., 2018). Τα οξυγαλακτικά συνήθως χρησιμοποιούνται ως καλλιέργειες εκκινητές σε άλλα προϊόντα, προσδίδοντας όξινο χαρακτήρα στη γεύση και αίσθηση λιπαρού στόματος στον καταναλωτή, ενώ συμβάλλουν στην αναστολή της ανάπτυξης παθογόνων βακτηρίων μέσω των βακτηριοσινών (Ryu et al., 2020). Με βάση τα παραπάνω δεδομένα, συμπεραίνουμε τη συγκριτικά εντονότερη παρουσία οξυγαλακτικών βακτηρίων κατά την 40^η ημέρα της ξηρής ωρίμανσης στο τελικό προϊόν, με τα αντίστοιχα πλεονεκτήματα που αυτά προσφέρουν. Μάλιστα, την 40^η ημέρα παρατηρήθηκε ο μεγαλύτερος πληθυσμός οξυγαλακτικών και στις ζώνες αποκοπής.

3.1.4 Ζύμες – Μύκητες

Σε αντίθεση με τους βακτηριακούς πληθυσμούς, οι ζύμες και οι μύκητες έδειξαν περισσότερο ξεκάθαρη αυξητική τάση, τόσο μεταξύ των διαδοχικών μετρήσεων, όσο και συγκριτικά με την α' ύλη με την πάροδο των ημερών ωρίμανσης (Διάγραμμα 1). Στην α' ύλη ο πληθυσμός ήταν 3,79 log cfu/g. Με ανάλογο πληθυσμό ξεκίνησαν οι πειραματισμοί και των Kahraman & Gurbuz, 2019 (3,99 log cfu/g), ωστόσο στις περισσότερες περιπτώσεις οι πληθυσμοί είναι πολύ χαμηλότεροι. Οι Ahnstrom et al., 2006 στην α' ύλη είχαν μετρήσει λιγότερες από 1,5 log cfu/cm² ζύμες και 0,3 log cfu/cm² μύκητες, οι Li et al., 2014 κατέγραψαν μύκητες 0,41 και 0,11 log cfu/cm² για λιπώδη και μυϊκό ιστό αντίστοιχα και ζύμες 1,29 και 0,86 log cfu/cm² για λιπώδη και μυϊκό ιστό αντίστοιχα, ενώ οι Ryu et al., 2018 είχαν αρχικά μηδενικούς πληθυσμούς.

Στο τελικό προϊόν, υπήρχε σημαντική αύξηση (4,76 log cfu/g) στις 21 ημέρες, μείωση (3,48 log cfu/g) στις 30 ημέρες, αλλά ακόμα μεγαλύτερη αύξηση ακολούθως στις 40 και 50 ημέρες (6,43 και 6,40 log cfu/g αντίστοιχως) όπου ο πληθυσμός παρέμεινε σε σταθερά επίπεδα και ακολούθησε μικρή πτώση, χωρίς στατιστικά σημαντική διαφορά (P>0,05) (5,69 log cfu/g) κατά την 60^η ημέρα. Σε σχέση με την α' ύλη, η μέγιστη αύξηση του πληθυσμού των ζυμών-μυκήτων παρατηρήθηκε την 40^η ημέρα (περίπου 2,5 log cfu πάνω) και δεν ελαττώθηκε με την παράταση της ωρίμανσης μέχρι την 60^η ημέρα. Μέχρι τις 28 ημέρες ωρίμανσης οι DeGeer et al., 2009 και Kahraman & Gurbuz, 2019 παρατήρησαν επίσης αύξηση των ζυμών και μυκήτων, χωρίς στατιστικά σημαντική διαφορά (P>0,05). Οι Ahnstrom et al., 2006, που μελέτησαν ξεχωριστά τις ζύμες και τους μύκητες, κατέγραψαν την 21^η ημέρα ωρίμανσης πληθυσμούς ζυμών 3,9 και 5,2 log cfu/cm² σε λίπος και άπαχο κρέας αντίστοιχα, που ήταν σημαντικά αυξημένοι συγκριτικά με τον πληθυσμό στην α' ύλη (<1,5 log cfu/cm²), ενώ δεν ανέφεραν κάποια μεταβολή για τους μύκητες.

Στις ζώνες αποκοπής, η αύξηση ήταν ξεκάθαρη στην πορεία της ξηρής ωρίμανσης. Ξεκινώντας από την 21^η ημέρα (6,43 log cfu/g), και με τάση σημαντικής αύξησης την 30^η (7,46 log cfu/g), παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση (P<0,05) κατά την 40^η (7,99 log cfu/g) και σταθερότητα έκτοτε μέχρι το τέλος (8,11 και 8,08 log cfu/g τις ημέρες 50 και 60 αντίστοιχα) (Διάγραμμα 1). Από την αρχή της ωρίμανσης μέχρι την 60^η ημέρα

παρατηρήθηκε συνολικά μία αύξηση των ζυμών-μυκήτων κατά 4 log, αποτέλεσμα που συμφωνεί απόλυτα με το αντίστοιχο των Ryu et al., 2018 για 50 ημέρες ξηρής ωρίμανσης. Μάλιστα οι πληθυσμοί στις 50 ημέρες ωρίμανσης μεταξύ της παρούσας έρευνας και εκείνης των Ryu et al., 2018 είναι παρόμοιοι (8,11 log cfu/g με ~7 log cfu/g). Επιπλέον, οι Li et al., 2014 ανέφεραν ελάχιστη αύξηση των μυκήτων στο κρέας την 19^η ημέρα (αν και θεωρητικά σημαντική) με τελικό πληθυσμό 0,72 log cfu/cm², αλλά μεγάλη αύξηση των ζυμών στο ίδιο διάστημα, κατά 3 και 5 log για το λίπος και το κρέας αντιστοίχως. Άξιο παρατήρησης ήταν το γεγονός ότι συγκριτικά με την α' ύλη, στην πρώτη ακόμη μέτρηση που πραγματοποιήθηκε (21^η ημέρα), οι ζύμες και οι μύκητες αυξήθηκαν κατά 2,5 log περίπου, ενώ μέχρι το τέλος της ωρίμανσης (60^η ημέρα), ο αρχικός πληθυσμός του προϊόντος είχε υπερδιπλασιαστεί.

Οι ζύμες και οι μύκητες σε τόσο υψηλούς πληθυσμούς έχουν σημαντική επίδραση, θετική και αρνητική, σε οποιοδήποτε προϊόν και το ίδιο ισχύει και για το βόειο κρέας ξηρής ωρίμανσης. Η ευεργετική ή βλαβερή τους επίπτωση εξαρτάται από το είδος των ζυμών και μυκήτων που υπάρχουν κάθε φορά.

Πιθανή είναι η παρουσία δυνητικά παθογόνων ζυμών ή μυκήτων (π.χ. *Candida* sp., *Cladosporium* sp.), που έχουν όντως βρεθεί σε κρέας ξηρής ωρίμανσης περί τις 25 ημέρες, για να εξαφανιστούν ωστόσο με την αύξηση του διαστήματος της ωρίμανσης στις 60 περίπου ημέρες. Η σημαντικότητά τους έγκειται στην ικανότητά τους να επικρατούν στο περιβάλλον που βρίσκονται και στις πιθανές τοξικές τους ιδιότητες, χωρίς ωστόσο να έχουν αναφερθεί ανάλογα περιστατικά για προϊόντα ξηρής ωρίμανσης (Ryu et al., 2018). Στα θετικά, σε κρέας ξηρής ωρίμανσης, με την πάροδο της περιόδου της διαδικασίας (τουλάχιστον 40 ημέρες), έχουν ανιχνευτεί σε ικανές ποσότητες, μύκητες οι οποίοι χρησιμοποιούνται στην παραγωγή τυριών τύπου Camembert (*Penicillium camemberti* και *Debaryomyces hansenii*) (Lessard et al., 2012). Οι μύκητες αυτοί είναι οι κύριοι υπεύθυνοι για την πρόσδοση ιδιαίτερων οργανοληπτικών χαρακτηριστικών στα γαλακτοκομικά προϊόντα, και επιπλέον ο *D. hansenii* χρησιμοποιείται στα πλαίσια της στρατηγικής για την παραγωγή πτητικών ουσιών (Breuer & Harms, 2006) και τη βελτίωση του αρώματος των τροφίμων ζωικής προέλευσης (Flores et al., 2017). Καθώς η ξηρή ωρίμανση προσδίδει στο προϊόν μία γλυκιά τυρένια οσμή και αντίστοιχη βελτίωση της γεύσης, το εύρημα σχετικά με τους παραπάνω μύκητες συμβάλλει σημαντικά στην κατανόηση του τρόπου που επιτελείται η οργανοληπτική βελτίωση στο βόειο κρέας εξαιτίας της ξηρής ωρίμανσης. Συνεπώς η ταυτοποίηση των ζυμών και μυκήτων στα δείγματα βόειου κρέατος ξηρής ωρίμανσης θα συνέβαλλε σημαντικά σε συμπεράσματα σε σχέση με το είδος των ζυμών και μυκήτων στις συνθήκες που διεξάχθηκε η παρούσα μελέτη.

