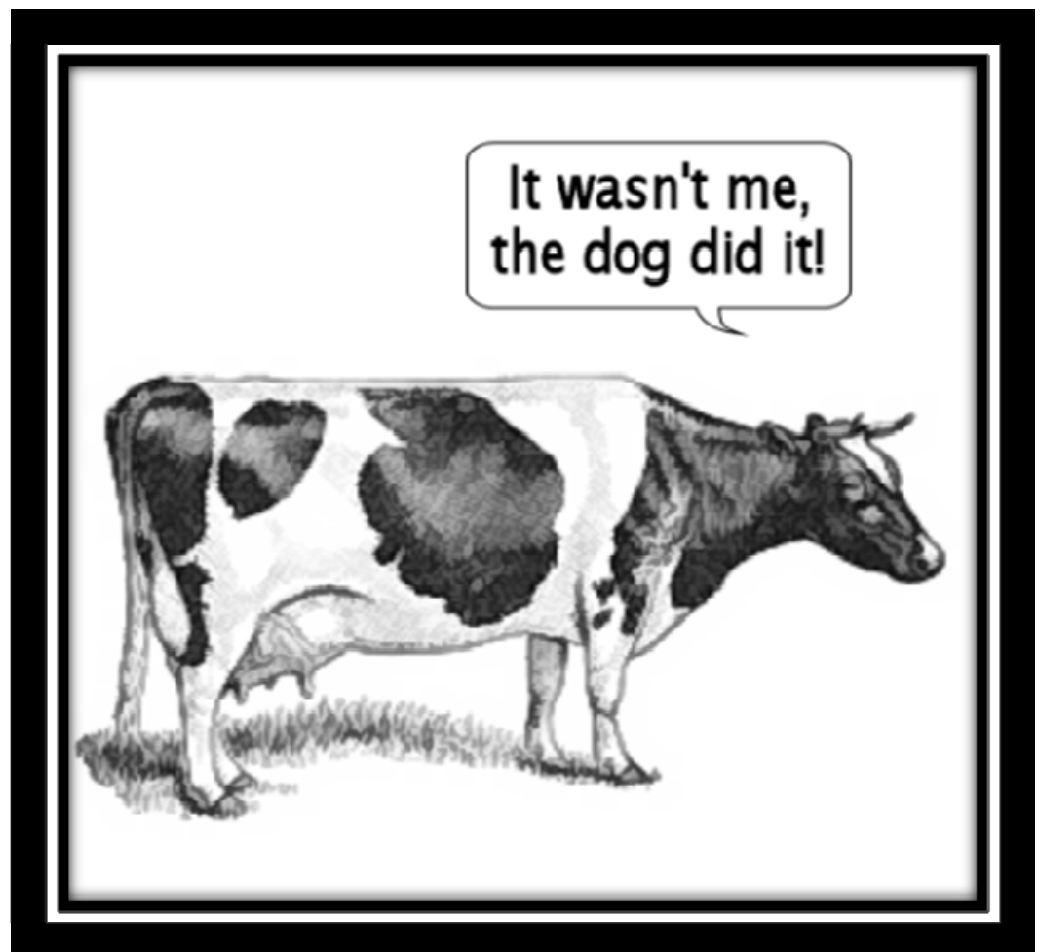


ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ  
ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΠΟΙΟΤΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΑΙ ΥΓΙΕΙΝΗΣ  
ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΠΟΤΩΝ

ΜΙΚΡΟΒΙΑΚΗ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΗ ΑΛΛΟΙΩΣΗ  
ΚΡΕΑΤΟΣ ΠΟΥ ΣΥΝΤΗΡΗΘΗΚΕ ΣΕ ΑΕΡΟΒΙΕΣ  
ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΑΙ ΣΕ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΕΣ  
ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΕΣ



ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΦΟΙΤΗΤΡΙΑΣ ΓΑΒΡΙΗΛ ΑΛΚΜΗΝΗΣ

ΑΘΗΝΑ 2009





## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

*Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου, κ. Παναγιώτη Σκανδάμη για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε όχι μόνο στην ανάθεση του θέματος, αλλά και καθ'όλη τη διάρκεια της διπλωματικής μου μελέτης. Τον ευχαριστώ, επίσης για την καθοδήγηση του, τις συμβουλές του και την ψυχολογική υποστήριξη που μου προσέφερε. Για μένα, ο κ. Σκανδάμης υπήρξε πολύτιμος μέντορας.*

*Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλα τα μέρη του εργαστηρίου για τις συμβουλές και την συμπαράσταση τους σε όλο το χρονικό διάστημα της εκπόνησης της μεταπτυχιακής μου μελέτης.*

*Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την εταιρία «Βιοτοξ», για την παροχή των δειγμάτων και την άψογη συνεργασία που είχα μαζί τους.*

## **ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ**

**Επιβλέπων Καθηγητής:** Λέκτορας Π. Σκανδάμης

**Α Μέλος Πενταμελούς Επιτροπής:** Καθηγητής Γ.Ι. Νυχάς

**Β Μέλος Πενταμελούς Επιτροπής:** Επίκουρος Καθηγητής Ελ. Δροσινός

**Γ Μέλος Πενταμελούς Επιτροπής:** Αναπληρωτής Καθηγητής Στ. Καμιναρίδης

**Δ Μέλος Πενταμελούς Επιτροπής:** Λέκτορας Ε. Πανάγου

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελ.
<b>A. ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b>	1
<b>B. ABSTRACT</b>	3
<b>1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b>	5
1.1 Κρέας	6
1.2 Κρέας βιολογικής προέλευσης	7
1.3 Διατροφική αξία κρέατος	8
1.4 Μεταθανάτιες ( <i>post-mortem</i> ) μεταβολές κρέατος	10
1.5 Η συσκευασία των Τροποποιημένων Ατμοσφαιρών	15
1.6 Βασικές αρχές και τεχνικές των Τροποποιημένων Ατμοσφαιρών	16
1.7 Μικροβιολογία κρέατος	20
1.8 Η έννοια των Εφήμερων (Ειδικών) Αλλοιωγόνων Μικροοργανισμών (EAM), Ephemeral (Specific) Spoilage Organisms, E(S)SO.	20
1.9 Αλλοίωση κρέατος	22
1.10 Χημικές μεταβολές κατά την αλλοίωση του κρέατος	26
1.11 Το χρώμα του κρέατος και οι μεταβολές του κατά τη διάρκεια της συντήρησης	36
1.12 Υλικά συσκευασίας του περιέκτη	37
1.13 Σκοπός της μελέτης	41
<b>2.ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ</b>	42
2.1 Πειραματικός σχεδιασμός	44
2.2 Μικροβιολογικές αναλύσεις	44
2.2.1 Μικροβιολογικές αναλύσεις επιφανειών	44
2.2.2 Μικροβιολογικές αναλύσεις προϊόντων	45
2.3 Μέτρηση pH	47
2.4 Μέτρηση της σύστασης O <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub>	47
2.5 Μέτρηση χρώματος	47
2.6 Ανάλυση HPLC	47
<b>3.ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ</b>	50
3.A ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	52
3.1 Δειγματοληψίες	52
3.2 Μικροβιολογικές αναλύσεις	54
3.2.1 Μικροβιολογικές αναλύσεις επιφανειών	54
3.2.2 Μικροβιολογικές αναλύσεις προϊόντων	56
3.3 Σύσταση αερίων περιέκτη	78
3.4 Φυσικοχημικές αναλύσεις	79
3.5 Μέτρηση χρώματος	86
3.B ΣΥΖΗΤΗΣΗ	92
<b>4. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ</b>	104
<b>5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>	120

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

	Σελ.
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1</b>	
Πίνακας 1.1:	Παραγωγή κρέατος το έτος 1995. 7
Πίνακας 1.2:	Σύσταση άπαχου μυϊκού ιστού (%). 8
Πίνακας 1.3:	Περιεκτικότητα διαφόρων ειδών κρέατος σε αμινοξέα (g/100g). 9
Πίνακας 1.4:	Ρυθμοί τρυφεροποίησης διαφόρων ειδών κρέατος 14
Πίνακας 1.5:	Προτεινόμενοι χρόνοι ωρίμανσης (σε ημέρες) για κρέας από χοιρινό, αρνί και μοσχάρι. 14
Πίνακας 1.6:	Χημική σύσταση κρέατος μετά το τέλος της νεκρικής ακαμψίας. 14
Πίνακας 1.7:	Προτεινόμενη σύσταση αερίων προς συσκευασία διαφόρων τροφίμων σε τροποποιημένες ατμόσφαιρες 19
Πίνακας 1.8:	Παράγοντες που επηρεάζουν την μικροβιακή ανάπτυξη. 21
Πίνακας 1.9:	Βακτηρία που απαντώνται σε κρέας και σφάγια πουλερικών. 24
Πίνακας 1.10:	Μεταβολικές δραστηριότητες των <i>Pseudomonas</i> spp. σε εκχύλισμα κρέατος στους 4°C. 27
Πίνακας 1.11:	Σειρά καταβολισμού των υποστρωμάτων από διάφορους μικροοργανισμούς κάτω από αερόβιες και αναερόβιες συνθήκες. 29
Πίνακας 1.12:	Μεταβολικά προϊόντα κατά τη συντήρηση του κρέατος σε αερόβιες και αναερόβιες συνθήκες. 30
Πίνακας 1.13:	Πρόδρομα μόρια και συνθήκες που επηρεάζουν την παραγωγή δύσοσμων μεταβολιτών των Gram <sup>-</sup> βακτηρίων ( <i>Pseudomonas</i> , <i>Moraxella</i> , <i>Shewanella putrefaciens</i> , κ.τ.λ.) σε αλλοιωμένο κρέας. 31
Πίνακας 1.14:	Πρόδρομα μόρια και συνθήκες που επηρεάζουν την παραγωγή των μεταβολιτών του βακτηρίου <i>Brochothrix thermosphacta</i> σε αλλοιωμένο κρέας. 33
Πίνακας 1.15:	Πρόδρομα μόρια και συνθήκες που επηρεάζουν την παραγωγή των μεταβολιτών των γαλακτικών βακτηρίων σε αλλοιωμένο κρέας. 34
Πίνακας 1.16:	Χαρακτηριστικά των πλαστικών υλικών συσκευασίας. 38
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3</b>	
Πίνακας 3.1:	Ημέρες στις οποίες πραγματοποιήθηκαν οι δειγματοληψίες σε βόεια κομμάτια. 52
Πίνακας 3.2:	Ημέρες στις οποίες πραγματοποιήθηκαν οι δειγματοληψίες σε χοίρινα κομμάτια. 53
Πίνακας 3.3:	Ημέρες στις οποίες πραγματοποιήθηκαν οι δειγματοληψίες σε μπριζόλα χοιρινή. 53
Πίνακας 3.4:	Ημέρες στις οποίες πραγματοποιήθηκαν οι δειγματοληψίες σε κιμά χοιρινό. 54

<b>Πίνακας 3.5:</b>	Αποτελέσματα μικροβιολογικών αναλύσεων από σφάγια και χώρο τεμαχισμού και συσκευασίας των προϊόντων.	<b>55</b>
<b>Πίνακας 3.6:</b>	Συγκριτικός πίνακας των μικροβιακών μεταβολών σε αερόβιες συνθήκες και κάτω από τροποποιημένες ατμόσφαιρες στους 4°C. Δείγμα: <u>Κομμάτια μόσχου.</u>	<b>68</b>
<b>Πίνακας 3.7:</b>	Συγκριτικός πίνακας των μικροβιακών μεταβολών σε αερόβιες συνθήκες και κάτω από τροποποιημένες ατμόσφαιρες στους 4°C. Δείγμα: <u>Κομμάτια χοιρινά.</u>	<b>69</b>
<b>Πίνακας 3.8:</b>	Συγκριτικός πίνακας των μικροβιακών μεταβολών σε αερόβιες συνθήκες και κάτω από τροποποιημένες ατμόσφαιρες στους 4°C. Δείγμα: <u>Μπριζόλα χοιρινή.</u>	<b>70</b>
<b>Πίνακας 3.9:</b>	Συγκριτικός πίνακας των μικροβιακών μεταβολών σε αερόβιες συνθήκες και κάτω από τροποποιημένες ατμόσφαιρες στους 4°C. Δείγμα: <u>Κιμάς χοιρινός.</u>	<b>71</b>
<b>Πίνακας 3.10:</b>	Συγκριτικός πίνακας των μικροβιακών μεταβολών σε αερόβιες συνθήκες και κάτω από τροποποιημένες ατμόσφαιρες στους 10°C. Δείγμα: <u>Κομμάτια μόσχου.</u>	<b>73</b>
<b>Πίνακας 3.11:</b>	Συγκριτικός πίνακας των μικροβιακών μεταβολών σε αερόβιες συνθήκες και κάτω από τροποποιημένες ατμόσφαιρες στους 10°C. Δείγμα: <u>Κομμάτια χοιρινά.</u>	<b>74</b>
<b>Πίνακας 3.12:</b>	Συγκριτικός πίνακας των μικροβιακών μεταβολών σε αερόβιες συνθήκες και κάτω από τροποποιημένες ατμόσφαιρες στους 10°C. Δείγμα: <u>Μπριζόλα χοιρινή.</u>	<b>75</b>
<b>Πίνακας 3.13:</b>	Συγκριτικός πίνακας των μικροβιακών μεταβολών σε αερόβιες συνθήκες και κάτω από τροποποιημένες ατμόσφαιρες στους 10°C. Δείγμα: <u>Κιμάς χοιρινός.</u>	<b>76</b>
<b>Πίνακας 3.14:</b>	Αλλαγές στο χημικό προφίλ (γαλακτικό, γλυκόζη, Κορυφή A και pH) σε <u>κομμάτια μόσχου.</u>	<b>81</b>
<b>Πίνακας 3.15:</b>	Αλλαγές στο χημικό προφίλ (γαλακτικό, γλυκόζη, Κορυφή A και pH) σε <u>κομμάτια χοιρινά.</u>	<b>82</b>
<b>Πίνακας 3.16:</b>	Αλλαγές στο χημικό προφίλ (γαλακτικό, γλυκόζη, Κορυφή A και pH) σε <u>μπριζόλα χοιρινή.</u>	<b>83</b>
<b>Πίνακας 3.17:</b>	Αλλαγές στο χημικό προφίλ (γαλακτικό, γλυκόζη, Κορυφή A και pH) σε <u>κιμά χοιρινό.</u>	<b>84</b>
<b>Πίνακας 3.18:</b>	Επίδραση της συσκευασίας στις παραμέτρους $L^*$ , $a^*$ και $b^*$	<b>87</b>

του χρώματος. Δείγμα: κομμάτια μόσχου.

- Πίνακας 3.19:** Επίδραση της συσκευασίας στις παραμέτρους  $L^*$ ,  $a^*$  και  $b^*$  του χρώματος. Δείγμα: κομμάτια χοιρινά. **88**
- Πίνακας 3.20:** Επίδραση της συσκευασίας στις παραμέτρους  $L^*$ ,  $a^*$  και  $b^*$  του χρώματος. Δείγμα: μπριζόλα χοιρινή. **89**
- Πίνακας 3.21:** Επίδραση της συσκευασίας στις παραμέτρους  $L^*$ ,  $a^*$  και  $b^*$  του χρώματος. Δείγμα: κιμάς χοιρινός σε ΤΑ. **90**
- Πίνακας 3.22:** Επίδραση της συσκευασίας στις παραμέτρους  $L^*$ ,  $a^*$  και  $b^*$  του χρώματος. Δείγμα: κιμάς χοιρινός σε κενό. **91**



## ***ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ***

	<b>Σελ.</b>
<b>Διάγραμμα 3.1:</b> Αλλαγές στη μικροβιακή σύσταση σε <u>κομμάτια μύσχου</u> στους 4°C	<b>60</b>
<b>Διάγραμμα 3.2:</b> Αλλαγές στη μικροβιακή σύσταση σε <u>κομμάτια χοιρινά</u> στους 4°C	<b>61</b>
<b>Διάγραμμα 3.3:</b> Αλλαγές στη μικροβιακή σύσταση σε <u>μπριζόλα χοιρινή</u> στους 4°C	<b>62</b>
<b>Διάγραμμα 3.4:</b> Αλλαγές στη μικροβιακή σύσταση σε <u>κιμά χοιρινό</u> στους 4°C	<b>63</b>
<b>Διάγραμμα 3.5:</b> Αλλαγές στη μικροβιακή σύσταση σε <u>κομμάτια μύσχου</u> στους 10°C	<b>64</b>
<b>Διάγραμμα 3.6:</b> Αλλαγές στη μικροβιακή σύσταση σε <u>κομμάτια χοιρινά</u> στους 10°C	<b>65</b>
<b>Διάγραμμα 3.7:</b> Αλλαγές στη μικροβιακή σύσταση σε <u>μπριζόλα χοιρινή</u> στους 10°C	<b>66</b>
<b>Διάγραμμα 3.8:</b> Αλλαγές στη μικροβιακή σύσταση σε <u>κιμά χοιρινό</u> στους 10°C	<b>67</b>
<b>Διάγραμμα 3.9:</b> Αλλαγές στη σύσταση των αερίων O <sub>2</sub> και CO <sub>2</sub> στους 4 και 10°C	<b>78</b>

## ***ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ***

	<b>Σελ.</b>
<b>Σχήμα 1.1:</b> Αλλαγές στο ολικό μικροβιακό πληθυσμό (ΟΜΧ), στους ειδικούς αλλοιογόνους μικροοργανισμούς (ΕΑΜ) και στους χημικούς δείκτες μικροβιακής αλλοίωσης κατά τη διάρκεια αλλοίωσης του κρέατος	<b>22</b>
<b>Σχήμα 1.2:</b> Αλλαγές στο μόριο της μυογλοβίνης και στο χρώμα του κρέατος	<b>37</b>

## Α. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το κρέας από τους προϊστορικούς χρόνους κατείχε ένα σημαντικότατο κομμάτι της ανθρώπινης διατροφής. Για το λόγο αυτό, από πολύ νωρίς αποτέλεσε αντικείμενο εκτεταμένης έρευνας. Τα τελευταία χρόνια, σημαντική πρόοδος έχει γίνει στον τομέα της συσκευασίας και συντήρησης των προϊόντων, ώστε να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις των καταναλωτών για τρόφιμα με μεγαλύτερη διάρκεια ζωής και παράλληλα να αυξηθεί η ανταγωνιστικότητα των προϊόντων.

Η συσκευασία των τροποποιημένων ατμοσφαιρών άρχισε να χρησιμοποιείται σε εμπορική κλίμακα τα τελευταία χρόνια, αν και οι ευεργετικές επιδράσεις της ήταν γνωστές από την αρχαιότητα. Σήμερα, ένας μεγάλος αριθμός τροφίμων, όπως κρέας, ψάρι, καφέ, φρούτα και λαχανικά συσκευάζονται σε τροποποιημένες ατμόσφαιρες και κενό. Οι τροποποιημένες ατμόσφαιρες παρατείνουν το χρόνο ζωής των προϊόντων, επιβραδύνοντας την εμφάνιση της αλλοίωσης (βακτηριακή γλίτσα, δυσάρεστη οσμή). Τα πλεονεκτήματα που προσφέρει αυτή η συσκευασία βασίζονται στην αναστολή της ανάπτυξης των ψευδομονάδων, των μικροοργανισμών, δηλαδή, που αποτελούν την κυριότερη αλλοιογόνο μικροχλωρίδα του κρέατος που συντηρείται σε αέρα, και στην επικράτηση των δυνητικά αναερόβιων Gram<sup>+</sup> βακτηρίων (γαλακτικά βακτήρια, *Brochothrix thermosphacta*). Τα τελευταία κατά την ανάπτυξή τους παράγουν μεταβολίτες οι οποίοι είναι λιγότερο δύσοσμοι σε σχέση με αυτούς των *Pseudomonas* spp.

Κατά την παρούσα εργασία, πραγματοποιήθηκαν μικροβιολογικές, φυσικοχημικές και οργανοληπτικές αναλύσεις με σκοπό τη μελέτη των επιδράσεων της συσκευασίας τροποποιημένων ατμοσφαιρών σε κρέας βιολογικής προέλευσης και τον προσδιορισμό του χρόνου ζωής των προϊόντων. Τέσσερα είδη κρέατος εξετάστηκαν: κομμάτια βόειου και χοίρινου κρέατος, μπριζόλα χοιρινή και κιμάς χοιρινός, ενώ χρησιμοποιήθηκαν δύο θερμοκρασίες συντήρησης (4 και 10°C). Η σύσταση της αέριας ατμόσφαιρας ήταν 25% / 66% / 9% CO<sub>2</sub> / O<sub>2</sub> / N<sub>2</sub>. Στον κιμά μελετήθηκε επιπλέον η συσκευασία υπό κενό. Εφτά διαφορετικά γένη αλλοιογόνων μικροοργανισμών (Ολική Μικροβιακή Χλωρίδα, *Pseudomonas* spp., γαλακτικά βακτήρια, *Brochothrix thermosphacta*, εντεροβακτήρια, μικρόκοκκοι, ζύμες-μύκητες) καθώς και ένα παθογόνο βακτήριο (*Clostridium botulinum*) εξετάστηκαν. Επιπλέον, έγινε μέτρηση των μεταβολών της αέριας σύστασης του περιέκτη. Όσον αφορά τις φυσικοχημικές αναλύσεις, μελετήθηκαν οι μεταβολές της συγκέντρωσης του γαλακτικού οξέος, της γλυκόζης και του pH. Τέλος, έγινε καταγραφή των μεταβολών του χρώματος. Σε κάθε περίπτωση, η επίδραση της συσκευασίας αξιολογήθηκε χρησιμοποιώντας ως μάρτυρες δείγματα που συντηρήθηκαν στον αέρα. Τα αποτελέσματα ήταν σύμφωνα με την υπάρχουσα βιβλιογραφία.

Τα συσκευασμένα δείγματα των 4°C ανέστειλαν την ανάπτυξη των ψευδομονάδων, οι οποίες στις συνθήκες αυτές έφτασαν σε χαμηλότερα επίπεδα από

αυτά του αέρα. Τα ίδια δείγματα, διατήρησαν για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα την εμφάνιση, την οσμή και το χρώμα τους. Αντίθετα, στα δείγματα της υψηλής θερμοκρασίας (10°C), η συσκευασία επιβράδυνε μόνο κατά 1-2 ημέρες την φάση προσαρμογής των μικροοργανισμών, τα οποία τελικά έφτασαν στα ίδια επίπεδα με αυτά του μάρτυρα (αέρα). Η αέρια σύσταση του περιέκτη μεταβλήθηκε κατά τη διάρκεια της συντήρησης ως αποτέλεσμα της αναπνευστικής δραστηριότητας της μικροχλωρίδας του κρέατος. Οι μεταβολές ήταν πιο έντονες στους 10°C.

Όσον αφορά τις φυσικοχημικές μεταβολές των δειγμάτων, η συγκέντρωση της γλυκόζης μειώθηκε. Η μείωση ήταν εντονότερη στα δείγματα των 10°C. Το γαλακτικό μειώθηκε και αυτό στα δείγματα των 10°C (τροποποιημένες ατμόσφαιρες, αέρας). Αντίθετα, στα δείγματα των 4°C έμεινε, σε γενικές γραμμές σε σταθερά επίπεδα.

Συμπερασματικά, ο συνδυασμός των εμποδίων θερμοκρασίας και συσκευασίας κατάφερε να παρατείνει το χρόνο ζωής των δειγμάτων κατά 4-6 ημέρες.

## B. ABSTRACT

Since prehistoric times, meat was an indispensable part of human nutrition. As a result, it soon became the object of extensive research. Over the last years, considerable progress has been made in the field of food packaging and maintenance so as to satisfy consumer requirements for products with longer shelf-life and at the same time increase goods competitiveness.

Modified atmosphere packaging began to be used on a commercial scale during the last few years, although its beneficial effects have been well known since ancient times/antiquity. Nowadays, a significant number of food such as meat, coffee and vegetables are packaged in modified atmosphere and vacuum. Modified atmospheres increase product shelf-life slowing the appearance of spoilage (slime, off-odour). The advantages offered by modified atmosphere packaging are a result of the inhibition of *Pseudomonas* development, which constitute the major spoilage microflora of meat stored in air, and the prevalence of facultative anaerobic Gram<sup>+</sup> bacteria (lactic acid bacteria, *Brochothrix thermosphacta*). The latter produce end-products during their development which are less malodorous compared to those of *Pseudomonas* spp.

During the present study, microbiological, physicochemical and sensory analyses have been conducted in order to study the effects of modified atmosphere packaging on biological meat and define the shelf-life of the products. Four types of meat have been studied: pieces of beef and pork, pork steaks and minced pork which were stored in two different temperatures (4 and 10°C.). The gas mixture used was 25% / 66% / 9% CO<sub>2</sub> / O<sub>2</sub> / N<sub>2</sub>. For the minced meat the vacuum packaging was also used. Seven different spoilage microorganisms (total viable count, *Pseudomonas* spp., lactic acid bacteria, *Brochothrix thermosphacta*, *Enterobacteriaceae*, micrococcus, yeasts-moulds) and one pathogen (*Clostridium botulinum*) were examined. Additionally, the changes in the atmosphere concentration were measured. As far as the physicochemical analyses are concerned the changes in the lactic acid, glucose pH concentration were investigated. Finally, the changes in the meat colour were recorded. In each case the effect of the packaging was evaluated using air samples as control. The results are consistent with the current bibliography.

The packaged samples stored at 4 °C inhibited the growth of pseudomonads which reached lower growth levels than those of the air. The same samples kept their appearance, odour and colour for a longer period of time. In contrast, in the samples of high temperature (4 °C) the package delayed for only one or two days the lag phase of the microorganisms, which eventually reached the same levels as the control (air). The atmosphere inside the package was altered during the storage period as a

consequence of the meat microflora respiration. The changes were more rapid at the 10 °C .

Regarding the physicochemical changes of the samples the glucose concentration was reduced. The reduction was more rapid at 10 °C. the lactic acid of the samples stored at 10 °C (modified atmospheres, air) was also reduced in contrast to the samples stored at 4 °C which generally remained steady.

To conclude, the combination of the obstacles of temperature and packaging managed to extend the shelf-life of the products by four to six days.

## 1.1 Κρέας

Στον Κώδικα Τροφίμων και Ποτών, με το όρο νωπό κρέας νοούνται «τα τμήματα των σφαγίων των θερμόαιμων ζώων και πτηνών που είναι κατάλληλα για τη διατροφή του ανθρώπου, σύμφωνα με τις εκάστοτε ισχύουσες διατάξεις, και τα οποία διατίθενται στην κατανάλωση όπως είναι χωρίς καμία επεξεργασία, εκτός από τον τεμαχισμό και την ψύξη».

Το κρέας αποτελεί ένα βασικό κομμάτι της ανθρώπινης διατροφής. Από την εποχή που ο άνθρωπος ζούσε κάτω από πρωτόγονες συνθήκες μέχρι τη σημερινή εποχή, που έχει κατακτήσει το φεγάρι και έχει κυριαρχήσει στο διάστημα, η κατανάλωση του κρέατος αποτελούσε ένα αναπόσπαστο κομμάτι της ανθρώπινης διατροφής. Αρχικά, οι πρώτοι *homo sapiens* τρέφονταν με φρούτα και καρπούς από τα δέντρα. Με την κάθοδο τους, όμως, από τα δέντρα, την εγκατάσταση και την προσαρμογή τους στην εδάφια μορφή και την όρθια στάση, την τελειοποίηση των χεριών, την ειδικοποίηση των σιαγόνων, τη μεταβολή του κρανίου τους και άλλων χαρακτηριστικών, έπαψαν να είναι μόνο καρποφάγοι και φυτοφάγοι, και επεκτάθηκαν και σε άλλα είδη διατροφής, όπως το κρέας και το ψάρι. Η κρεοφαγία πιστεύεται ότι άρχισε να αναπτύσσεται κυρίως μετά την κατάκτηση της φωτιάς, η οποία συνέβαλλε σε αυτό, καθιστώντας τις σάρκες των θηραμάτων ευμάσητες (Γεωργάκης, 2005). Αρχικά, η κατανάλωση του κρέατος βασιζόταν στο κυνήγι μεγάλων αρπακτικών. Αργότερα, όμως, με την εκτροφή εξημερωμένων οικόσιτων ζώων και την ανάπτυξη της κτηνοτροφίας, τα είδη των ζώων που εκτρέφονται για το κρέας τους περιορίστηκαν (Warriss, 2000).