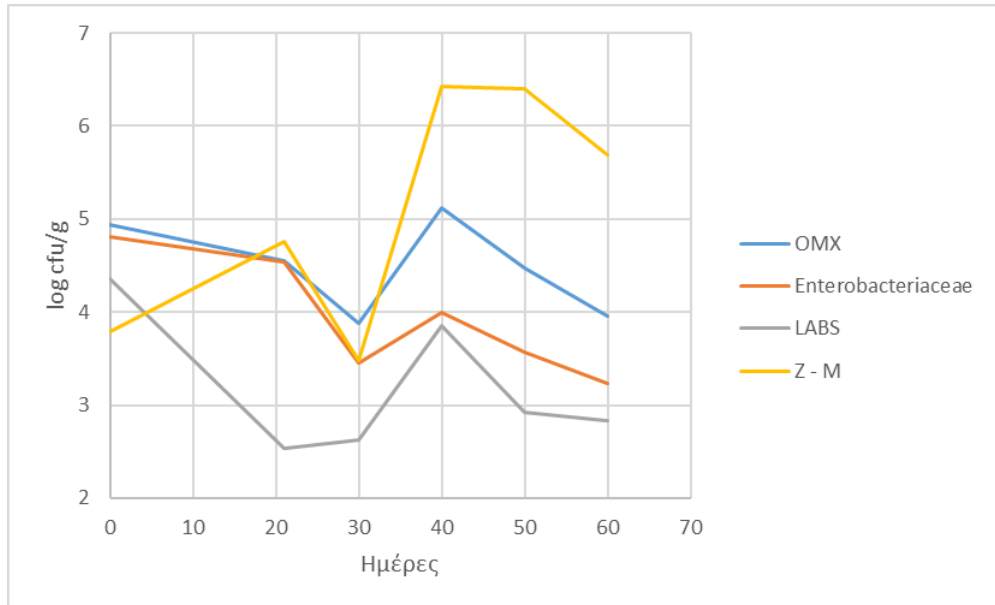
3.1.5 *Salmonella* spp

Η μικροβιολογική ανάλυση των δειγμάτων κατέδειξε την απουσία *Salmonella* spp καθ' όλη τη διάρκεια της ωρίμανσης το βόειου κρέατος, γεγονός που διασφαλίζει το προϊόν ως προς την ασφάλειά του, σύμφωνα με τα καθορισμένα νομοθετικά κριτήρια.

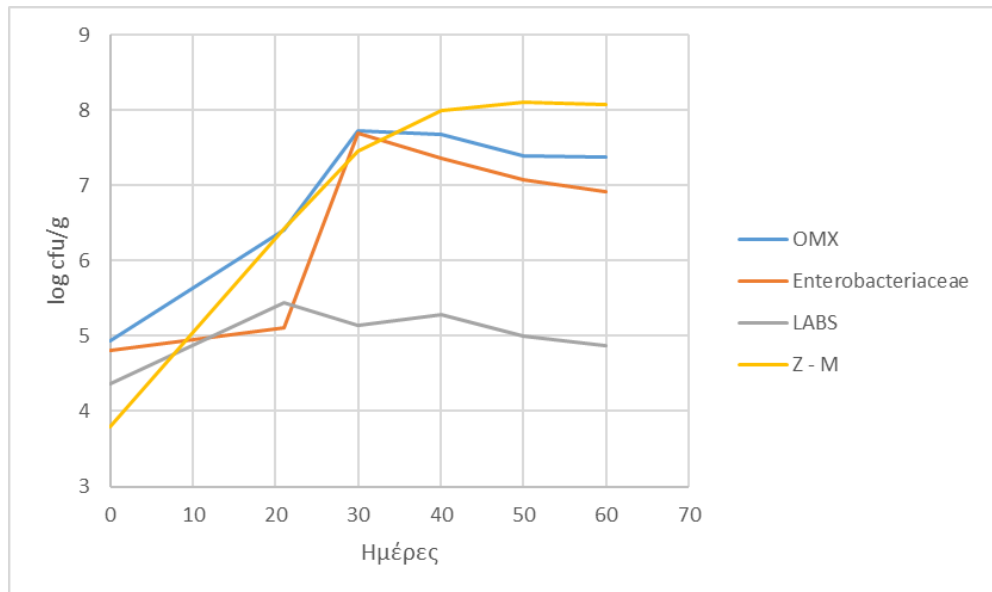
Πίνακας 3. Πληθυσμοί της Ολικής Μεσόφιλης Χλωρίδας (OMX), των οξυγαλακτικών βακτηρίων (LAB), των *Enterobacteriaceae* και των ζυμών και μυκήτων κατά τη διάρκεια ξηρής ωρίμανσης βόειου κρέατος (Μέσος όρος ± Τυπική απόκλιση).

	Πληθυσμοί (log cfu/g)					
	Ημέρες ωρίμανσης					
	0	21	30	40	50	60
Τελικό προϊόν						
OMX	4,94±0,78 ^{α,γ}	4,56±0,06 ^α	3,86±0,18 ^β	5,11±0,16 ^γ	4,48±0,04 ^α	3,96±0,31 ^β
LAB	4,36±0,66 ^{α,γ}	2,53±0,24 ^β	2,62±0,32 ^β	3,86±0,21 ^γ	2,92±0,17 ^β	2,83±0,71 ^β
<i>Enterobacteriaceae</i>	4,81±0,78 ^α	4,54±0,03 ^α	3,45±0,29 ^β	4,00±0,48 ^β	3,57±0,40 ^β	3,23±0,56 ^β
Ζύμες-Μύκητες	3,79±0,55 ^α	4,76±0,31 ^β	3,48±0,29 ^α	6,43±0,74 ^γ	6,40±0,37 ^γ	5,69±0,16 ^γ
Ζώνη αποκοπής						
OMX	-	6,41±0,21 ^α	7,72±0,60 ^β	7,68±0,35 ^β	7,40±0,14 ^β	7,38±0,15 ^β
LAB	-	5,48±0,97 ^α	5,15±0,54 ^α	5,28±0,53 ^α	5,00±0,27 ^α	4,87±0,20 ^α
<i>Enterobacteriaceae</i>	-	5,11±0,08 ^α	7,69±0,25 ^β	7,36±0,25 ^β	7,08±0,24 ^{β,γ}	6,91±0,10 ^γ
Ζύμες-Μύκητες	-	6,43±0,94 ^α	7,46±0,57 ^{α,β}	7,99±0,46 ^β	8,11±0,56 ^β	8,08±0,47 ^β

^{α,β,γ} = Μέσοι όροι στην ίδια γραμμή με διαφορετικό εκθέτη διαφέρουν σημαντικά (P<0,05).



(A)



(B)

Διάγραμμα 1. Μεταβολή των πληθυσμών των υπό εξέταση μικροοργανισμών κατά τη διάρκεια ξηρής ωρίμανσης βόειου κρέατος (A) στο τελικό προϊόν και (B) στη ζώνη αποκοπής.

3.2 Τιμή pH

Μετά τη σφαγή, το pH του βόειου κρέατος μειώνεται σε τιμές κάτω του 5,8, οι οποίες λόγω της ρυθμιστικής ιδιότητας των πρωτεϊνών του, διατηρούνται σε σχετικά σταθερά επίπεδα. Ωστόσο, τα επίπεδα αυτά δύνανται να αυξηθούν παρουσία βακτηρίων, τα οποία προσαρμόζουν το pH του τροφίμου σε τιμές που ευνοούν την ανάπτυξή τους. Οι μεταβολές του pH του κρέατος λοιπόν, εκτός από την επίδραση στη γεύση, το χρώμα και την υφή (σημαντικός δείκτης ποιότητας του κρέατος), καταδεικνύουν και μικροβιολογικούς κινδύνους για το προϊόν, εφ' όσον η τιμή του 5,8 ξεπεραστεί (Węglarz, 2010).

Η τιμή του pH του τελικού προϊόντος δεν επηρεάστηκε σημαντικά κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης μέχρι την 40^η ημέρα, ενώ στατιστικά σημαντική διαφορά ($P < 0,05$) διαπιστώθηκε κατά την 60^η ημέρα (Πίνακας 4). Οι μη σημαντικές μεταβολές στην τιμή του pH και η αύξηση του την 60^η ημέρα πιθανόν να σχετίζονται με την παραγωγή γαλακτικού και οξικού οξέος από τα οξυγαλακτικά βακτήρια και την ανάπτυξη ζύμων-μυκήτων που αντισταθμίζουν την αυξημένη οξύτητα και οδηγούν τελικά στην αύξηση στο pH (Lee et al., 2017).

Επίσης, με εξαίρεση την 60^η ημέρα, όλες οι υπόλοιπες τιμές του pH ήταν μικρότερες του 5,8, τιμή πάνω από την οποία θα υπήρχε υποβάθμιση της ποιότητας του κρέατος (Kahraman & Gurbuz, 2019). Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με προηγούμενες μελέτες για τις 21 ημέρες, όπου η τιμή του pH βρέθηκε 5,7 σε φιλέτο άνευ οστού (Ahnstrom et al., 2006), 5,53 σε φιλέτο (*longissimus lumborum*) (Kim et al., 2016) και 5,68 στο ίδιο τεμάχιο (Kahraman & Gurbuz, 2019), και τις 28 ημέρες, με τιμές 5,49 σε φιλέτο (DeGeer et al., 2009) και 5,52, 5,57 και 5,63 ανάλογα με το τεμάχιο που χρησιμοποιήθηκε για τη διαδικασία της ωρίμανσης (rump, sirloin και butt αντίστοιχα) (Kim et al., 2019), ενώ οι Li et al., 2014 έδειξαν στατιστικά σημαντική αύξηση του pH από την 8^η (5,58) μέχρι τη 19^η (5,63) ημέρα ωρίμανσης τεμαχίου *longissimus*, με την τελική τιμή ωστόσο να παραμένει εντός του παραπάνω ορίου. Βέβαια, η διαφορά αυτή, όντας της τάξεως του 0,05, δε συνιστά σημαντικό παράγοντα για τη διαμόρφωση του οργανοληπτικού χαρακτήρα του τελικού προϊόντος (DeGeer et al., 2009, Li et al., 2014). Ομοίως, η στατιστικώς σημαντική αύξηση της τιμής του pH στην παρούσα μελέτη κατά την 60^η ημέρα ωρίμανσης ήταν παραπλήσια, της τάξεως του 0,08, και συνεπώς η επίδραση του pH σε τυχόν οργανοληπτικές μεταβολές του τελικού προϊόντος κατά την ημέρα αυτή θεωρείται αμελητέα. Επιπλέον, αν και εντός των αποδεκτών ορίων, οι παραπάνω διαφορές στις τιμές του pH είναι υπαρκτές και ενδεχομένως να οφείλονται στο γεγονός ότι αφορούν σε διαφορετικές κοπές του βόειου κρέατος.

Το pH στις ζώνες αποκοπής παρέμεινε επίσης ανεπηρέαστο μέχρι την 30^η ημέρα και παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση κατά την 40^η και την 50^η ημέρα σε σχέση με τις προηγούμενες μετρήσεις ($P < 0,05$, Πίνακας 4), ενώ κατά την 60^η ημέρα ωρίμανσης υπήρξε πτώση της τιμής του κοντά στις αρχικές τιμές. Σε αντίθεση με το τελικό προϊόν, όπου η στατιστικά σημαντική αύξηση δε θεωρήθηκε ότι επηρεάζει τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά λόγω της μικρής της απόλυτης τιμής (αύξηση κατά 0,08), στις ζώνες αποκοπής, οι σημαντικές αυξήσεις των ημερών 40 και 50, αντανakλούν μεγαλύτερη αριθμητική αύξηση του pH (περίπου κατά 0,2). Η υπέρβαση της τιμής του 5,8 κατά τις ημέρες αυτές, αποτελεί έναν ακόμη ευνοϊκό παράγοντα ανάπτυξης βακτηρίων στις ζώνες

αποκοπής, οι πληθυσμοί όλων εκ των οποίων εξετάστηκαν ήταν πολύ μεγαλύτεροι από τους αρχικούς (α' ύλη).

Πίνακας 4. Τιμή του pH κατά τη διάρκεια ξηρής ωρίμανσης βόειου κρέατος (Μέσος όρος \pm Τυπική απόκλιση).

Τιμή pH	Ημέρες ωρίμανσης					
	0	21	30	40	50	60
Τελικό προϊόν	5,72 \pm 0,02 ^α	5,73 \pm 0,02 ^α	5,76 \pm 0,01 ^α	5,71 \pm 0,02 ^α	5,78 \pm 0,02 ^α	5,86 \pm 0,01 ^β
Ζώνη αποκοπής	-	5,78 \pm 0,01 ^α	5,83 \pm 0,02 ^α	6,03 \pm 0,02 ^β	6,01 \pm 0,03 ^β	5,82 \pm 0,02 ^α

^{α,β} = Μέσοι όροι στην ίδια γραμμή με διαφορετικό εκθέτη διαφέρουν σημαντικά (P<0,05).

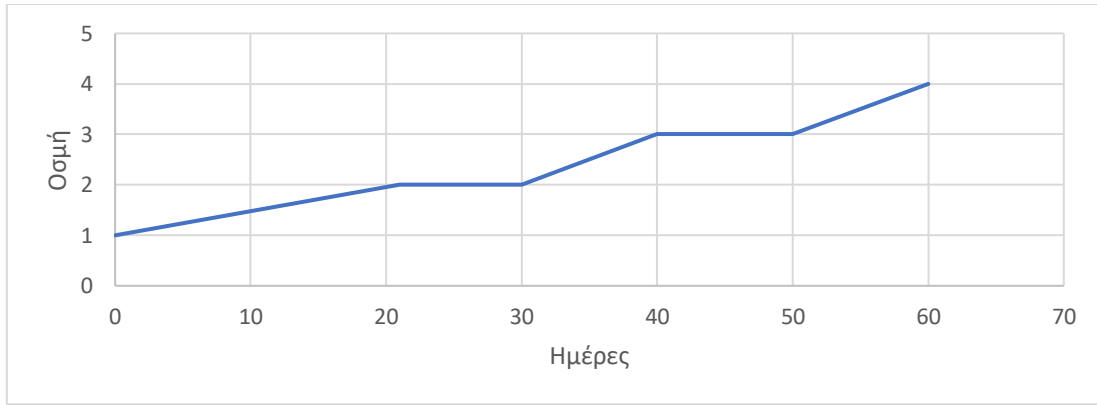
3.3 Οσμή

Στο Διάγραμμα 2 παρουσιάζεται η μεταβολή της οσμής στα δείγματα κατά τη διάρκεια της διαδικασίας της ξηρής ωρίμανσης. Δε διαπιστώθηκε διακύμανση στη βαθμολογία των εξεταστών κατά την εκτίμηση της οσμής στα υπό εξέταση δείγματα.

Όπως φαίνεται και στο διάγραμμα, με την πάροδο της περιόδου ωρίμανσης έχουμε σταθερή αύξηση της βαθμολογίας στην κλίμακα αξιολόγησης, δηλαδή ολοένα και μεγαλύτερη απόκλιση της οσμής του προϊόντος από τη φυσιολογική. Πιο συγκεκριμένα, κατά τις ημέρες 21 και 30 η οσμή ήταν στο 2, ενώ την 40^η και 50^η ημέρα αξιολογήθηκε στο 3. Την 60^η και τελευταία ημέρα δειγματοληψίας, η βαθμολογία ήταν 4. Η βαθμολογία αυτή είναι η πρώτη και μοναδική που χαρακτηρίζεται ως μη αποδεκτή, σύμφωνα με τα κριτήρια που τέθηκαν στην αρχή του πειράματος.