Σήμερα, κυρίως τέσσερα είδη ζώων εκτρέφονται για το κρέας τους: τα βοειδή, τα πρόβατα, οι χοίροι και τα πουλερικά. Από αυτά, το κρέας των τριών πρώτων ειδών ονομάζεται «κόκκινο κρέας», ενώ των πουλερικών «άσπρο». Ο βαθμός κατανάλωσης κόκκινου κρέατος ανά τον κόσμο, όπως είναι φυσικό, διαφέρει και σχετίζεται με αίτια οικονομικά και πολιτισμικά (διαφορετική νοοτροπία, παραδόσεις και γενικότερα τρόπο ζωής). Έτσι, στην Βόρεια και Νότια Αμερική, στην Αφρική και την Ευρώπη το μοσχάρι αποτελεί το κυριότερο είδος κρέατος, ενώ το αρνίσιο και το χοίρινο κρέας είναι σημαντικά σε Μέση και Άπω Ανατολή αντίστοιχα. Σε γενικές γραμμές, ο δυτικός κόσμος καταναλώνει τις μεγαλύτερες ποσότητες κρέατος. Το κρέας αποτελεί δείκτη οικονομικής ευημερίας και οι τρόποι διάθεσης και επεξεργασίας του συνεχώς πληθαίνουν (Warriss, 2000).

**Πίνακας 1.1:** Παραγωγή κρέατος το έτος 1995 (βασισμένο σε δεδομένα από GIRA, 1997).

	Συνολική Ποσότητα Κρέατος	Μοσχαρίσιο κρέας	Πρόβειο κρέας	Χοίρινο κρέας	Ορνίθιο κρέας
Ασία και Απω Ανατολή	68.6	7.4	2.7 <sup>a</sup>	43.7	14.8
Βόρεια Αμερική	41.6	14.4	0.2	10.4	16.6
Νότια Αμερική	18.7	9.3	0.3	2.4	6.6
Πρώην Σοβιετική Ένωση	18.7	7.0	0.9	7.8	3.0
Αφρική και Μέση Ανατολή	9.6	3.4	1.8	0.5	3.9
Αυστραλία και Νέα Ζηλανδία	4.4	2.3	1.1	0.4	0.6

<sup>a</sup>: περιλαμβάνεται και κρέας από κατσίκες

## 1.2 Κρέας βιολογικής προέλευσης

Η τάση για την παραγωγή βιολογικών προϊόντων, ξεκίνησε από το 1970, ενώ σήμερα έχει πάρει μεγαλύτερες διαστάσεις και τείνει να γενικευθεί. Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή νομοθεσία, βιολογικό είναι το κρέας το οποίο παράγεται με βάση τους κανονισμούς 889/2008 και 834/2007. Τα βιολογικά προϊόντα ελέγχει, επιβλέπει, προστατεύει και πιστοποιεί ο Οργανισμός Επίβλεψης Αγροτικών Προϊόντων (ΟΠΕΓΕΠ).

Με βάση την Ευρωπαϊκή και Ελληνική νομοθεσία, ως βιολογικό μπορεί να θεωρηθεί το κρέας που προέρχεται από ζώα κτηνοτροφικών εκμεταλλεύσεων που λειτουργούν στηριζόμενοι στους σχετικούς κανόνες της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την παραγωγή των βιολογικών προϊόντων, τρέφονται με ζωοτροφές βιολογικά παραγόμενες, η πρόληψη των ασθενειών βασίζεται στην εκτροφή ζώων κατάλληλων φυλών, τα ζώα διαμένουν σε κατάλληλη πυκνότητα στο δεδομένο χώρο, η χρήση κτηνιατρικών φαρμάκων γίνεται μόνο με την ευθύνη κτηνιάτρου και κάτω από ορισμένες προϋποθέσεις και η αναπαραγωγή των ζώων βασίζεται, κατ'αρχήν, σε φυσικές τεχνικές. Οι κτηνοτροφικές εγκαταστάσεις πρέπει να είναι σύμφωνες με την εκάστοτε ισχύουσα νομοθεσία, και οι εκτροφές των ζώων να ελέγχονται υποχρεωτικά



από κτηνίατρο, ο οποίος έχει την απόλυτη ευθύνη για τη κτηνιατρική διαχείριση της εκτροφής και την τήρηση της σχετικής νομοθεσίας.

Προϋπόθεση για την παραγωγή βιολογικού κρέατος είναι η ανάπτυξη της παραγωγής βιολογικών ζωοτροφών και γενικότερα της βιολογικής γεωργίας. Το 1999 το 1.2 % της παγκόσμιας καλλιεργούμενης έκτασης, το 1.8% της Ευρωπαϊκής και το 0.52% της Ελληνικής αποτελούσαν εκτάσεις παραγωγής βιολογικών γεωργικών προϊόντων (Μπούρμπος, 2001). Τα ποσοστά αυτά, αν και μικρά, τείνουν να αυξάνονται.

### 1.3 Διατροφική αξία κρέατος

Η διατροφική αξία του κρέατος είναι υψηλή, αφού περιέχει μια σειρά θρεπτικών στοιχείων, απαραίτητα για τον άνθρωπο. Τα συστατικά του κρέατος κατά μειούμενη σειρά περιεκτικότητας είναι το νερό, οι πρωτεΐνες, το λίπος, οι υδατάνθρακες, τα ιχνοστοιχεία και οι βιταμίνες. Στο άπαχο κρέας, η περιεκτικότητα των συστατικών αυτών είναι σχετικά σταθερή για ένα μεγάλο αριθμό ζώων, με την σύσταση σε λίπος να εμφανίζει τη μεγαλύτερη διακύμανση (Varnam, and Sutherland, 1999, Πίνακας 1.1). Σημαντικές αποκλίσεις σημειώνονται μόνο σε καταστάσεις ασιτίας.

**Πίνακας 1.2:** Σύσταση άπαχου μυϊκού ιστού (%) (Varnam and Sutherland, 1999).

Είδος κρέατος	Νερό	Πρωτεΐνες	Λιπίδια	Τέφρα
Βοδινό	70-73	20-22	4.8	1
Ορνίθιο	73-76	20-23	4.7	1
Προβάτου	73	20	5-6	1.4
Χοίρου	68-70	19-20	9-11	1.4

Στο άπαχο κρέας, το νερό ανέρχεται κατά μέσο όρο στο 75% του βάρους του. Η κατακράτηση του νερού είναι ιδιαίτερα σημαντική για το κρέας. Η απώλεια του οδηγεί σε οικονομικές ζημιές, αφ' ενός γιατί ισοδυναμεί με μείωση του βάρους του κρέατος και αφ' ετέρου γιατί το καθιστά μη ελκυστικό προς τον καταναλωτή. Επίσης, η απώλεια νερού έχει ως αποτέλεσμα να χάνονται οι υδατοδιαλυτές βιταμίνες, και κυρίως οι βιταμίνες του συμπλέγματος Β, στις οποίες το κρέας είναι ιδιαίτερα πλούσιο. Τέλος, η κατακράτηση νερού συσχετίζεται με τη δομή του κρέατος. Αύξηση της κατακράτησης νερού συνεπάγεται μείωση της μηχανικής αντοχής του κρέατος (Τσακαλίδου, 2001).

Το κρέας θεωρείται μια πηγή πλούσια σε αζωτούχες ενώσεις. Από αυτές, περίπου το 95% είναι πρωτεΐνες και το υπόλοιπο 5% ολιγοπεπτίδια, αμινοξέα και άλλα συστατικά. Η περιεκτικότητα των πρωτεϊνών του κρέατος σε απαραίτητα αμινοξέα (αμινοξέα που δεν μπορεί να συνθέσει ο ανθρώπινος οργανισμός), όπως λευκίνη και ισολευκίνη είναι ικανοποιητική, και για το λόγο αυτό οι πρωτεΐνες του κρέατος χαρακτηρίζονται ως υψηλής βιολογικής αξίας (Varnam and Sutherland, 1999).

**Πίνακας 1.3:** Περιεκτικότητα διαφόρων ειδών κρέατος σε αμινοξέα (g/100g). Με τον αστερίσκο συμβολίζονται τα απαραίτητα αμινοξέα (Paul et al., 1980).

	Βοδινό	Ορνίθιο	Προβάτου	Χοίρου
Αργινίνη	13.7	12.8	12.7	12.2
Κυστεΐνη	2.6	2.6	2.7	2.6
Ιστιδίνη*	7.5	6.2	6.7	8.9
Ισολευκίνη*	10.4	9.5	9.7	9.2
Λευκίνη*	16.3	15.4	15.0	14.5
Λυσίνη*	18.5	18.4	20.3	19.7
Μεθειονίνη*	5.5	4.9	5.3	5.6
Φαινυλαλανίνη*	9.1	9.2	8.0	7.9
Θρεονίνη*	9.4	8.5	9.7	8.9
Τρυπτοφάνη*	2.6	2.3	2.7	2.3
Τυροσίνη	7.8	7.2	7.3	7.6
Βαλίνη *	10.7	9.8	10.0	9.9

Μεγάλη, όμως, είναι και η περιεκτικότητα του κρέατος σε λιπίδια. Το ζωικό λίπος, το οποίο είναι ιδιαίτερα εύπεπτο, θεωρείται υψηλής βιολογικής αξίας, καθώς παρέχει το απαραίτητο για το άνθρωπο λινολεϊκό οξύ, μεταφέρει τις λιποδιαλυτές πρωτεΐνες (A, D, E, K) και προφυλάσσει τον ανθρώπινο οργανισμό, παρέχοντας του ενέργεια σημαντικά μεγαλύτερη από την αντίστοιχη των υδατανθράκων και των πρωτεϊνών (το λίπος προσδίδει 2.25 φορές παραπάνω ενέργεια από ότι οι

υδατάνθρακες και οι πρωτεΐνες). Επιπροσθέτως, το λίπος διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη γεύση, το άρωμα και την τρυφερότητα του κρέατος. Η χοληστερόλη και τα κορεσμένα λιπαρά συστατικά του κρέατος έχουν και τα δύο συσχετιστεί με προδιάθεση για καρδιακές παθήσεις. Η περιεκτικότητα του άπαχου κρέατος σε χοληστερόλη δεν είναι υψηλή (65-70 mg/100g), αλλά η κατανάλωση μεγάλων ποσοτήτων κρέατος οδηγεί σε υπερβολική λήψη (Romans et al., 2001; Varnam and Sutherland, 1999).

Όσον αφορά τα ιχνοστοιχεία, το κρέας αποτελεί σημαντική πηγή πρόσληψης σιδήρου, ψευδάργυρου και φώσφορου, ενώ μικρή είναι η περιεκτικότητά του σε ασβέστιο, ιώδιο και μαγνήσιο (Romans, et al., 2001; Varnam, and Sutherland, 1999).

Τέλος, ο μυϊκός ιστός αποτελεί μια εξαιρετική πηγή βιταμινών του συμπλέγματος Β, ιδίως θειαμίνης, ριβοφλαβίνης, νιασίνης, Β<sub>6</sub> και Β<sub>12</sub>. Η περιεκτικότητά του κρέατος σε βιταμίνη Β εξαρτάται από μια σειρά παραγόντων, όπως το είδος του ζώου και τον τύπο του μυός. Από τις λιποδιαλυτές βιταμίνες, η Α παρουσιάζει τη μεγαλύτερη συγκεντρώση, ενώ οι υπόλοιπες D, E και Κ απαντώνται σε χαμηλότερες συγκεντρώσεις. Τα επίπεδα της βιταμίνης Ε στο κρέας είναι μεγαλύτερα όταν τα ζώα τρέφονται με τροφή πλούσια σε τοκοφερόλη. Τέλος, η βιταμίνη C βρίσκεται σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις (Varnam, and Sutherland, 1999).

#### 1.4 Μεταθανάτιες (*post-mortem*) μεταβολές κρέατος

Από τη στιγμή που το ζώο πεθαίνει μέχρι να καταναλωθεί ως τρόφιμο, λαμβάνει χώρα στους μύες μια σειρά βιοχημικών μεταβολών. Οι φυσιολογικές μεταθανάτιες αυτές μεταβολές (*post mortem*), οι οποίες έχουν ιδιαίτερη σημασία για την τεχνολογία και τη διαμόρφωση της ποιότητας του κρέατος, μπορούν να διακριθούν σε τρεις φάσεις: το στάδιο πριν τη νεκρική ακαμψία, τη νεκρική ακαμψία (*rigor mortis*) και το στάδιο μετά τη νεκρική ακαμψία του κρέατος (ωρίμανση).

Όταν το ζώο είναι ακόμα εν ζωή, οι ιστοί και τα επημέρους κύτταρα προσπαθούν να διατηρήσουν την οργάνωσή τους, αντλώντας ενέργεια από το περιβάλλον. Η απαραίτητη αυτή ενέργεια προέρχεται από την οξείδωση των αποθηκευτικών μορίων και πιο συγκεκριμένα των υδατανθράκων και των λιπών, μέσω των μηχανισμών της γλυκόλυσης, της β-οξείδωσης των λιπαρών οξέων, του κύκλου του Krebs και της αναπνευστικής αλυσίδας. Η λειτουργία όλου του συστήματος απαιτεί αερόβιες συνθήκες. Το ATP που παράγεται από τους μηχανισμούς αυτούς είναι απαραίτητο για τη κίνηση του μυ, καθώς εμποδίζει το σχηματισμό του συμπλόκου της ακτινομουσίνης, διατηρώντας τους μύες σε κατάσταση ηρεμίας. Η συστολή του μυός επέρχεται μόνο με την υδρόλυση του ATP σε ADP. Σε περιπτώσεις έντονης μυϊκής δραστηριότητας το οξυγόνο δεν επαρκεί για την πλήρη οξείδωση των αποθηκευτικών μορίων μέσω της αναπνευστικής αλυσίδας, με αποτέλεσμα ο οργανισμός να

καταφεύγει στην αναερόβια γλυκόλυση. Στην περίπτωση αυτή, το πυροσταφυλικό οξύ, το οποίο παράγεται κατά την γλυκόλυση μετατρέπεται σε γαλακτικό οξύ, μέσω του ενζύμου γαλακτικής αφυδρογονάσης. Κατά την αναερόβια γλυκόλυση, η παραγωγή του ATP είναι σημαντικά μικρότερη (2 ή 3 mole ATP/mole γλυκόζης) σε σχέση με τις ποσότητες που παράγονται στην αερόβια γλυκόλυση (36 ή 37 mole ATP/mole γλυκόζης) (Τσακαλίδου, 2001; Γεωργιάκης, 2005).