Οι Lepper-Billie et al., 2012 χαρακτήρισαν την οσμή στις 14 ημέρες με τη βαθμολογία 2, ενώ αυτή αυξήθηκε στο 4,2 κατά την 49^η ημέρα ωρίμανσης, τόσο για τεμάχια με οστό, όσο και άνευ οστού. Οι Li et al., 2014 χαρακτήρισαν την οσμή κατά την 8^η ημέρα ως φυσιολογική (βαθμολογία 1) ενώ κατά τη 19^η ημέρα η βαθμολογία ήταν στο 4. Η ταχύτητα με την οποία η οσμή στη δεύτερη περίπτωση έφτασε στα επίπεδα της πρώτης ήταν πολύ μεγαλύτερη. Αυτό θα ήταν λογικό σε περίπτωση μεγαλύτερης θερμοκρασίας εντός του θαλάμου ωρίμανσης στην εργασία των Li et al., 2014 αφού έτσι επιταχύνεται η διαδικασία ωρίμανσης. Ωστόσο ενώ η θερμοκρασία ήταν στους 5,1°C στους Li et al., 2014 δεν υπάρχουν διαθέσιμα αντίστοιχα δεδομένα για τους Lepper-Billie et al., 2012 για τη σύγκριση.

Στην παρούσα εργασία, η βαθμολογία αυξήθηκε σε διάστημα 60 ημερών από το 1 στο 4, με τη θερμοκρασία να κυμαίνεται στους 1±1°C, ενώ στην εργασία των Li et al., 2014, παρατηρήθηκε το ίδιο βαθμολογικό άλμα σε διάστημα μόλις 11 ημερών και με θερμοκρασία περίπου 5,1°C. Όπως είναι γνωστό, η αυξημένη θερμοκρασία κατά την ξηρή ωρίμανση, αν και επιταχύνει τις ενζυμικές διεργασίες που επιφέρουν βελτίωση της γεύσης και της οσμής, ταυτόχρονα αυξάνει το ρυθμό της μικροβιακής ανάπτυξης, γεγονός που επιφέρει το αντίθετο ακριβώς αποτέλεσμα. Η ποσοτικοποίηση της οσμής στις δύο παραπάνω περιπτώσεις, με τα θερμοκρασιακά δεδομένα που συνοδεύονται αντιστοίχως, επιβεβαιώνει ακριβώς αυτό, τη σημασία της θερμοκρασίας στη διατήρηση της ποιότητας της οσμής. Οι μειωμένες θερμοκρασίες καθυστερούν το μικροβιακό πολλαπλασιασμό και άρα τις μη αποδεκτές οσμές και αυτός είναι ο λόγος που προτείνονται για τη διαδικασία της ωρίμανσης, ειδικά σε αυξημένες περιόδους (Ahnstrom et al. 2006, Savell 2008, Smith et al. 2008, AMPC & MLA 2010, Perry 2012, Dashdorj et al. 2016).



Διάγραμμα 2. Μεταβολή της οσμής βόειου κρέατος κατά τη διάρκεια ξηρής ωρίμανσης. Αξιολόγηση σε 5-βάθμια κλίμακα 1 (φυσιολογική οσμή) έως 5 (άσχημη οσμή).

3.4 Απώλειες βάρους

Όπως φαίνεται από τα αποτελέσματα του Πίνακα 5, οι απώλειες βάρους που οφείλονται στην ωρίμανση αυξάνονται με την αύξηση στη διάρκεια ωρίμανσης. Συγκριτικά με την 21^η ημέρα, κατά την οποία έγινε η πρώτη καταγραφή των απωλειών (12,19%), υπήρξε σχετική αύξηση κατά την 30^η ημέρα (15,64%) και ακολούθως σημαντική και σταθερή αύξηση αυτών κατά την 40^η (18,89%), 50^η (21,89%) και 60^η ημέρα (24,60%). Η μέγιστη διαφορά στην απώλεια βάρους λόγω ωρίμανσης παρατηρήθηκε μεταξύ της 21^{ης} και της 60^{ης} ημέρας, η οποία ήταν σχεδόν ίση με την απώλεια που παρατηρήθηκε κατά την 21^η ημέρα σε σχέση με το αρχικό βάρος του προϊόντος (περίπου 12%). Συγκριτικά με άλλες μελέτες, περίπου στις 21 ημέρες ξηρής ωρίμανσης έχουν παρατηρηθεί επίσης σημαντικές απώλειες βάρους λόγω ωρίμανσης. Τα επίπεδα απώλειας την ημέρα αυτή ήταν 10,2% (Ahnstrom et al., 2006), 15,3% (Li et al., 2014) και 22,99% (Kahraman & Gurbuz, 2019), ενώ παρόμοιο αποτέλεσμα έχει καταγραφεί και σε χρονικό διάστημα 11 ημερών με 13,65% (Warren & Kastner, 1992). Ακόμα, οι DeGeer et al., 2009 έδειξαν τάση αύξησης των απωλειών από την 21^η μέχρι την 28^η ημέρα ωρίμανσης.

Όσον αφορά στις απώλειες βάρους λόγω της αποκοπής των εξωτερικών ζωνών για την παρασκευή του τελικού προϊόντος, παρατηρήθηκαν υψηλά ποσοστά κατά την 21^η και 30^η ημέρα ωρίμανσης (34,08% και 36,09% αντιστοίχως), τα οποία μειώθηκαν σημαντικά ($P < 0,05$) κατά την 40^η ημέρα (25,83%) και δεν παρουσίασαν άλλη σημαντική μεταβολή μέχρι και το τέλος της διαδικασίας (28,47% και 29,78% για τις ημέρες 50 και 60 αντίστοιχα). Τα υψηλά ποσοστά απωλειών στις 21 ημέρες παρατηρήθηκαν και από τους Ahnstrom et al., 2006 (17,9%), DeGeer et al., 2009 (27,3%) και Li et al., 2014 (29,9% τη 19^η ημέρα). Σημαντική αύξηση απωλειών κατά την 28^η ημέρα κατέγραψαν οι DeGeer et al., 2009 (30%). Οι Laster et al., 2008 εξετάζοντας διαφορετικά τεμάχια (ribeye, sirloin και striploin) ως προς τις απώλειες παρατήρησαν σημαντικές απώλειες λόγω αποκοπής σε όλα κατά τις ημέρες 14, 21 και 28. Ειδικά στο ribeye, που αντιστοιχεί στο τεμάχιο «μπριζόλες» που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα μελέτη οι απώλειες ήταν 16,8% τη 14^η ημέρα, 17,3% την 21^η ημέρα και 24,2% την 28^η ημέρα, ποσοστά μικρότερα συγκριτικά με της παρούσας έρευνας.

Καθότι σε διάστημα 21 ημερών από την έναρξη της ωρίμανσης, υπήρξε ισόποση απώλεια βάρους λόγω ωρίμανσης με τις επόμενες 40 ημέρες, χρονικό διάστημα διπλάσιο από το αρχικό, φαίνεται ότι ο ρυθμός απώλειας βάρους κατά τα πρώτα στάδια της ξηρής ωρίμανσης είναι πολύ μεγαλύτερος, σχεδόν διπλάσιος, συγκριτικά με τα μεταγενέστερα στάδια. Επίσης, ενώ οι απώλειες της αποκοπής κατά τις ημέρες 21 και 30 κυμαίνονταν σε σημαντικά υψηλά επίπεδα, στη συνέχεια αυτές περιορίστηκαν αρκετά.

Πράγματι, κατά τα αρχικά στάδια της ξήρανσης ενός τροφίμου, λόγω του λεπτού στρώματος της αρχικής επιφανειακής υγρασίας δημιουργείται τάση ατμών μεγαλύτερη από εκείνη της ατμόσφαιρας. Έτσι αποβάλλεται το ελεύθερο νερό του τροφίμου με ταχείς ρυθμούς αρχικά με το φαινόμενο της εξάτμισης. Τότε δημιουργείται η εξωτερική αποξηραμένη ζώνη (ζώνη αποκοπής), ενώ στο εσωτερικό του τροφίμου η υγρασία διατηρείται. Λόγω αυτού του φαινομένου, η διαδικασία από απλή εξάτμιση αλλάζει, καθότι οι αποξηραμένες ζώνες αποτελούν πλέον φυσικό εμπόδιο για την έξοδο του νερού από το τρόφιμο, με αποτέλεσμα τη μηχανική εμπόδιση της απομάκρυνσης περαιτέρω νερού κατά τα επόμενα στάδια ωρίμανσης. Έτσι, πρέπει να προηγηθεί η διάχυση της υγρασίας από το εσωτερικό προς την επιφάνεια του τροφίμου, και στη συνέχεια να

ακολουθήσει η εξάτμιση, μία διαδικασία πιο χρονοβόρα από την απλή εξάτμιση. Ως αποτέλεσμα, έχουμε τον ολοένα και πιο επιβραδυνόμενο ρυθμό απώλειας βάρους του προϊόντος λόγω εξόδου νερού (απώλειες ωρίμανσης), αλλά και τον επιβραδυνόμενο ρυθμό αύξησης της εξωτερικής αποξηραμένης ζώνης που στη συνέχεια θα αποκοπεί (απώλειες λόγω αποκοπής) (Γεωργάκης κ.α., 2002).

Παρά τον μειωμένο ρυθμό απώλειας βάρους λόγω ωρίμανσης μετά την 21^η ημέρα, οι απώλειες αυτές συσσωρεύονται και το ποσοστό απώλειας έχει αυξητική τάση με την πάροδο των ημερών ωρίμανσης. Επιπλέον, το ποσοστό που απομακρύνεται λόγω αποκοπής, αν και επίσης μειωμένο μετά την 30^η ημέρα, παραμένει σε υψηλά επίπεδα. Έτσι, συνολικά, οι απώλειες που υφίσταται το προϊόν μέχρι να καταλήξει στον καταναλωτή αυξάνονται, και με εξαίρεση την ημέρα 40 οπότε και παρατηρήθηκε το υψηλότερο ποσοστό απόδοσης σε τελικό προϊόν (55,28%), το τελευταίο χαρακτηρίζεται από πτωτική τάση. Συγκεκριμένα, η απόδοση σε τελικό προϊόν την ημέρα 21 ήταν 53,73%, την ημέρα 30 ήταν 48,27%, την ημέρα 50 ήταν 49,64% και την ημέρα 60 ήταν 45,62%. Συγκριτικά με τις πρώτες απώλειες που υπολογίστηκαν (ημέρα 21), σημαντική μείωση του ποσοστού απόδοσης σε τελικό προϊόν υπήρξε κατά την 30^η και την 60^η ημέρα, ενώ τάση σημαντικής μείωσης παρατηρήθηκε την 50^η ημέρα όπου το ποσοστό ήταν αριθμητικά αρκετά παραπλήσιο με το ποσοστό της 30^{ης} ημέρας.

Αποτελέσματα προηγούμενων μελετών εμφανίζουν μεγάλη ετερογένεια ως προς τα ποσοστά απόδοσης σε τελικό προϊόν κατά τις ίδιες ημέρες ωρίμανσης. Κατά την 21^η ημέρα, οι Laster et al., 2008 έδειξαν απόδοση 54,1% σε τεμάχια sirloin, ποσοστό που είναι το πλησιέστερο στο αντίστοιχο αποτέλεσμα της παρούσας μελέτης (53,53%). Επίσης κοντινές τιμές για την ίδια ημέρα παρουσίασαν οι ίδιοι για τα τεμάχια striploin (47%), οι Kim et al., 2016 (46,7%) και οι Li et al., 2014 (59,3% τη 19^η ημέρα). Άλλες μελέτες κατέγραψαν αποδόσεις της τάξης του 62% (DeGeer et al., 2009), του 66,7% για τεμάχια ribeye (Laster et al., 2008), του 72,1% για τεμάχια shortloin (Smith et al., 2008), του 77,01% (Kahraman & Gurbuz, 2019), ακόμη και του 88% (Parrish et al., 1991), επίσης για την 21^η ημέρα ωρίμανσης. Σημαντική μείωση των ποσοστών αυτών κατέγραψαν, κατά την 28^η ημέρα ξηρής ωρίμανσης οι Smith et al., 2008 (71,6%), οι Laster et al., 2008 για τα ribeye (63,5%) και οι DeGeer et al., 2009 (58,8%), ενώ δεν παρατηρήθηκε αντίστοιχη μείωση από τους Kahraman & Gurbuz, 2019 και Laster et al., 2008 για τα υπόλοιπα τεμάχια. Η μεγάλη ετερογένεια των αποτελεσμάτων οφείλεται στην εξέταση διαφορετικών κάθε φορά κοπών του βόειου κρέατος, με ανομοιογένεια στην ποσότητα του μυϊκού, λιπώδους και οστίτη ιστού.

Συνολικά, η απόδοση σε τελικό προϊόν, ανεξαρτήτως χρόνου ξηρής ωρίμανσης, είναι πολύ μειωμένη, με αποτέλεσμα τις αντίστοιχες οικονομικές επιπτώσεις στους λιανεμπόρους και την ανάλογη επίδραση στην τελική τιμή του προϊόντος.

Πίνακας 5. Επίδραση της διάρκειας ωρίμανσης στις απώλειες κατά την ξηρή ωρίμανση βόειου κρέατος (Μέσος όρος ± Τυπική απόκλιση).

Εξεταζόμενη παράμετρος	Ημέρες ωρίμανσης					
	0	21	30	40	50	60
Απώλειες βάρους κατά την ωρίμανση (%)	-	12,19±1,64 ^α	15,64±1,84 ^{α,β}	18,89±1,91 ^{β,γ}	21,89±2,02 ^{γ,δ}	24,60±1,58 ^δ
Απώλειες βάρους κατά την αποκοπή (%)	-	34,08±2,88 ^{α,γ}	36,09±2,61 ^α	25,83±1,98 ^β	28,47±2,33 ^β	29,78±2,88 ^{β,γ}
Απόδοση σε τελικό προϊόν (%)	-	53,73±2,78^{α,β}	48,27±1,94^γ	55,28±1,93^β	49,64±2,20^{α,γ}	45,62± 2,02^γ

^{α,β,γ,δ} = Μέσοι όροι στην ίδια γραμμή με διαφορετικό εκθέτη διαφέρουν σημαντικά ($P \leq 0,05$).

3.5 Συμπεράσματα

Από τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας, μπορούν να εξαχθούν ορισμένα συμπεράσματα για το βόειο κρέας ξηρής ωρίμανσης.

Από μικροβιολογικής άποψης, το βόειο κρέας ξηρής ωρίμανσης βρέθηκε ασφαλές καθώς δεν ανιχνεύθηκε *Salmonella* σε κανένα δείγμα μέχρι τις 60 ημέρες ωρίμανσης.

Οι πληθυσμοί της OMX και των *Enterobacteriaceae*, ως δείκτες της υγιεινής του προϊόντος αυξήθηκαν σημαντικά στην εξωτερική επιφάνεια του προϊόντος πριν την επεξεργασία του για διάθεση στον καταναλωτή (ζώνες αποκοπής) κατά την 30^η ημέρα (7,72 log cfu/g η OMX και 7,69 log cfu/g τα *Enterobacteriaceae*) και παρέμειναν έκτοτε σε παρόμοια υψηλά επίπεδα (χωρίς όμως περαιτέρω αύξηση). Η διαδικασία αποκοπής φαίνεται ότι πέρα από λόγους οργανοληπτικούς συμβάλει και στην μικροβιολογική ποιότητα του τελικού προϊόντος που διατίθεται στον καταναλωτή.

Καθότι δεν διαπιστώθηκε εμφάνιση αλλοιώσεων από την ανάπτυξη οξυγαλακτικών βακτηρίων, η σημαντική αύξησή τους την 40^η ημέρα στο τελικό προϊόν (3,86 log cfu/g) είναι δυνατό να συνοδεύεται από τα πλεονεκτήματα που αυτά προσδίδουν, ιδιαίτερα στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του προϊόντος.