Μετά τη σφαγή, οι ιστοί συνεχίζουν την μεταβολική τους δραστηριότητα. Λόγω της παύσης της αιματικής κυκλοφορίας και της απομάκρυνσης του αίματος (αφαίμαξη), η παροχή του οξυγόνου στους μύες μειώνεται. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αδρανοποίηση του μηχανισμού της αναπνευστικής αλυσίδας (σύστημα μεταφοράς ηλεκτρονίων) και της οξειδωτικής φωσφορυλίωσης (δέσμευση της ενέργειας που παράγεται κατά την αερόβια γλυκόλυση), γεγονός που οδηγεί στην αδυναμία ανασύνθεσης του ATP από τους μηχανισμούς αυτούς και στη διέγερση της αναερόβιας γλυκόλυσης. Κατά την αναερόβια γλυκόλυση, η γλυκόζη που παράγεται από τη διάσπαση του γλυκογόνου, μετατρέπεται σε γαλακτικό οξύ. Λόγω της κατάρρευσης του αιμοποιητικού συστήματος, το παραγόμενο γαλακτικό οξύ δεν μπορεί να απομακρυνθεί, γεγονός που οδηγεί στην πτώση του pH και την οξίνιση του μυ. Η τελική τιμή του pH ποικίλει και εξαρτάται από το είδος του μυ καθώς και το είδος και τη φυσική κατάσταση του ζώου πριν τη σφαγή. Έτσι, έχει βρεθεί ότι σε κάποιους μύες που προέρχονται από χοίρους, το τελικό pH μπορεί να είναι πιο κοντά στο 6. Επίσης, σε κρέας το οποίο προέρχεται από ξεκούραστο ζώο με καλή διατροφή πριν τη σφαγή, η αρχική τιμή του pH, που κυμαίνεται από περίπου 7.2-7.4, φτάνει σε τελική τιμή 5.3-5.5. Στην περίπτωση, όμως, που το ζώο έχει υποβληθεί σε συνθήκες stress πριν τη σφαγή (έχει υποστεί έντονη σωματική καταπόνηση, νηστεία ή έχει υποβληθεί σε πολύ χαμηλές ή υψηλές θερμοκρασίες ή έχει φοβηθεί), το pH φτάνει στη τιμή 6-6.5, με αποτέλεσμα το κρέας που παράγεται να είναι σκούρο, ξηρό και ευαίσθητο σε μικροοργανισμούς. Το κρέας αυτό αναφέρεται ως DFD (Dark, Firm, Dry). Η τιμή του pH είναι αντιστρόφως ανάλογη της συγκέντρωσης γαλακτικού. Η τελική συγκέντρωση του γαλακτικού οξέος φτάνει σε τιμές μικρότερες των 10 mg/g.

Η διάρκεια της διαδικασίας οξίνισης εξαρτάται από το είδος του ζώου και κυμαίνεται από 4-8 h για το κρέας προερχόμενο από χοίρους, 12-24 h για κρέας προερχόμενο από αρνί και 15-36 h για κρέας από βοειδή (Dransfield, 1994). Για κρέας από πουλερικά, η πτώση του pH πραγματοποιείται πολύ γρήγορα. Για παράδειγμα, στο κρέας από γαλοπούλα το pH πέφτει στην τιμή 6 μέσα σε 10-15 λεπτά *post mortem*.

Η μεταθανάτια πτώση του pH έχει τεράστια σημασία για την ποιότητα του κρέατος, καθώς επηρεάζει τη δομή του, την ικανότητα συγκράτησης νερού, το χρώμα και την ανθεκτικότητα του σε μικροοργανισμούς. Οι μυικές πρωτεΐνες τείνουν να μετουσιώνονται καθώς το pH πέφτει. Αυτό οδηγεί σε μείωση της ικανότητας τους να

προδένονται σε μόρια νερού, με αποτέλεσμα την αποβολή της υδατικής φάσης από τις μυϊκές ίνες και την εμφάνιση ορού. Το τελευταίο οδηγεί σε απώλεια βάρους. Η αλλαγή των πρωτεϊνών αυξάνει την ικανότητα σκέδασης του φωτός των συσταλών μερών της μυϊκής ίνας. Έτσι, το χρώμα του κρέατος αλλάζει από σχετικά σκούρο, που εμφανίζεται στο ζωντανό ζώο, σε θαμπό και ωχρο (Warriss, 2000; Τσακαλίδου 2001).

Καθώς το pH πέφτει και η αναερόβια γλυκόλυση συνεχίζεται ώστε να παρέχει την απαραίτητη για το μυ ενέργεια, το γλυκογόνο εξαντλείται. Μετά την εξάντληση του γλυκογόνου, η αναγέννηση του ATP γίνεται μέσω της φωσφορικής κρεατίνης (CP), η οποία μεταφέρει τη φωσφορική της ομάδα στο ADP, οπότε σχηματίζεται ATP και κρεατίνη (C). Γρήγορα, όμως, και η φωσφορική κρεατίνη εξαντλείται. Τελικά, η παραγωγή του ATP σταματάει, αρχικά λόγω της εξάντλησης του υποστρώματος και κατά δεύτερον λόγω της πτώσης του pH σε τέτοια επίπεδα ώστε να εμποδίζεται η δράση κρίσιμων ενζύμων της γλυκόλυσης. Η εξάντληση του ATP σε επίπεδα μικρότερα του 1  $\mu\text{mol/g}$  ιστού οδηγεί στο στάδιο της νεκρικής ακαμψίας (*rigor mortis*). Κατά το στάδιο αυτό, η ακτίνη και η μυοσίνη των χονδρών και λεπτών νηματίων αντιδρούν απουσία του ATP μη αντιστρεπτά προς το σχηματισμό της ακτινομυοσίνης, με αποτέλεσμα η ελαστικότητα του μυός να χάνεται. Κάθε μυϊκή ίνα εισέρχεται στο στάδιο της νεκρικής ακαμψίας πολύ γρήγορα, και καθώς όλο και περισσότερες μυϊκές ίνες χάνουν την ελαστικότητά τους, ολόκληρος ο μυς γίνεται σταδιακά άκαμπτος.

Είναι φανερό, ότι το στάδιο της νεκρικής ακαμψίας είναι στενά συνδεδεμένο με τους παράγοντες που επηρεάζουν τη συγκέντρωση του γλυκογόνου και της φωσφορικής κρεατίνης πριν τη σφαγή του ζώου και το ρυθμό του μεταθανάτιου μεταβολισμού. Για παράδειγμα, σε ζώα τα οποία έχουν υποστεί συνθήκες stress πριν τη σφαγή (DFD κρέας), η μειωμένη συγκέντρωση του γλυκογόνου θα οδηγήσει στην ταχύτερη ενεργοποίηση του σταδίου της νεκρικής ακαμψίας, πριν ακόμα το pH πάρει την τελική του τιμή. Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι η ενεργοποίηση της νεκρικής ακαμψίας εξαρτάται αποκλειστικά και μόνο από τη διαθεσιμότητα των μορίων ATP και όχι από το pH του μυός.

Τη νεκρική ακάμψια διαδέχεται μια άλλη κατάσταση, η ωρίμανση, χάρη στην οποία το κρέας αποκτά τρυφερότητα, καλύτερο άρωμα και γεύση. Η ωρίμανση αποτελεί ένα πολύπλοκο βιοχημικό φαινόμενο, αρχίζει πριν ακόμα ο μυς αποκτήσει το τελικό του pH και οφείλεται στην αποδόμηση των συσταλών πρωτεϊνών από τα μυϊκά νημάτια. Έχει βρεθεί ότι για την αύξηση της τρυφερότητας του κρέατος κατά την ωρίμανση, μεγαλύτερη σημασία έχει η λύση των δεσμών των νηματίων της ακτίνης από τους δίσκους Z (Γεωργιάκης, 1986). Το στάδιο της ωρίμανσης οφείλεται στη δράση των πρωτεολυτικών ενζύμων, τα οποία βρίσκονται στο μυϊκό ιστό. Ο ρόλος των πρωτεϊνικών αυτών μορίων κάτω από φυσιολογικές συνθήκες είναι η αποδόμηση και η ανακύκλωση των πρωτεϊνών, φαινόμενο το οποίο παρατηρείται σε

όλους τους ζωντανούς ιστούς. Δύο είναι τα ένζυμα τα οποία εμπλέκονται στη διαδικασία της ωρίμανσης, οι καθεψίνες και οι καλπαΐνες. Οι πρώτες απαντώνται στα λυσοσωμάτα, απελευθερώνονται *post-mortem* και αποκτούν τη μέγιστη δράση τους σε έλαφρά όξινες τιμές pH. Έχει βρεθεί ότι τα ένζυμα αυτά διασπούν την Τ-τροπονίνη και συμπλέγματα του κολλαγόνου, ενώ μπορούν να διασπάσουν την ακτίνη και μυοσίνη σε τιμές pH μικρότερες του 5. Οι καλπαΐνες αποτελούν ένζυμα που δρουν σε ουδέτερες προς αλκαλικές τιμές pH και ενεργοποιούνται από τα ιόντα ασβεστίου. Απαντώνται στην περιοχή του Ζ-δίκου του μυϊκού νηματίου, τον οποίο και διασπούν. Επιπροσθέτως, οι καλπαΐνες είναι υπεύθυνες για την αποικοδόμηση και άλλων πρωτεϊνών, όπως της τροπομυοσίνης, της τροπονίνης-Τ και της τροπονίνης-Ι, δεν μπορούν, όμως, να υδολύσουν την ακτίνη, τη μυοσίνη και την α-ακτινίνη. Αδρανοποιούνται από τις καλπαστατίνες. Οι καλπαΐνες απαντώνται σε δύο μορφές, την *m*-καλπαΐνη και την *μ*-καλπαΐνη. Οι πρώτες ενεργοποιούνται από χαμηλές συγκεντρώσεις ασβεστίου (1-2 mM), ενώ οι δεύτερες από υψηλές (50-100 mM). Πιστεύεται ότι η δράση των *m*-καλπαϊνών είναι πιο σημαντική στη διαδικασία τρυφεροποίησης του κρέατος. Ο ακριβής ρόλος των καλπαϊνών, δεν είναι πλήρως γνωστός, η πιθανή, τους, όμως, δράση *post-mortem*, θεωρείται ως εξής: Μετά την εξάντληση του ATP και το τέλος της νεκρικής ακαμψίας, το σαρκοπλασματικό δίκτυο και τα μιτοχόνδρια απελευθερώνουν ιόντα ασβεστίου, με αποτέλεσμα να ενεργοποιούνται οι καλπαΐνες. Υπό φυσιολογικές συνθήκες, οι καλπαΐνες αδρανοποιούνται από τις καλπαστίνες. Η αδρανοποίηση αυτή αναστέλεται από τα ιόντα ασβεστίου, επιτρέποντας, έτσι, στην πρωτεόλυση να ξεκινήσει. Η δράση της καλπαΐνης αυξάνεται με τα υψηλότερα επίπεδα ασβεστίου, την αύξηση της θερμοκρασίας και του pH (Warriss, 2000).

Η αποδόμηση των πρωτεϊνών, η οποία, ξεκινάει από το στάδιο της ωρίμανσης λόγω της δράσης των ενδογενών ενζύμων του κρέατος, συνεχίζεται, σε μετέπειτα στάδιο από τα βακτηριακά ένζυμα, η δράση των οποίων οδηγεί στη σήψη του κρέατος.

Ιδιαίτερα σημαντικός για την τεχνολογία τροφίμων είναι ο χρόνος ωρίμανσης του κρέατος, ο οποίος επηρεάζεται σημαντικά από τη θερμοκρασία συντήρησης του. Για θερμοκρασία μεταξύ 0-40°C, ο ρυθμός τρυφεροποίησης διπλασιάζεται για κάθε αύξηση της θερμοκρασίας κατά 10°C. Σε γενικές γραμμές, ένα κρέας ωριμάζει σε 12 περίπου ώρες στους 36°C, σε 3 περίπου ημέρες σε θερμοκρασία 15-17°C και σε 10 περίπου ημέρες στους 2-4°C.

**Πίνακας 1.4:** Ρυθμοί τρυφεροποίησης διαφόρων ειδών κρέατος (Dransfield and MacFie, 1980, Dransfield et al., 1981).

Είδος	Ημέρες στους 1 <sup>ο</sup> c μέχρι να επέλθει το 80% της τρυφεροποίησης
Μοσχάρι	10
Λαγός	9.5
Αρνί	7.7
Χοίρος	4.2
Κοτόπουλο	0.3

**Πίνακας 1.5:** Προτεινόμενοι χρόνοι ωρίμανσης (σε ημέρες) για κρέας από χοιρινό, αρνί και μοσχάρι (Varnam and Sutherland, 1999).