Κατά την 30^η ημέρα ωρίμανσης, βρέθηκε ο χαμηλότερος πληθυσμός ζυμών και μυκήτων στο τελικό προϊόν (3,48 log cfu/g), ενώ ο μεγαλύτερος παρατηρήθηκε την 40^η (6,43 log cfu/g) και 50^η (6,40 log cfu/g). Η επίδρασή τους δύναται να είναι είτε ζημιογόνος, είτε ευεργετική, ανάλογα με το είδος. Ελλείψει ταυτοποίησης όμως, το παραπάνω δε δύναται να διαπιστωθεί. Παρόλα ταύτα, προηγούμενα δεδομένα τοποθετούν τις επικίνδυνες για την υγεία ζύμες-μύκητες στις πιο όψιμες ημέρες ωρίμανσης, ενώ έχει παρατηρηθεί η μείωσή τους σε μεταγενέστερους χρόνους της διαδικασίας. Επίσης, στις 40 ημέρες ωρίμανσης και άνω, έχουν ανιχνευτεί σε ικανές ποσότητες, μύκητες οι οποίοι συμβάλλουν στην ανάπτυξη των ιδιαίτερων οργανοληπτικών χαρακτηριστικών στο βόειο κρέας ξηρής ωρίμανσης, προσδίδοντας μία γλυκιά τυρένια οσμή και μία αντίστοιχη βελτίωση της γεύσης του τελικού προϊόντος. Έτσι, αν και οι αυξημένοι πληθυσμοί των ζυμών-μυκήτων φαίνεται εν πρώτοις να επιβαρύνουν ένα προϊόν, στην περίπτωση του βόειου κρέατος ξηρής ωρίμανσης αποτελούν σημαντικό παράγοντα προκειμένου να επιτευχθεί ο εν γένει στόχος της διαδικασίας αυτής, δηλαδή η εμφάνιση του χαρακτηριστικού οργανοληπτικού προφίλ του. Συνεπώς, οι 40 τουλάχιστον ημέρες ωρίμανσης, φαίνεται να διασφαλίζουν την ανάπτυξη τέτοιων ικανών πληθυσμών ζυμών και μυκήτων, σε συμφωνία και με τα δεδομένα προηγούμενων ερευνών.

Από ποιοτικής άποψης, οι μεταβολές στην τιμή του pH του τελικού προϊόντος δεν υποδεικνύουν ποιοτική υποβάθμισή του καθ' όλη τη διάρκεια της ωρίμανσης. Όλες οι τιμές κυμαίνονταν κάτω από το όριο του 5,8 πλην της 60^{ης} ημέρας όπου όμως η μικρή διαφορά δε συνιστά από μόνη της σημαντικό παράγοντα για τη διαμόρφωση του οργανοληπτικού χαρακτήρα του τελικού προϊόντος.

Η οσμή του προϊόντος γίνεται εντονότερη με την πάροδο των ημερών, ωστόσο ως μη αποδεκτή χαρακτηρίστηκε μόνο κατά την 60^η ημέρα. Έτσι, ενώ η μικροβιολογική ποιότητα του προϊόντος παραμένει αποδεκτή στο διάστημα αυτό της ωρίμανσης, η έντονα αλλαγμένη οσμή του μπορεί να επηρεάσει την αποδοχή του από τον καταναλωτή.

Τέλος, από οικονομικής άποψης, βρέθηκε ότι οι μικρότερες απώλειες βάρους για την παραγωγή του τελικού προϊόντος από την α' ύλη παρατηρούνται κατά την 40^η ημέρα ωρίμανσης, όπου βρέθηκε το μεγαλύτερο ποσοστό σε απόδοση σε τελικό προϊόν (55,28%), ενώ ακολουθείται από την 21^η ημέρα ωρίμανσης με κατά μόλις 1,45% μικρότερο ποσοστό απόδοσης. Αυξημένη απόδοση σε τελικό προϊόν συνεπάγεται ταυτόχρονα και μειωμένο κόστος για τον παραγωγό, γεγονός που δεν οδηγεί σε υπέρμετρη αύξηση της τιμής του προϊόντος και άρα το καθιστά πιο προτιμητέο από μεγαλύτερη ομάδα καταναλωτών.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, φαίνεται ότι η ξηρή ωρίμανση για 40 ημέρες, σε θερμοκρασία $1\pm 1^{\circ}\text{C}$, με σχετική υγρασία $75\pm 5\%$ και ταχύτητα ροής αέρα 1 m/s που διεξήχθη η παρούσα έρευνα, πληροί σε ικανοποιητικό βαθμό τις απαιτήσεις που καθορίζουν την αξία της ως μέθοδο παραγωγής ενός εναλλακτικού προϊόντος από βόειο κρέας και στους τρεις άξονες αξιολόγησης: την ασφάλεια – υγιεινή, την ποιότητα και το οικονομικό κόστος. Ωστόσο η διεξαγωγή οργανοληπτικής εκτίμησης και η ταυτοποίηση των μικροοργανισμών, οξυγαλακτικών βακτηρίων και ζυμών-μυκήτων κατά τη διαδικασία της ξηρής ωρίμανσης του βόειου κρέατος, κρίνονται απαραίτητα για τη διεύρυνση της γνώσης και την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων μας για το προϊόν αυτό.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξενόγλωσση

Ahnström M.L., Seyfert M., Hunt M.C., Johnson D.E. “Dry aging of beef in a bag highly permeable to water vapour”. **Meat Science**, 73 (4), March 2006, 674-679.

AMPC and MLA. Australian Meat Processor Corporation and Meat & Livestock Australia. *Meat technology update: Dry aging of beef.* April 2010.

Arnarson A. “Beef 101: Nutrition Facts and Health Effects”. **Healthline**, April 2019. <https://www.healthline.com/nutrition/foods/beef>

Battaglia C.T., Vilella G.F., Sousa B.I., Gomes C.L., de Felicio P.E., Pflanzler S.B. “Are sarcomere length and myofibrillar fragmentation index predictors for sensory and instrumental tenderness of aged beef?” **Meat Science**, 112, February 2016, 148.

Blaser M.J., Newman L.S. “A review of human salmonellosis: I. Infective dose”. **Review of Infectious Diseases**, 4, December 1982, 1096-1106.

Breuer U., Harms H. “*Debaryomyces hansenii* -- an extremophilic yeast with biotechnological potential”. **Yeast**, 23 (6), April 2006, 415-437.

Brewer M.S., Rostogi B.K., Argoudelis L., Sprouls G.R. “Sodium lactate/sodium chloride effects on aerobic plate counts and color of aerobically packaged ground pork”. **Journal of Food Science**, 60 (1), January 1995, 58-62.

Campbell R.E., Hunt M.C., Levis P., Chambers E. “Dry-aging effects on palatability of beef longissimus muscle”. **Journal of Food Science**, 66 (2), March 2001, 196-199.

CDC. Salmonella <https://www.cdc.gov/salmonella/general/index.html>. 2019. Accessed: 10/12/2020.

Center for Meat Process Validation. *6-Day Dry-Aging as a Beef Slaughter Intervention Treatment.* **University of Wisconsin**, 2006.

Crowley H., Cagney C., Sheridan J.J., Anderson W., McDowell D.A., Blair I.S., Bishop R.H., Duffy G. “Enterobacteriaceae in beef products from retail outlets in the Republic of Ireland and comparison of the presence and counts of *E. coli* O157:H7 in these products”. **Food Microbiology**, 22 (5), October 2005, 409-414.

D’ Agostino M., Cook N. *Foodborne Pathogens*, in: *Encyclopedia of Food and Health*. Eds Caballero B., Finglas P.M., Toldra F. Academic Press, 2015, 83-86.

Dashdorj D., Tripathi V.K., Cho S., Kim Y., Hwang I. “Dry aging of beef; Review”. **Journal of Animal Science and Technology**, 58 (20), May 2016.

DeGeer S.L., Hunt M.C., Bratcher C.L., Crozier-Dodson B.A., Johnson D.E., Stika J.F. “Effects of dry age of bone-in and boneless strip loins using two aging processes for two aging times”. **Meat Science**, 83 (4), 2009, 768–774.

EFSA – ECDC. *The European Union One Health 2018 Zoonoses Report.* **EFSA Journal**, 17 (12), 2019.

European Commission. *Summary report of the standing committee on plants, animals, food and feed.* Brussels, March 2015.

Fairchild M. *Color Appearance Models: CIECAM02 and Beyond. Tutorial slides.* **IS&T/SID 12th Color Imaging Conference.** 11-09-2004.

Flores M., Moncunill D., Montero R., Lopez-Diez J.J., Belloch C. “Screening of *Debaryomyces hansenii* Strains for Flavor Production under a Reduced Concentration of Nitrifying Preservatives Used in Meat Products”. **Journal of agricultural and food chemistry**, 65 (19), May 2017, 3900-3909.

Geisen R., Luecke F.K., Kroeckel L. “Starter and protective cultures for meat and meat products”. **Fleischwirtschaft**, 72, 1992, 894-898.

Grimont PAD, Weill FX. *Antigenic formulae of the Salmonella serovars, 9th Edition.* **World Health Organization Collaborating Centre for Reference and Research on Salmonella.** Institut Pasteur, Paris, France. 2007.

Gudjonsdottir M., Gacutan M.D., Mendes A.C., Chronakis I.S., Jespersen L., Karlsson A.H. “Effects of electrospun chitosan wrapping for dry aging of beef, as studied by microbiological, physicochemical and low-field nuclear magnetic resonance analysis”. **Food Chemistry**, 184, October 2015, 167-75.

Halkman H.B.D., Halkman A.K. *Indicator Organisms, in: Encyclopedia of Food Microbiology, 2nd ed.* Eds Robinson R., Batt C.A., Tortorello M.L. Academic Press, 2014, 358-363.

Hodges J.H., Cahill V.R., Ockerman H.W. “Effect of vacuum packaging on weight loss, microbial growth and palatability of fresh beef wholesale cuts”. **Journal of Food Science**, 39(1), August 2006, 143-146.

Holt J.G., Krieg N.R., Sneath P.H.A., Staley J.T., Williams S.T. *Bergey’s Manual of Determinative Bacteriology 9th Edition.* Williams and Wilkins, Baltimore, Maryland, USA, 1994.

ICMSF. *Salmonellae, Chapter 14, in: Microorganisms in food 5: Microbiological specifications of food pathogens.* Blackie Academic and Professional, London, 1996, 217-264.

Jay J.M. *Indicators of Food Microbial Quality and Safety. In: Modern Food Microbiology, 6th edition.* Aspen Publishers, Gaithersburg, Maryland, 2000.

Jayasooriya S.D., Torley P.J., D'Arcy B.R., Bhandari B.R. “Effect of high power ultrasound and ageing on the physical properties of bovine *Semitendinosus* and *Longissimus muscles*”. **Meat Science**, 75 (4), April 2007, 628-639.

Jelenikova J., Pipek P., Staruch L. “The influence of ante-mortem treatment on relationship between pH and tenderness of beef”. **Meat Science**, 80 (3), November 2008, 870-874.

Jeremiah L.E., Gibson L.L. “The effects of postmortem product handling and aging time on beef palatability”. **Food Research International**, 36 (9), December 2003, 929–941.

Kahraman H., Gurbuz U. “Effects of three aging methods on the *Longissimus lumborum* muscle from Holstein-Friesian steers”. **Medycyna weterynaryjna**, 75 (3), March 2019, 179-184.

Kemp C.M., Sensky P.L., Bardsley R.G., Buttery P.J., Parr T. “Tenderness—An enzymatic view”. **Meat Science**. 84 (2), February 2010, 248–56.

Kim M., Choe J., Lee H.J., Yoon Y., Yoon S., Jo C. “Effects of aging and aging method on physicochemical and sensory traits of different beef cuts”. **Food Science of Animal Resources**, 39 (1), February 2019, 54-64.

Kim Y.H.B., Warner R.D., Rosenvold K. “Influence of high pre-rigor temperature and fast pH fall on muscle proteins and meat quality: a review”. **Animal Production Science**, 54 (4), March 2014, 375-395.

Kim Y.H.B., Kemp R., Samuelsson L.M. “Effects of dry-aging on meat quality attributes and metabolite profiles of beef loins”. **Meat Science**, 111, January 2016, 168-176.

Kinsella K.J., Prendergast D.M., McCann M.S., Blair I.S., McDowell D.A., Sheridan J.J. “The survival of *Salmonella enterica* serovar *Typhimurium* DT104 and total viable counts on beef surfaces at different relative humidities and temperatures”. **Journal of Applied Microbiology**, 106 (1), January 2009, 171-180.

Koohmaraie M., Geesink G.H. “Contribution of postmortem muscle biochemistry to the delivery of consistent meat quality with particular focus on the calpain system”. **Meat Science**, 74 (1), September 2006, 34–43.

Kurtzman C.P., Fell J.W. *Biodiversity and Ecophysiology of Yeasts*, in: *The Yeast Handbook*. Eds: Gábor P, de la Rosa CL. Berlin: Springer, 2005, 11–30.

Laster M.A., Smith R.D., Nicholson K.I., Nicholson J.D.W., Miller R.K., Griffin D.B., Harris K.B., Savell J.W. “Dry versus wet aging of beef: Retail cutting yields and consumer sensory attribute evaluations of steaks from ribeyes, strip loins, and top sirloins from two quality grade groups”. **Meat Science**, 80 (3), November 2008, 795-804.

Lee H.J., Choe J., Kim K.T., Oh J., Lee D.G., Kwon K.M., Choi Y.I., Jo C. “Analysis of low-marbled Hanwoo cow meat aged with different dry-aging methods”. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, 30 (12), June 2017, 1733-1738.

Lee H.J., Choe J., Yoon J.W., Kim S., Oh H., Yoon Y., Jo C. “Determination of Salable Shelf-life for Wrappackaged Dry-aged Beef during Cold Storage.” **Korean Journal of Food Science**, 38 (2), April 2018, 251-258.

Lepper-Blilie A.N., Berg E.P., Buchanan D.S., Berg P.T. *Effects of post-mortem aging time and type of aging on flavor, tenderness, color, and shelf-life stability of beef loins with marbling between Slight to Small*. Project summary, North Dakota State University. National Cattlemen's Beef Association, May 2012.

Lessard M.H., Belanger G., St-Gelais D., Labrie S. “The composition of Camembert cheese-ripening cultures modulates both mycelial growth and appearance”. **Applied and environmental microbiology**, 78 (6), March 2012, 1813-9.

Li X., Babol J., Wallby A., Lundström K. “Meat quality, microbiological status and consumer preference of beef *gluteus medius* aged in a dry ageing bag or vacuum”. **Meat Science**, 95 (2), October 2013, 229-234.

Li X., Babol J., Bredie W.L.P., Nielsen B., Tomankova J., Lundstrom K. “A comparative study of beef quality after ageing longissimus muscle using a dry ageing bag, traditional dry ageing or vacuum package ageing”. **Meat Science**, 97 (4), August 2014, 433-442.

Ly B.C.K., Dyer E.B., Feig J.L., Chien A.L., Del Bino S. “Research Techniques Made Simple: Cutaneous Colorimetry: A Reliable Technique for Objective Skin Color Measurement”. **Journal of Investigative Dermatology**, 140 (1), January 2020, 3-12.

Mottram D.S. “Flavor formation in meat and meat products”. **Food Chemistry**, 62 (4), August 1998, 415–24.

Oh M., Kim E-K., Jeon B-T., Tang Y. “Chemical compositions, free amino acid contents and antioxidant activities of Hanwoo (*Bos taurus coreanae*) beef by cut”. **Meat Science**. 119, April 2016, 16–21.

Oh J., Lee H.J., Kim H.C., Kim H.J., Yun Y.G., Kim K.T., Choi Y.I., Jo C. “The effects of dry or wet aging on the quality of the longissimus muscle from 4-year-old Hanwoo cows and 28-month-old Hanwoo steers”. **Animal Production Science**, 58 (12), November 2017, 2344-2351.

Panduraman M., Hwang I.H. *Calpain: Structure, biology and clinical significance.*, in: *Enzymes and enzyme activity*. Ed: Lashinski E.M. Nova Science publishers, NY, USA, 2013, 73–98.