Χοιρινό	4-10
Αρνί	7-14
Μοσχάρι	10-21

**Πίνακας 1.6:** Χημική σύσταση κρέατος μετά το τέλος της νεκρικής ακαμψίας (%) (García-López, 1998).

Νερό	75
Πρωτεΐνες	19
Λίπη	3
Φωσφορική Κρεατίνη	-
Κρεατίνη	0.7
ΑΤΡ	-
Γλυκογόνο	0.1
Γλυκόζη	0.1
6-φωσφορο-γλυκόζη	0.2
Γαλακτικό οξύ	0.9
Αμινοξέα	0.4

### 1.5 Συσκευασία Τροποποιημένων Ατμοσφαιρών

Στη σημερινή εποχή, οι απαιτήσεις των καταναλωτών έχουν αλλάξει. Η στροφή προς πιο φυσικά, υγιεινά και φρέσκα προϊόντα, με ελάχιστη επεξεργασία και χωρίς την προσθήκη συντηρητικών, αλλά ταυτόχρονα ασφαλή για την υγεία και με μεγάλο χρόνο ζωής αποτελούν και χαρακτηρίζουν τις νέες τάσεις της σημερινής εποχής, επηρεάζοντας, όπως είναι φυσικό, και τη βιομηχανία τροφίμων. Η τελευταία, προσπαθώντας να βρει λύσεις στα παραπάνω προβλήματα που τις τέθηκαν, στράφηκε σε διάφορους διεξόδους. Μία από αυτές αποτέλεσε και η συσκευασία σε τροποποιημένες ατμόσφαιρες και κενό. Οι βασικές αρχές της τεχνολογίας των τροποποιημένων ατμοσφαιρών θεωρούνται γνωστές από την αρχαιότητα. Σύμφωνα με γραπτά κείμενα, οι αρχαίοι Έλληνες, Κινέζοι αλλά και λαοί άλλων πολιτισμών χρησιμοποιούσαν την τεχνολογία αυτή για τη συντήρηση των προϊόντων τους. Πιο συγκεκριμένα, τοποθετούσαν φρούτα σε χάλκινους περιέκτες μαζί με γρασίδι και φρέσκα φύλλα. Η αναπνευστική δραστηριότητα των τριών αυτών προϊόντων άλλαζαν γρήγορα την αέρια σύσταση, δημιουργώντας ένα αναερόβιο περιβάλλον, υψηλής συγκέντρωσης σε διοξείδιο του άνθρακα και χαμηλής συγκέντρωσης σε οξυγόνο, γεγονός που επιβράδυνε την ωρίμανση των φρούτων (Floros and Matsos, 2005).

Παρότι τα επιστημονικά δεδομένα για την ευνοϊκή επίδραση της συσκευσίας των τροποποιημένων ατμοσφαιρών (TA) ήταν γνωστά, η εξέλιξη της μεθόδου αυτής ήταν αργή και η χρησιμοποίησή της σε εμπορική κλίμακα περιορισμένη. Τη δεκαετία του 1950, με την ανάπτυξη των υπεραγορών (super-markets), οι οποίες απαιτούσαν ασφαλή τρόφιμα με προβλέψιμο χρόνο ζωής, παρατηρείται για πρώτη φορά η χρήση της τεχνολογίας των τροποποιημένων ατμοσφαιρών σε μαζική κλίμακα και για προϊόντα, όπως κρέας, ψάρι και καφές (Inns, 1987). Το ενδιαφέρον για τις τροποποιημένες ατμόσφαιρες αυξήθηκε τις δεκαετίες του 1970 και 1980, όπου και σημειώθηκε άνοδος στη χρήση των TA (Floros and Matsos, 2005; Nychas and Skandamis, 2005).

Η επιτυχία της συσκευασίας των τροποποιημένων ατμοσφαιρών οφείλεται σε διάφορους παράγοντες. Οι τροποποιημένες ατμόσφαιρες παρατείνουν το χρόνο ζωής των προϊόντων και διατηρούν την εμφάνισή τους για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, χωρίς η προσθήκη συντηρητικών να είναι απαραίτητη. Ο όρος «χρονος ζωής» (shelf-life) των τροφίμων αναφέρεται στο χρονικό διάστημα που μεσολαβεί από τη συσκευασία μέχρι το τρόφιμο να διατηρήσει εκείνες τις ιδιότητες (εμφάνιση, χρώμα, οσμή, υφή και διατροφική αξία) που το κάνουν αποδεκτό από τον καταναλωτή (Singh and Singh, 2005). Οι επίδρασεις των TA πάνω στο τρόφιμο παρέχουν πλεονεκτήματα, τόσο στους καταναλωτές, όσο και στη βιομηχανία των τροφίμων. Για τους πρώτους, η συσκευασία αυτή ικανοποιεί τις απαιτήσεις τους για τρόφιμα υψηλής ποιότητας και με μεγάλη διάρκεια ζωής, ενώ στους δεύτερους προσφέρει μεγαλύτερη ανταγωνιστικότητα του προϊόντος και άρα μεγαλύτερα οικονομικά



οφέλη. Αυτό επιτυγχάνεται με την είσοδο σε νέες, πιο μακρινές αγορές και περιορισμό των προϊόντων που απορρίπτονται (Flores and Matsos, 2005; Nychas and Skandamis, 2005).

Εκτός από τα παραπάνω πλεονεκτήματα, η συσκευασία σε τροποποιημένες ατμόσφαιρες διαθέτει και κάποια μειονεκτήματα. Αυτά συνοψίζονται στα παρακάτω:

- κάθε προϊόν απαιτεί διαφορετική αέρια σύσταση, με αποτέλεσμα να απαιτείται εξειδικευμένος και ακριβός εξοπλισμός

- απαιτείται ειδική εκπαίδευση του προσωπικού

- οι συσκευασίες σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα προκαλούν αύξηση του τελικού όγκου συσκευασίας, με αποτέλεσμα να απαιτείται μεγάλος χώρος για τη διανομή και συντήρησή τους

Τα παραπάνω έχουν αποτέλεσμα την αύξηση του κόστους παραγωγής στη βιομηχανία κρέατος, το οποίο καλούνται να πληρώσουν οι καταναλωτές (Flores and Matsos, 2005).

## 1.6 Βασικές αρχές και τεχνικές των Τροποποιημένων Ατμοσφαιρών

Με τον όρο Συσκευασία σε Τροποποιημένες Ατμόσφαιρες (Modified Atmosphere Packaging, MAP) εννοούμε αυτή κατά την οποία η φυσική σύσταση του αέρα (78% άζωτο, 21% οξυγόνο και 0.03% διοξείδιο του άνθρακα) αντικαθίσταται με ένα ή περισσότερα αέρια, τα οποία δημιουργούν μια εναλλακτική ατμόσφαιρα, με ευεργετικές επιδράσεις πάνω στο προϊόν (Phillips, 1996). Βασικότερος σκοπός των ΤΑ είναι η παράταση του χρόνου ζωής των προϊόντων, η παραμπόδιση της εμφάνισης ανεπιθύμητων αλλαγών (δυσσάρεστη οσμή, γεύση και εμφάνιση) στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του προϊόντος, χαρακτηριστικά που οδηγούν στην απόρριψη του και, τέλος, η διαφύλαξη της ασφάλειας του προϊόντος. Τα παραπάνω, η συσκευασία σε τροποποιημένες ατμόσφαιρες και κενό τα επιτυγχάνουν επιδρώντας πάνω στη συσκευασία με τρεις τρόπους:

- επιβραδύνουν τις φυσικοχημικές, μικροβιολογικές και οργανοληπτικές αλλαγές που λαμβάνουν χώρα κατά την αλλοίωση των τροφίμων

- ελέγχουν την εξέλιξη του μικροβιακού φορτίου και, τέλος,

- εμποδίζουν τη μίανση του προϊόντος, κρατώντας το τρόφιμο ασφαλή στο εσωτερικό του περιέκτη.

Η συσκευασία των τροποποιημένων ατμοσφαιρών μπορεί να πραγματοποιηθεί με δύο τρόπους, τον ενεργητικό και τον παθητικό. Στην πρώτη περίπτωση (ενεργή αντικατάσταση της ατμόσφαιρας, active modification), ο αέρας του περιέκτη εκτοπίζεται και αντικαθίσταται από τα επιθυμητά αέρια. Η τροποποίηση της εσωτερικής ατμόσφαιρας είναι ακαριαία και λαμβάνει χώρα κατά την αρχή της συντήρησης. Κατά τον παθητικό τρόπο αντικατάστασης της ατμόσφαιρας (passive modification), το προϊόν συσκευάζεται με ένα επιλεγμένο φιλμ συσκευασίας και η ατμόσφαιρα στο εσωτερικό του περιέκτη μεταβάλλεται στα επιθυμητά επίπεδα ως ένα φυσικό φαινόμενο που οφείλεται στη αναπνευστική δραστηριότητα του προϊόντος ή στη διάχυση των αερίων διαμέσου του φιλμ συσκευασίας (Moleyar and Narasimham, 1994; Zagory, 1999; Lee et al., 1996). Ο τρόπος αυτός χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο στη συσκευασία φρούτων και λαχανικών, λόγω της ιδιότητας των ιστών αυτών να αναπεύουν και μετά τη συγκομιδή, καταναλώνοντας οξυγόνο και παράγοντας διοξείδιο του άνθρακα. Το μειονέκτημα του παθητικού τρόπου αντικατάστασης της ατμόσφαιρας είναι ότι η επιθυμητή αέρια σύσταση επιτυγχάνεται με σχετικά αργούς ρυθμούς, με αποτέλεσμα τη συσσώρευση οξυγόνου, διοξειδίου του άνθρακα και αιθυλενίου, συχνά, σε ανεξέλεγκτα επίπεδα, γεγονός που επιδρά αρνητικά στην ποιότητα του προϊόντος (Floros and Matsos, 2005).

Τρία είναι τα κυριότερα αέρια που χρησιμοποιούνται στις τροποποιημένες ατμόσφαιρες, το οξυγόνο, το διοξείδιο του άνθρακα και το άζωτο. Το αέρια αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε μόνα τους είτε σε μίγματα διαφόρων συστάσεων. Η επιλογή των αερίων αυτών δεν ήταν τυχαία, αλλά κάθε αέριο κατέχει ένα συγκεκριμένο ρόλο στον περιέκτη.

Έτσι, το οξυγόνο παρεμποδίζει την ανάπτυξη των αναερόβιων μικροοργανισμών, ενώ προωθεί την ανάπτυξη των αερόβιων. Επιπροσθέτως, το οξυγόνο είναι υπεύθυνο για την εμφάνιση ανεπιθύμητων αλλαγών στα τρόφιμα που συντηρούνται σε τροποποιημένες ατμόσφαιρες. Πιο συγκεκριμένα το οξυγόνο είναι υπεύθυνο για την οξειδωση και τη τάγγιση του λίπους σε κρέας, ψάρια και έτοιμα προς κατανάλωση προϊόντα, για την ταχύτερη ωρίμανση των φρούτων και λαχανικών, για την εμφάνιση του μαγαιάτικου σε προϊόντα αρτοποιίας, για τις μεταβολές του χρώματος και, τέλος, για τη μικροβιακή αλλοίωση (Floros and Matsos, 2005). Εξ' αιτίας των ανεπιθύμητων αυτών μεταβολών στην ποιότητα των τροφίμων, το οξυγόνο γενικά αποφεύγεται στα προϊόντα που συσκευάζονται σε τροποποιημένες ατμόσφαιρες. Παρόλα αυτά, μικρές ποσότητες οξυγόνου είναι απαραίτητες σε μερικά τρόφιμα. Για παράδειγμα, σε φρούτα και λαχανικά μια ελάχιστη συγκέντρωση οξυγόνου απαιτείται ώστε να μπορεί να διατηρηθεί η διαδικασία της αναπνοής. Σε τρόφιμα, όμως, όπως το κόκκινο κρέας, υψηλές ποσότητες οξυγόνου είναι απαραίτητες για τη διατήρηση του ελκυστικού κόκκινου χρώματος του φρέσκου κρέατος (Floros and Matsos, 2005; Nychas and Skandamis, 2005).

Το διοξείδιο του άνθρακα διαθέτει ανασταλτική δράση απέναντι στα Gram<sup>-</sup> αερόβια βακτήρια και τις ζύμες, μικροοργανισμοί οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για την εμφάνιση δυσσάρεστης οσμής και γεύσης σε κρέας, ψάρια και σφάγια πουλερικών. Επίσης, το αέριο αυτό είναι ιδιαίτερα ευδιάλυτο στην υδατική φάση των τροφίμων, τα οποία και οξινίζει, ως αποτέλεσμα της παραγωγής καρβονικού οξέος (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>). Το καρβονικό οξύ παράγεται από την αντίδραση CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O ↔ H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> και δεν επιδρά στη γεύση του τροφίμου. Το διοξείδιο του άνθρακα δρα, επίσης, κατασταλτικά στην αναπνοή φρούτων και λαχανικών, ενώ όταν η περιεκτικότητα του στη συσκευασία είναι σε επίπεδα μεγαλύτερα του 1%, η επίδραση της ορμόνης ωρίμανσης (αιθυλένιο) πάνω στους φυτικούς ιστούς αναστέλλεται. Υψηλές συγκεντρώσεις διοξειδίου του άνθρακα οφείλονται για την καταστροφή των φυτικών ιστών, για τον αποχρωματισμό των ζωικών ιστών και την κατάρρευση της συσκευασίας, όταν το αέριο αυτό συνεχίζει να απορροφάται από την υδατική φάση του προϊόντος (Blakistone, 1998; Nychas and Skandamis, 2005).

Τέλος, το άζωτο αποτελεί ένα αδρανές αέριο το οποίο χρησιμοποιείται για το εκτόπισμα του ατμοσφαιρικού αέρα, και κυρίως του οξυγόνου. Επίσης εμποδίζει την κατάρρευση της συσκευασίας σε προϊόντα με υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία και λίπος, λόγω της χαμηλής διαλυτότητας του στην υδατική και λιπαρή φάση των τροφίμων (Blakistone, 1998; Nychas and Skandamis, 2005).

Όσον αφορά το κρέας, ψάρια και κρέας πουλερικών, μεγάλη σημασία διαδραματίζει η αναλογία των αερίων O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> στον περιέκτη. Η συγκέντρωση του οξυγόνου θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε να διατηρεί το οξυγονωμένο φρέσκο κόκκινο χρώμα του προϊόντος, και ταυτόχρονα να μην προωθεί την οξειδωση των λιπών, η οποία προκαλείται από υψηλή συγκέντρωση του αερίου αυτού. Επίσης, η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα θα πρέπει να είναι σε επίπεδα τα οποία δεν προκαλούν τον αποχρωματισμό του κρέατος (Nychas and Skandamis, 2005).

Εκτός από το οξυγόνο, άζωτο και διοξείδιο του άνθρακα, διάφορα άλλα αέρια έχουν χρησιμοποιηθεί στη συσκευασία των τροποποιημένων ατμοσφαιρών, όπως μονοξείδιο του άνθρακα, μονοξείδιο και εποξειδία του αζώτου, διοξείδιο του θείου, χλώριο και όζον (Phillips, 1996). Η χρήση των αερίων αυτών περιορίζεται, κυρίως, σε πειραματική και όχι σε εμπορική κλίμακα. Αυτό, κατά κύριο λόγο, οφείλεται στις επιβλαβείς επιδράσεις των αερίων αυτών στην ανθρώπινη υγεία. Παρόλα αυτά, σύμφωνα με τους Sølheim et. al (1997; 1999), το μονοξείδιο του άνθρακα χρησιμοποιείται σε χαμηλές συγκεντρώσεις (0.3-0.4 %) από τη βιομηχανία κρέατος της Νορβηγίας, και, μάλιστα σε ποσοστό που φτάνει το 50-60 % του συνολικά συσκευασμένου κρέατος. Οι ίδιοι μελετητές υποστηρίζουν ότι το μονοξείδιο του άνθρακα δεν είναι τοξικό για τον άνθρωπο σε συγκεντρώσεις μέχρι 0.5 %.

**Πίνακας 1.7:** Προτεινόμενη σύσταση αερίων προς συσκευασία διαφόρων τροφίμων σε τροποποιημένες ατμόσφαιρες (Parry, 1993).

Προϊόν	O <sub>2</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	N <sub>2</sub> (%)
Κόκκινο κρέας	60-85	15-40	–
Κρέας από πουλερικά	–	25	75
Ψάρι (Άσπρο)	30	40	30
Ψάρι (oil)	–	60	40
Σολομός	20	60	20
Σκληρό τυρί	–	100	–
Μαλακό τυρί	–	30	70
Ψωμί	–	60-70	30-40
Ζυμαρικά	–	–	100
Φρούτα και λαχανικά	3-5	3-5	85-95
Αποξηραμένα/ψημένα τρόφιμα	–	–	100

Ένα είδος τροποποιημένων ατμοσφαιρών αποτελεί η συσκευασία σε κενό. Κατά τη συσκευασία σε κενό, το τρόφιμο τοποθετείται σε πλαστική μεμβράνη χαμηλής διαπερατότητας σε οξυγόνο ( $<5 \text{ cm}^3/\text{m}^2 \text{ day/atm}$ ), ο αέρας απομακρύνεται με τη βοήθεια συσκευής κενού και στη συνέχεια σφραγίζεται. Όταν η διαδικασία της συσκευασίας γίνει σωστά, το ποσοστό του ελεύθερου χώρου (headspace) της συσκευασίας αποτελείται από  $< 1\%$  O<sub>2</sub> (v/v) και 10-20% CO<sub>2</sub> (v/v), το οποίο όμως μπορεί να φτάσει μέχρι 30% από την αναπνευστική δραστηριότητα του κρέατος και των μικροοργανισμών (Stiles, 1991). Είναι, λοιπόν, σημαντικό κατά τη συσκευασία να απομακρυνθεί όσο το δυνατό μεγαλύτερη ποσότητα οξυγόνου, έτσι ώστε να παραταθεί ο χρόνος ζωής του προϊόντος για το μεγαλύτερο δυνατό χρονικό διάστημα και να επιτευχθεί καλύτερο χρώμα κατά τη συντήρηση. Στο κενό μπορεί να παραχθεί σημαντική απώλεια ορού, γεγονός που επιδρά αρνητικά στην εμφάνιση του προϊόντος. Αυτό μπορεί να αποφευχθεί με τη χρησιμοποίηση συσκευασίας που αφήνει όσο το δυνατό μικρότερο χώρο για τη συσσώρευση υγρού (Blakistone, 1998).

### 1.7 Μικροβιολογία κρέατος

Η μικροβιολογία του κρέατος άρχισε να προσελκύει την προσοχή των επιστημόνων αμέσως μετά την καθιέρωση της βακτηριολογίας ως ανεξάρτητη επιστήμη. Το ενδιαφέρον για την επιστήμη αυτή αυξήθηκε στη δεκαετία του 1930, όταν για πρώτη φορά τεράστιες ποσότητες κρέατος άρχισαν να μεταφέρονται σε μεγάλες αποστάσεις (για παράδειγμα από την Αυστραλία στα Ηνωμένα Βασίλεια) και κορυφώθηκε στη δεκαετία του 1950, με την ανάπτυξη των υπεραγορών (super-markets) (Davies and Board, 1998).

Στα ζωντανά, υγιή ζώα, οι μικροοργανισμοί εντοπίζονται μόνο στον εντερικό σωλήνα, και η είσοδος τους σε άλλους ιστούς εμποδίζεται από το ανοσοποιητικό σύστημα. Μετά τη σφαγή, οι μηχανισμοί άμυνας καταρρέουν, με αποτέλεσμα η μίανση του κρέατος να είναι αναπόφευκτη. Το περιβάλλον του χώρου σφαγής, επεξεργασίας και συσκευασίας αποτελεί την κυριότερη πηγή μίανσης του φρέσκου κρέατος. Πιο συγκεκριμένα, το δέρμα και το τρίχωμα των ζώων (που μολύνονται από το έδαφος και το νερό), ο εντερικός σωλήνας, τα κόπρανα, το νερό που χρησιμοποιείται για το ξέπλυμα των σφάγιων, ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται κατά τη σφαγή, επεξεργασία και συσκευασία του κρέατος, τα χέρια και τα ρούχα των εργατών, ακόμα και ο αέρας δίνουν την ευκαιρία σε ένα εύρος μικροοργανισμών να αποικίσουν την επιφάνεια του κρέατος. Στο φρέσκο κρέας, μίανση εντοπίζεται κυρίως στην επιφάνεια του κρέατος, ενώ το εσωτερικό των ιστών παραμένει στείρο. Σύμφωνα με τους Hood (1971), η επιφάνεια σε σφάγιο από μοσχάρι μπορεί να φέρει μέχρι και  $10^4$  οργανισμούς/cm<sup>2</sup>.

### 1.8 Η έννοια των Εφήμερων (Ειδικών) Αλλοιογόνων Μικροοργανισμών (EAM), Ephemeral (Specific) Spoilage Organisms, E(S)SO.

Η μικροβιακή αλλοίωση μπορεί να θεωρηθεί ως το αποτέλεσμα μιας σειράς αλλαγών στα διαθέσιμα θρεπτικά συστατικά του κρέατος, λόγω της επικράτησης των μικροοργανισμών (Nychas et al., 2008). Οι αλλαγές αυτές οφείλονται στους μεταβολίτες των μικροοργανισμών και γίνονται αντιληπτές με τις μεταβολές που παρατηρούνται στην οσμή, το άρωμα και γενικότερα την εμφάνιση του τροφίμου. Η αλλοίωση δεν αποδίδεται σε όλους τους μικροοργανισμούς που αναπτύσσονται πάνω στο κρέας, αλλά σε ένα συγκεκριμένο κάθε φορά μικροβιακό πληθυσμό, ο οποίος είναι γνωστός ως Εφήμεροι (Ειδικοί) Αλλοιογόνοι μικρο-Οργανισμοί (EAM, Ephemeral (Specific) Spoilage Organisms, E(S)SO). Η επικράτηση των EAM δεν είναι καθορισμένη, αλλά εξαρτάται κάθε φορά από μια σειρά παραγόντων κατά τη σφαγή, επεξεργασία, μεταφορά και συντήρηση του κρέατος (Nychas et al., 2008). Οι μικροοργανισμοί που θα καταφέρουν, τελικά, να επικρατήσουν είναι αυτοί οι οποίοι διαθέτουν τέτοιες στρατηγικές, που τους επιτρέπουν να προσαρμοστούν καλύτερα

στο μικροπεριβάλλον του τροφίμου. Είναι γνωστό, πλέον, ότι σε κάθε τρόφιμο, πέντε είδη παραγόντων επηρεάζουν την ανάπτυξη των μικροοργανισμών (Πίνακας 1.8). Οι παραγοντες αυτοί μαζί αποτελούν τις συνιστώσες από κάθε ένα διαφορετικό σημείο του τροφίμου, η εξέλιξη του οποίου είναι δυναμική στο χωροχρόνο, επηρεάζει και επηρεάζεται από τους μικροοργανισμούς. Η τροποποίηση ή/και ο έλεγχος ενός ή περισσοτέρων από τους παραπάνω παράγοντες οδηγεί σε διαφορετική επιλογή ή/και εξέλιξη των μικροοργανισμών, χαρακτηριστικό που μπορεί να έχει εφαρμογή στη δημιουργία προϊόντων με μεγαλύτερη διάρκεια ζωής (Nychas and Skandamis, 2005).

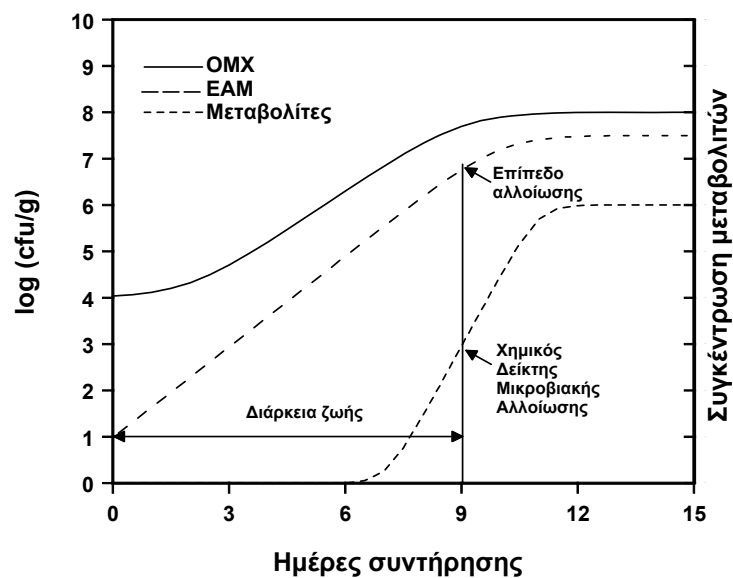
**Πίνακας 1.8:** Παράγοντες που επηρεάζουν την μικροβιακή ανάπτυξη (Nychas and Skandamis, 2005).

Ενδογενείς (Intrinsic)	Δομή του κρέατος: $a_w$ , pH, παρουσία αντιμικροβιακών παραγόντων, οξειδοαναγωγικό δυναμικό, σύσταση θρεπτικών συστατικών (περιεκτικότητα υδρογονανθράκων και κυρίως γλυκόζης).
Παράγοντες κατά την επεξεργασία (Processing)	Μπορούν να επηρεάσουν τη βασική μικροβιακή κοινότητα του τροφίμου.
Εξωγενείς (Extrinsic)	Θερμοκρασία, σχετική υγρασία και σύσταση της ατμόσφαιρας κατά τη διανομή και συντήρηση.
Ενδογενείς βιοτικοί παράγοντες (Implicit)	Αναφέρεται σε φαινόμενα όπως ο ανταγωνισμός και ο συνεργισμός μεταξύ των βακτηρίων.
Συνεργιστικοί παράγοντες (The emergent effects)	Παράγοντες που αλληλεπιδρούν, καταλήγοντας σε φαινόμενα τα οποία είναι εντονότερα από ότι εάν οι παράγοντες αυτοί δρούσαν ο καθένας από μόνος του.

Από τα παραπάνω, γίνεται κατανοητό ότι ο όρος των Ειδικών Αλλοιογόνων Μικροοργανισμών είναι διαφορετικός από τον όρο της μικροβιακής σύστασης (microbial association). Ο όρος της μικροβιακής σύστασης έχει εισαχθεί για να περιγράψει το μικροβιακό πληθυσμό στο κρέας, όταν αυτό αλλοιώνεται. Ο πληθυσμός των Ειδικών Αλλοιογόνων Μικροοργανισμών μπορεί, αρχικά, να βρίσκεται σε χαμηλά επίπεδα, αποτελώντας ένα μικρό κομμάτι της ολικής μικροβιακής χλωρίδας. Λόγω των ευνοϊκότερων, όμως, συνθηκών, οι μικροοργανισμοί αυτοί αναπτύσσονται με μεγαλύτερους ρυθμούς από ότι η υπόλοιπη μικροχλωρίδα και καταφέρνουν να επικρατήσουν, παράγοντας τους μεταβολίτες που είναι υπεύθυνοι για την αλλοίωση. Στο σημείο αυτό, το επίπεδο της ανάπτυξης των ειδικών αλλοιογόνων μικροοργανισμών μπορεί να χαρακτηριστεί ως το ελάχιστο

επίπεδο αλλοίωσης, ενώ η συγκέντρωση του μεταβολίτη που αντιπροσωπεύει την αλλοίωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως χημικός δείκτης αλλοίωσης (Chemical Spoilage Index, CSI, Σχήμα 1.1-Dalgaard, 1993).

**Σχήμα 1.1:** Αλλαγές στο ολικό μικροβιακό πληθυσμό (OMX), στους ειδικούς αλλοιογόνους μικροοργανισμούς (EAM) και στους χημικούς δείκτες μικροβιακής αλλοίωσης κατά τη διάρκεια αλλοίωσης του κρέατος (Gram and Huss, 1996).



### 1.9 Αλλοίωση κρέατος

Η αλλοίωση των τροφίμων αποτελεί ένα θέμα με τεράστιες οικονομικές επιπτώσεις και οφείλεται είτε σε χημικά αίτια, για παράδειγμα στην οξείδωση των λιπών, είτε σε βιολογικά, δηλαδή, την ανάπτυξη των μικροοργανισμών. Η μικροβιακή αιτία αλλοίωσης είναι και η συνηθέστερη. Αν και τα τελευταία χρόνια έχει γίνει μεγάλη πρόοδος στον τομέα της συντήρησης των τροφίμων και την παράταση του χρόνου ζωής τους (π.χ. αλυσίδες ψύξης, συντηρητικά), υπολογίζεται ότι περίπου το 25% όλων των τροφίμων που παράγονται παγκοσμίως απορρίπτονται λόγω της μικροβιακής αλλοίωσης (Anonymous, 1985).