Parija S.C. *Salmonella*, in: *Textbook of Microbiology and Immunology*, 2nd Ed. Elsevier, 2012, 269-290.

Parrish F.C., Boles J.A., Rust R.E., Olson D.G. “Dry and Wet Aging Effects on Palatability Attributes of Beef Loin and Rib Steaks from Three Quality Grades”. **Journal of Food Science**, 56 (3), May 1991, 601-603.

Pearson A.M., Gray J.I., Wolzak A.M., Horenstein N.A. “Safety implications of oxidized lipids in muscle food”. *Food Technology*, 37 (7), 1983, 121-129.

Perry N. “Dry aging beef”. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 1 (1), January 2012, 78–80.

Piatti-Farnell L. *Beef: A Global History*. Reaktion Books, London, 2013, 7.

Primesafe, Agency of the Government of the State of Victoria, Australia. *Aging of Beef*. <https://www.primesafe.vic.gov.au/standards-and-guidelines/primenotes/ageing-of-beef/>. Accessed: 08/11/2020.

Raloff J. *Food for Thought*. Global Food Trends. Science News, 2003.

Ribeiro F.A., Lau S.K., Herrera N., Henriott M., Bland N., Bertelli Pflanzler S., Subbiah J., Calkins C. “Color and Lipid Stability of Dry Aged Beef During Retail Display”. *Meat and Muscle Biology*, 3 (2), 2019.

Ritchie H., Roser M. “Meat and Dairy Production”. Our World in Data, 2017. <https://ourworldindata.org/meat-production>

Ryu S., Park M.R., Maburutse B.E., Lee W.J., Park D-J., Cho S., Hwang I., Oh S., Kim Y. “Diversity and Characteristics of the Meat Microbiological Community on Dry Aged Beef”. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 28 (1), January 2018, 105-108.

Ryu S., Shin M., Cho S., Hwang I., Kim Y., Oh S. “Molecular Characterization of Microbial and Fungal Communities on Dry-Aged Beef of Hanwoo Using Metagenomic Analysis”. *Foods*, 9 (11), November 2020, 1571.

Vinderola G., Ouwehand A., Salminen S., Wright v. A. *Lactic Acid Bacteria, Microbiological and Functional Aspects, 5th edition*. CRC Press, 2019.

Savell J. W. *Dry-aging of beef, executive summary*. National Cattlemen's Beef Association, Centennial, CO, 2008.

Shapton D.A., Shapton N.F. *Principles and Practices for the Safe Processing of Foods*. Woodhead Publishing, 1993.

Sitz B.M., Calkins C.R., Feuz D.M., Umberger W.J., Eskridge K.M. “Consumer sensory acceptance and value of wet aged and dry aged beef steaks”. *Journal of Animal Science*. 84 (5), May 2006, 1221–6.

Smith R.D., Nicholson K.L., Nicholson J.D.W., Harris K.B., Miller R.K., Griffin D.B., Savell J.W. “Dry versus wet aging of beef: Retail cutting yields and consumer palatability evaluations of steaks from US choice and US select short loins”. *Meat Science*, 79 (4), August 2008, 631–9.

Spanier A.M., Flores M., McMilli K.W., Bidne T.D. “The effect of post-mortem aging on meat flavor quality in Brangus beef. Correlation of treatments, sensory, instrumental and chemical descriptors”. **Food Chemistry**, 59 (4), 1997, 531–8.

Tournas V., Stack M.E., Mislivec P.B., Koch H.A., Bandler R. *Bacteriological Analytical Manual (BAM), Chapter 18: Yeasts, Molds and Mycotoxins*. FDA, April 2001.

Tucker M. “Eating Cooked Meat Can Distort CKD Stage in Diabetes”. **Medscape**, October 2013. <https://www.medscape.com/viewarticle/811968>

USDA. Agricultural Research Service, Methods and Application of Food Composition Laboratory: Beltsville, MD <https://www.ars.usda.gov/> Accessed: 29-11-2020.

USDA (2). Carcass Beef Grades and Standards, <https://www.ams.usda.gov/grades-standards/carcass-beef-grades-and-standards>

USMEF. Meat Export Federation of USA. Guidelines for U.S. dry aged beef for international markets, 2014. <https://www.usmef.org/guidelines-for-u-s-dry-aged-beef-for-international-markets/>

Warren K.E., Kastner C.L. “A comparison of dry-aged and vacuum-aged beef strip loins”. **Journal of Muscle Foods**, 3 (2), April 1992, 151-157.

Weglarz A. “Meat quality defined based on pH and colour depending on cattle category and slaughter season.” **Czech Journal of Animal Science**, 55 (12), December 2010, 548-556.

WHFoods. “Beef, grass-fed”. 2004. <https://www.whfoods.org/> Accessed: 13/12/2020

Willey J. M., Sherwood L., Woolverton C.J. *Prescott, Harley, and Klein's Microbiology*. New York: McGraw-Hill Higher Education, 2008.

Wirth F. “Technologie der Verarbeitung von Fleisch mit abweichender Beschaffenheit”. **Schweitz. Arch. Tierheilk.** 127, 1985, 83-97.

Workman D. *Top Beef Exporting Countries*. World’s Top Exports, 2020.

Ελληνική

Αμβροσιάδης Ι. *Τεχνολογία Παραγωγής Προϊόντων Κρέατος, Σεμινάριο ΕΦΕΤ «Επίσημος Έλεγχος Αλλαντικών»*, Θεσσαλονίκη, Μάιος 2011.

Αντωνόπουλος Ι. “Επιστημονική ονοματολογία των μυών στα τεμάχια σφαγίου βοοειδών”. **Περιοδικό της ελληνικής κτηνιατρικής εταιρίας**. 53 (4), 2002, 358-367.

Γεωργάκης Σ.Α., Βαρελτζής Κ.Π., Αμβροσιάδης Ι.Α. *Τεχνολογία τροφίμων ζωικής προέλευσης*. Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία, Θεσσαλονίκη, 2002.

ΕΦΕΤ. 11725/21-9-2018

Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 1441/2007 της επιτροπής της 5ης Δεκεμβρίου 2007 για την τροποποίηση του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 2073/2005 της Επιτροπής «περί μικροβιολογικών κριτηρίων για τα τρόφιμα». Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης (7.12.2007), L 322/129.

Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 2073/2005 της επιτροπής της 15ης Νοεμβρίου 2005 «περί μικροβιολογικών κριτηρίων για τα τρόφιμα». Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης (22.12.2005), L 338/1-26.

Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 853/2004 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 29ης Απριλίου 2004 «για τον καθορισμό ειδικών κανόνων υγιεινής για τα τρόφιμα ζωικής προέλευσης». Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης (30.4.2004), L 139/55.

Καραϊωάννογλου Π. *Υγιεινή του κρέατος των θηλαστικών, Γ' Έκδοση, Κεφάλαιο 10: Η Μικροβιολογία του Κρέατος.* Αφοι Κυριακίδη α.ε., 2008, 422-561.

Κώδικας Τροφίμων και Ποτών (Κ.Τ.Π.). Γενικό Χημείο του Κράτους, 2018.

Μάντης Α., Παπαγεωργίου Δ., Φλετούρης Δ. *Εργαστηριακή εξέταση του γάλακτος και των γαλακτοκομικών προϊόντων, Κεφάλαιο 3: Προσδιορισμός συνολικού αριθμού μικροβίων.* Αφοι Κυριακίδη α.ε., 2008, 37-52.

Μεταξόπουλος Ι., Ματαράγκας Μ., Δροσινός Ε.Χ. “*Βακτηριοσίνες: Ταξινόμηση, ιδιότητες, παραγωγή και τρόπος δράσης (I)*”. **Περιοδικό της ελληνικής κτηνιατρικής εταιρείας** 53 (4), 2002, 335-344.

Π.Δ. 186/1981 Περί τεμαχισμού σφαγίου βοοειδών εις τεμάχια λιανικής πωλήσεως και της ονοματολογίας αυτών.

Πεξαρά Α., Σολωμάκος Ν., Γκόβαρης Α. *Υγιεινή τροφίμων ζωικής προέλευσης.* Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας, Καρδίτσα, 2016.