Είναι πια γνωστό ότι ένα εύρος Gram<sup>-</sup> βακτηρίων που ανήκουν στα γένη *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Psychrobacter* και *Moraxella*, με επικρατέστερο το γένος των *Pseudomonas* spp., αποτελούν το μεγαλύτερο μέρος της αλλοιογόνου μικροχλωρίδας για το κρέας που συντηρείται αερόβια σε θερμοκρασίες ψύξης (Πίνακας 1.9). Από το γένος των ψευδομονάδων, τα είδη *Pseudomonas fragi*, *Ps. lundensis* και *Ps. fluorescens* είναι τα σημαντικότερα. Τα βακτήρια αυτά αναπτύσσονται ταχύτατα και γρήγορα εκτοπίζουν τους υπόλοιπους μικροοργανισμούς. Η ανάπτυξη των ψευδομονάδων σε επίπεδα των 10<sup>7</sup>-10<sup>8</sup> έχει συνδεθεί με την εμφάνιση βακτηριακής γλίτσας (slime) και δυσσομίας (off-odour). Τα χαρακτηριστικά αυτά γίνονται αντιληπτά μετά την εξάντληση της γλυκόζης και του γαλακτικού οξέος (Nychas et al., 2008).

Εκτός από τους παραπάνω μικροοργανισμούς, ψυχρότροφα είδη της οικογένειας *Enterobacteriaceae* (π.χ. *Hafnia alvei*, *Serratia liquefaciens*, *Enterobacter agglomerans*) αποτελούν μέρος της μικροχλωρίδας κρέατος που συντηρείται αερόβια σε θερμοκρασίες ψύξης (Nychas et al., 1998). Τα βακτήρια αυτά, αν και δεν συμμετέχουν ιδιαίτερα στην αλλοίωση του κρέατος, αποτελούν δείκτες υγιεινής του προϊόντος (Nychas and Skandamis, 2005).

Οι ψευδομονάδες είναι ιδιαίτερα ευαίσθητες σε περιβάλλοντα εμπλουτισμένα σε διοξείδιο του άνθρακα, με αποτέλεσμα την αναστολή της ανάπτυξής τους στις συνθήκες αυτές. Η αλλοίωση του κρέατος που συντηρείται σε περιβάλλον με διοξείδιο του άνθρακα αποδίδεται κυρίως στα γαλακτικά βακτήρια και το *Brochothrix thermosphacta*. Τα βακτήρια αυτά απαντώνται στη φυσική μικροχλωρίδα του κρέατος που συντηρείται αερόβια, δε συμβάλλουν, όμως στην αλλοίωση του (αν και ο *B. thermosphacta* παρουσιάζει μεγαλύτερο δυναμικό αλλοίωσης από ότι τα γαλακτικά). Αντίθετα, τα δύο αυτά είδη βακτηρίων προκαλούν ένα άλλο είδος αλλοίωσης (οξίνιση, souring), το οποίο εντοπίζεται σε κρέατα συσκευασμένα σε τροποποιημένες ατμόσφαιρες και κενό. Το είδος αυτό της αλλοίωσης είναι ηπιότερο από τη σήψη (putrefaction) που προκαλούν οι ψευδομονάδες, λόγω των λιγότερα δύσοσμων μεταβολιτών των γαλακτικών βακτηρίων και του *B. thermosphacta*. Τον τελευταίο καιρό, όλο και πιο σημαντικός γίνεται ο ρόλος των πρωτεολυτικών ειδών της οικογένειας *Enterobacteriaceae* στην αλλοίωση κρέατος συσκευασμένου σε τροποποιημένες ατμόσφαιρες και κενό (Dainty et al., 1986), καθώς και η συμβολή των βακτηρίων αυτών στην παραγωγή δύσοσμων μεταβολιτών (Nortjé and Shaw, 1989).

Γίνεται, λοιπόν, αντιληπτό ότι υπάρχουν δύο είδη αλλοίωσης, ανάλογα με τις συνθήκες συντήρησης του προϊόντος. Ο πρώτος οφείλεται στον ανταγωνισμό των Gram<sup>-</sup> βακτηρίων (κυρίως των ψευδομονάδων), οι οποίοι προκαλούν σήψη του κρέατος (putrefaction), ενώ ο δεύτερος αποδίδεται στον ανταγωνισμό των Gram<sup>+</sup> βακτηρίων, τα οποία προκαλούν οξίνιση (souring, Nychas and Skandamis, 2005).



**Πίνακας 1.9:** Βακτήρια που απαντώνται σε κρέας και σφάγια πουλερικών (Nychas et al., 2007, 2008)

Είδος μικροοργανισμού	Αντίδραση κατά Gram	Φρέσκο	Επεξεργασμένο
<i>Achromobacter</i>	-	X <sup>a</sup>	X
<i>Acinetobacter</i>	-	XX <sup>a</sup>	X
<i>Aeromonas</i>	-	XX	
<i>Alcaligenes</i>	-	X	X
<i>Alteromonas</i>	-	X	X
<i>Arthrobacter</i>	±	X	X
<i>Bacillus</i>	+	X	X
<i>Brochothrix</i>	+	X	
<i>Campylobacter</i>	-	X	
<i>Carnobacterium</i>	+	X	
<i>Chromobacterium</i>	-	X	
<i>Citrobacter</i>	-	X	
<i>Clostridium</i>	+	X	X
<i>Corynebacterium</i>	+	X	X
<i>Enterobacter</i>	-	X	X
<i>Enterococcus</i>	+	XX	X
<i>Escherichia</i>	-	X	
<i>Flavobacterium</i>	-	X	
<i>Hafnia</i>	-	X	X
<i>Janthinobacterium</i>	-	X	X
<i>Klebsiella</i>	-	X	
<i>Kluyvera</i>	-	X	
<i>Kocuria</i>	+	X	X
<i>Kurthia</i>	+	X	
<i>Lactobacillus</i>	+	X	XX

Συνέχεια Πίνακα 1.9

<i>Lactococcus</i>	+	X	
<i>Leuconostoc</i>	+	X	X
<i>Listeria</i>	+	X	X
<i>Microbacterium</i>	+	X	X
<i>Micrococcus</i>	+	X	X
<i>Moraxella</i>	-	XX	
<i>Paenibacillus</i>	+	X	X
<i>Pantoea</i>	-	X	
<i>Proteus</i>	-	X	
<i>Providencia</i>	-	X	X
<i>Pseudomonas</i>	-	XX	X
<i>Shewanella</i>	-	X	X
<i>Staphylococcus</i>	+	X	X
<i>Streptococcus</i>	+	X	X
<i>Vibrio</i>	-	X	
<i>Weissella</i>	+	X	X
<i>Yersinia</i>	-	X	

<sup>a</sup>X= είναι δυνατό να υπάρχει, XX= υπάρχει σε μεγάλη συχνότητα

### 1.10 Χημικές μεταβολές κατά την αλλοίωση του κρέατος

Σε γενικές γραμμές, οι χημικές μεταβολές του κρέατος είναι άμεση συνάρτηση των μικροβιολογικών αλλαγών που λάμβάνουν χώρα από τη συγκεκριμένη μικροχλωρίδα που θα καταφέρει να επικρατήσει και η οποία, κατά την ανάπτυξη, της παράγει μεταβολίτες. Οι μεταβολίτες αυτοί οφείλονται για την αλλοίωση των κρέατος και γίνονται αντιληπτοί με την εμφάνιση δυσάρεστων οσμών (off-odor) και βακτηριακής γλίτσας (slime).

Οι πρωταρχικές πηγές ενέργειας για τους μικροοργανισμούς είναι τα χαμηλού μοριακού βάρους συστατικά, και κυρίως η γλυκόζη, η οποία αποτελεί την κυριότερη πηγή ενέργειας για τους περισσότερους μικροοργανισμούς παρόντες στο οικοσύστημα του κρέατος. Όταν η γλυκόζη και οι οξειδωμένες της μορφές (6-φωσφορο γλυκόζη) καταναλωθούν, οι μικροοργανισμοί στρέφονται προς εναλλακτικές πηγές ενέργειας, τις οποίες αποτελούν το γαλακτικό οξύ και οι πρωτεΐνες.

Οι ψευδομονάδες αποτελούν την κυριότερη αιτία αλλοίωσης του κρέατος που συντηρείται στο αέρα. Οι μικροοργανισμοί αυτοί μπορούν να καταβολίσουν μια πληθώρα θρεπτικών συστατικών (Πίνακας 1.10). Εκτός από το μηχανισμό της αερόβιας γλυκόλυσης, διαθέτουν και ένα επιπλέον μηχανισμό καταβολισμού της γλυκόζης, κατά τον οποίο παράγεται γλυκονικό οξύ. Λόγω του μηχανισμού αυτού, αρχικά, παρατηρείται συσσώρευση γλυκονικού οξέος, το οποίο στη συνέχεια καταναλώνεται, όταν εξαντληθεί η γλυκόζη και το D- και L-γαλακτικό οξύ. Η καθυστέρηση της εμφάνισης του γλυκονικού οξέος σε κρέας που συντηρείται σε περιβάλλον εμπλουτισμένο με διοξείδιο του άνθρακα (Lambropoulou et al., 1996) πιθανόν να οφείλεται στην αναστολή της δράσης της γλυκόζης-αφυδρογένης των ψευδομονάδων. Εναλλακτικές πηγές ενέργειας για τους μικροοργανισμούς αυτούς αποτελούν οι πρωτεΐνες. Πρέπει να τονιστεί στο σημείο αυτό ότι η πρωτεόλυση αποδίδεται κυρίως στις ψευδομονάδες. Τα γαλακτικά βακτήρια, αν και διαθέτουν μηχανισμούς καταβολισμού των πρωτεϊνών, θεωρείται ότι έχουν ασθενή πρωτεολυτική δράση σε σχέση με τις ψευδομονάδες (Law and Kolstad, 1983). Η πρωτεολυτική ικανότητα δίνει στα βακτήρια (π.χ. ψευδομονάδες, γαλακτικά βακτήρια, πρωτεολυτικά στελέχη της οικογένειας *Enterobacteriaceae*) την δυνατότητα να διεισδύσουν στο εσωτερικό του κρέατος, βρίσκοντας, έτσι, καινούριες πηγές ενέργειας, οι οποίες δεν είναι προσβάσιμες στα μη πρωτεολυτικά βακτήρια. Η πρωτεόλυση έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή α-αμινοξέων, τα οποία, στη συνέχεια, χρησιμοποιούνται ως μια επιπλέον πηγή ενέργειας. Επιπροσθέτως, οι ψευδομονάδες έχουν τη δυνατότητα καταβολισμού κρεατίνης και κρεατινίνης σε αερόβιες συνθήκες. Οι δύο τελευταίες ουσίες, μαζί με τα αμινοξέα που παράγονται κατά την πρωτεόλυση, αποτελούν το υπόστρωμα για την παραγωγή διαφόρων δύσοσμων μεταβολιτών, όπως αμμωνία, βιογενείς αμίνες και διάφορα πτητικά συστατικά (π.χ. αιθυλεστέρες,

κετόνες, προϊόντα θείου, Πίνακας 1.12). Οι ψευδομονάδες και κυρίως το είδος *Pseudomonas fragi*, αποτελούν τους κυριότερους και πιθανόν τους μοναδικούς μικροοργανισμούς που παράγουν αιθυλεστέρες σε κρέας που συντηρείται στον αέρα (Dainty et al., 1985; Edwards et al., 1987). Αντίθετα, δεν παρατηρείται παραγωγή υδρόθειου από τα βακτήρια αυτά.

**Πίνακας 1.10:** Μεταβολικές δραστηριότητες των *Pseudomonas* σε εκχύλισμα κρέατος στους 4°C (Drosinos and Board, 1994)

Υπόστρωμα	<i>Pseudomonas</i>		
	<i>Fragi</i>	<i>Lundensis</i>	<i>Fluorescens</i>
D-γλυκόζη	+	+	+
D-6-φωσφορική γλυκόζη	+	+	-
D-γλυκονικό	+	+	+
D-6-φωσφορο-γλυκονικό	+	+	-
L-γαλακτικό οξύ	+	+	+
D-γαλακτικό οξύ	+	+	+
Πυροσταφιλικό	+	+	+
Οξικό οξύ	+	Nd	Nd
Αμινοξέα	+	+	+
Κρεατίνη	+	-	-
Κρεατινίνη	+	-	-
Αμμωνία	+	+	+

Τα εντεροβακτήρια μπορούν να συμβάλλουν σημαντικά στην αλλοίωση του κρέατος, εάν οι συνθήκες επιτρέψουν την ανάπτυξη τους. Οι μικροοργανισμοί αυτοί καταβολίζουν κυρίως γλυκόζη και 6-φωσφορο-γλυκόζη. Καταβολισμός των αμινοξέων παρατηρείται μόνο σε περίπτωση που η γλυκόζη και το γαλακτικό οξύ εξαντληθούν (Gill, 1986). Για κάποια μέλη της οικογένειας αυτής, ο καταβολισμός

των αμινοξέων οδηγεί στο σχηματισμό αμμωνίας και άλλων πτητικών ουσιών, όπως υδρόθειο και δύσοσμες αμίνες.

Από τα Gram<sup>+</sup> βακτήρια, ο *B. thermosphacta* διαθέτει μεγαλύτερη δυνατότητα αλλοίωσης από τα γαλακτικά βακτήρια τόσο σε αερόβιες, όσο και σε αναερόβιες συνθήκες. Το βακτήριο αυτό καταβολίζει κυρίως γλυκόζη και γλουταμινικό, ενώ κανένα άλλο αμινοξύ δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πηγή ενέργειας (Gill and Newton, 1977). Τα μεταβολικά προϊόντα του *B. thermosphacta* εξαρτώνται από τις συνθήκες της ατμόσφαιρας συντήρησης (Πίνακας 1.12). Κατά την ανάπτυξή του, το βακτήριο αυτό παράγει ένα μίγμα τελικών προϊόντων, στα οποία συμπεριλαμβάνονται η ακετοΐνη, το οξικό οξύ, το διακετύλιο, η 3-μεθυλ-βουτανάλη η 2-μεθυλ-προπανόλη κ.τ.λ. (Πίνακες 1.12 και 1.14) κατά τον αερόβιο μεταβολισμό του σε υποστρώματα τα οποία περιέχουν γλυκόζη, ριβόζη ή γλυκερόλη ως βασικές υδαταθρακικές πηγές ενέργειας (Dainty and Hibbard, 1980). Οι ακριβείς αναλογίες των τελικών προϊόντων επηρεάζονται από τη συγκέντρωση της γλυκόζης, το pH και τη θερμοκρασία (Nychas et al., 1998). Τα μεταβολικά προϊόντα του βακτηρίου αυτού είναι διαφορετικά όταν αναπτύσσεται σε συσκευασία τροποποιημένων ατμοσφαιρών. Όταν η συγκέντρωση του οξυγόνου βρίσκεται σε χαμηλά επίπεδα (<0.2 μM), τα κύρια μεταβολικά προϊόντα του *B. thermosphacta* είναι L-γαλακτικό και αιθανόλη (Hitchener et al., 1979; Blickstad and Molin, 1984; Borch and Molin, 1989). Σε συσκευασίες στις οποίες δεν συμμετέχει οξυγόνο, δεν παρατηρείται παραγωγή οξικού οξέος, D-γαλακτικού, 2,3-βουτανεδιόλης, iso-βαλερικού iso-βουτυρικού οξέος ή ακετοΐνης. Παραγωγή του φορμικού οξέος παρατηρήθηκε σε όλες τις περιπτώσεις, ανεξαρτήτου της σύστασης της αέριας συσκευασίας. Κάτω από συνθήκες εξάντλησης της γλυκόζης, το βακτήριο *B. thermosphacta* συμπεριφέρεται ως ετεροζυμωτικό (Nychas et al., 1998).

Τα γαλακτικά βακτήρια δεν συμμετέχουν ιδιαίτερα στην αλλοίωση του κρέατος που συντηρείται σε αερόβιες συνθήκες. Αντίθετα, αποτελούν μαζί με το *B. thermosphacta* την κύρια αλλοιογόνο χλωρίδα κρέατος που συντηρείται σε τροποποιημένες ατμόσφαιρες και κενό. Τα γαλακτικά βακτήρια διακρίνονται σε ομοζυμωτικά και ετεροζυμωτικά. Τα πρώτα παράγουν κατά κύριο λόγο γαλακτικό οξύ, ενώ τα δεύτερα παράλληλα με το γαλακτικό παράγουν οξικό και διοξείδιο του άνθρακα. Έχει βρεθεί ότι οι περιβαλλοντικές αλλαγές μπορεί να προκαλέσουν αλλαγή του μεταβολισμού των γαλακτικών από ομοζυμωτικά σε ετεροζυμωτικά (Sedewitz et al., 1984; Borch et al., 1991; Marshall, 1992). Έτσι, ο τύπος του υποστρώματος (γλυκόζη ή γαλακτικό), η εξάντληση της γλυκόζης, ο βαθμός αερισμού, η συγκέντρωση της γαλακτικής αφυδρογονάσης, της υπεροξειδάσης του NADH ή της 1,6-διφωφορικής φρουκτόζης καθώς και η στερεοχημεία της γαλακτικής αφυδρογονάσης, της γαλακτικής οξειδάσης ή της οξειδάσης του πυροσταφυλικού μπορούν να επηρεάσουν τα μεταβολικά προϊόντα των γαλακτικών βακτηρίων (Garvie, 1980; Kandler, 1983; Sedewitz et al., 1984; Thomas et al., 1979;

Murphy and Condon 1984a, b; Borch and Molin, 1989; Cogan et al., 1989). Για παράδειγμα, η εξάντληση της γλυκόζης ή του οξυγόνου είναι υπεύθυνη για την αλλαγή του μεταβολισμού των *Lactobacillus plantarum* και *Lactobacillus pentosus* (Thomas et al., 1979; Sedewitz et al., 1984; Murphy et al., 1985; Condon, 1987; Borch et al., 1991; Cselovszky et al., 1992). Η εξάρτηση των μεταβολικών προϊόντων των γαλακτικών βακτηρίων από τις περιβαλλοντικές συνθήκες επηρεάζει τη συνεισφορά (ευεργητική ή επιζήμια) των βακτηρίων αυτών στις αλλαγές του κρέατος και των προϊόντων του. Για παράδειγμα, το οξικό οξύ έχει διαφορετική οσμή και μεγαλύτερη αντιμικροβιακή δράση σε σχέση με το γαλακτικό (Reddy et al., 1975).

Συμπερασματικά, η συντήρηση σε τροποποιημένες ατμόσφαιρες και κενό όχι μόνο επηρεάζει την επικράτηση ενός συγκεκριμένου πληθυσμού, αλλά επιδρά και στις μεταβολικές δραστηριότητες του μικροβιακού φορτίου (Nychas et al., 1998).

**Πίνακας 1.11:** Σειρά καταβολισμού των υποστρωμάτων από διάφορους μικροοργανισμούς κάτω από αερόβιες και αναερόβιες συνθήκες. Οι αριθμοί αναφέρονται στη σειρά προτίμησης των υποστρωμάτων από τους μικροοργανισμούς (1=πρώτο).

	Αερόβιες συνθήκες				Αναερόβιες συνθήκες <sup>b</sup>			
	A <sup>a</sup>	B <sup>a</sup>	C <sup>a</sup>	D <sup>a</sup>	A <sup>a</sup>	B <sup>a</sup>	C <sup>a</sup>	D <sup>a</sup>
Γλυκόζη/6-φωσφορο-γλυκόζη	1	1	1	1	1	1	1	1
Γαλακτικό οξύ	2		2					
Πυροσταφυλικό	3				2 <sup>c</sup>			
Γλυκονικό/6-φωσφορο γλυκονικό	4				2 <sup>c</sup>			
Φορμικό οξύ								
Αιθανόλη								
Οξικό οξύ					2 <sup>c</sup>			
Αμινοξέα	5	2	3		2 <sup>c</sup>		2	2
Ριβόζη		3						
Γλυκερόλη		4						

A<sup>a</sup>: *Pseudomonas* spp.; B<sup>a</sup>: *B. thermosphacta*; C<sup>a</sup>: *Enterobacter* spp.; D<sup>a</sup>: Lactic acid bacteria

<sup>b</sup>: Οι αναερόβιες συνθήκες αναφέρονται σε απουσία O<sub>2</sub> ή/και παρουσία CO<sub>2</sub>

<sup>c</sup>: Δε υπάρχει καθορισμένη σειρά προτίμησης

**Πίνακας 1.12:** Μεταβολικά προϊόντα κατά τη συντήρηση του κρέατος σε αερόβιες και αναερόβιες συνθήκες (Nychas et al., 1998).

Μικροοργανισμοί	Μεταβολικά προϊόντα	
	Αερόβια	Αναερόβια
<i>Pseudomonas</i> spp.	Αμμωνία, ακετοΐνη, διακετύλιο, αιθυλεστέρες, μεθυλεστέρες, πουτρεσκίνη, καδαβερίνη	-
<i>Brochothrix thermosphacta</i>	Γαλακτικό οξύ, οξικό οξύ, μυρμηγκικό οξύ, ακετοΐνη, διακετύλιο, αιθανόλη, 3-μεθυλο-βουτανόλη, 3-μεθυλο-βουτανάλη, βουτανεδιόλη	Γαλακτικό οξύ, οξικό οξύ, μυρμηγκικό οξύ, διακετύλιο, ισο-βουτυρικό οξύ, ισο-βαλερικό οξύ, αιθανόλη, 3-μεθυλο-βουτανόλη, 3-μεθυλο-βουτανάλη, 2,3 βουτα-νεδιόλη, λιπαρά οξέα
<i>Enterobacter</i> spp.	Εστέρες, υδρόθειο, αμίνες	-
Γαλακτικά βακτήρια	L, D-γαλακτικό οξύ, οξικό οξύ, μυρμηγκικό οξύ, ακετοΐνη, διακετύλιο, H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , αιθανόλη, λιπαρά οξέα, υδρόθειο	L, D-γαλακτικό οξύ, οξικό οξύ, μυρμηγκικό οξύ, ακετοΐνη, διακετύλιο, H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , αιθανόλη, λιπαρά οξέα, υδρόθειο

**Πίνακας 1.13:** Πρόδρομα μόρια και συνθήκες που επηρεάζουν την παραγωγή δύσσομων μεταβολιτών των Gram<sup>-</sup> βακτηρίων (*Pseudomonas*, *Moraxella*, *Shewanella putrefaciens*, κ.τ.λ.) σε αλλοιωμένο κρέας (Nychas et al., 1998).

Τελικό προϊόν	Συνθήκες	Πρόδρομα μόρια
<b>Προϊόντα θείου</b>		
Σουλφίδια	Θερμοκρασία, εξάντληση γλυκόζης	Κυστεΐνη, Κυστίνη, Μεθειονίνη
Διμεθυλο-σουλφίδια		Μεθανθειόλη, Μεθειονίνη
Διμέθυλο-δισουλφίδια		Μεθειονίνη
Μεθυλο-μερκαπτάνη		nad
Μεθανοθειόλη	Υψηλό pH	Μεθειονίνη
Υδροθειο	nad	Κυστίνη, Κυστεΐνη
Διμεθυλ-τρισουλφίδιο		Μεθειονίνη, μεθανοθειόλη
<b>Εστέρες</b>		
Μεθυλεστέρες	Γλυκόζη <sup>c</sup>	nad
Αιθυλεστέρες	Γλυκόζη <sup>c</sup>	nad
<b>Κετόνες</b>		
Ακετόνη	nad	nad
2-βουτανόνη	nad	nad
Ακετοΐνη/διακετύλιο	nad	nad
<b>Αρωματικοί υδρογονάνθρακες</b>		
Διαίθυλ βενζόλιο	nad	nad
Τριμεθυλ βενζόλιο	nad	nad
Τουλουόλιο	nad	nad



Συνέχεια Πίνακα 1.13

<i>Αλειφατικοί υδρογονάνθρακες</i>		
Εξάνιο	nad	nad
Μεθυλ-επτώνη	nad	nad
<i>Αλδεΐδες</i>		
2-μεθυλ-βουτανάλη	nad	iso-λευκίνη
<i>Αλκοόλες</i>		
Μεθανόλη	nad	nad
Αιθανόλη	nad	nad
2-μεθυλ-προπανόλη	nad	Βαλίνη
2-μεθυλ-βουτανόλη	nad	Iso-λευκίνη
3- μεθυλ-βουτανόλη	nad	Λευκίνη
<i>Άλλα συστατικά</i>		
Αμμωνία		Αμινοξέα

<sup>c</sup>: χαμηλή συγκέντρωση γλυκόζης

nad: no data available

**Πίνακας 1.14:** Πρόδρομα μόρια και συνθήκες που επηρεάζουν την παραγωγή των μεταβολιτών του βακτηρίου *Brochothrix thermosphacta* σε αλλοιωμένο κρέας (Nychas et al., 1998).

Τελικό προϊόν	Συνθήκες	Πρόδρομα μόρια
<b>Αερόβιες συνθήκες</b>		
Ακετοΐνη	Γλυκόζη (h), pH (h/l), T (h/l)	Γλυκόζη (mj), αλανίνη (mn), δαικετύλιο
Οξικό οξύ	Γλυκόζη (h), pH (h/l), T (h/l)	Γλυκόζη (mj), αλανίνη (mn)
L-γαλακτικό οξύ	T (h), pH (h), O <sub>2</sub> (l)	Γλυκόζη
Φορμικό οξύ	T (h), pH (h)	Γλυκόζη
Αιθανόλη	T (h), γλυκόζη	nad
3-μεθυλ-βουτανόλη	Γλυκόζη (h), pH (l)	nad
2-μεθυλ-βουτανόλη		nad
2-μεθυλ-βουτανόλη		iso-λευκίνη
3-μεθυλ-βουτανόλη		Λευκίνη
2,3-βουτανεδιόλη	Γλυκόζη (h), T (h/l)	Διακετύλιο
Διακετύλιο	nad	nad
2-μεθυλ-προπανόλη	Γλυκόζη (h)	Βαλίνη
2-μεθυλ-προπανάλη	nad	Βαλίνη
Ελεύθερα λιπαρά οξέα	Γλυκόζη (l), pH/O <sub>2</sub> /T (h)	Λίπος κρέατος
<b>Τροποποιημένες ατμόσφαιρες</b>		
L-γαλακτικό οξύ	Γλυκόζη (h), pH (h), T (ns)	Γλυκόζη
Οξικό οξύ	O <sub>2</sub> (h), γλυκόζη (l)	Γλυκόζη
Αιθανόλη	T (h), pH (h)	nad
Φορμικό οξύ	T (h), pH (h)	nad

(h): υψηλή περιεκτικότητα pH, συγκέντρωση γλυκόζης και θερμοκρασίας, (l): χαμηλή περιεκτικότητα pH, συγκέντρωση γλυκόζης και θερμοκρασίας, (h/l): αντιφατικά αποτελέσματα, (ns): not significant factor, (mj): major contribution, (mn): minor contribution, nad: not data available.

**Πίνακας 1.15:** Πρόδρομα μόρια και συνθήκες που επηρεάζουν την παραγωγή των μεταβολιτών των γαλακτικών βακτηρίων σε αλλοιωμένο κρέας (Nychas et al., 1998).

Τελικό προϊόν	Συνθήκες	Πρόδρομα μόρια
<i>Ομοζυμωτικά στελέχη-αερόβια</i>		
L-γαλακτικό οξύ	nad	Γλυκόζη
D-γαλακτικό οξύ	nad	Γλυκόζη
Οξικό οξύ	Γλυκόζη (l), O <sub>2</sub> (h), E	Γλυκόζη, γαλακτικό, πυροσταφυλικό
Ακετοΐνη/Διακετύλιο	pH (l), γλυκόζη (h)	Πυροσταφυλικό
Υπεροξειδίο του υδρογόνου	nad	nad
Φορμικό οξύ	nad	Γλυκόζη, οξικό
Αιθανόλη	nad	Γλυκόζη
<i>Ετεροζυμωτικά στελέχη-αερόβια</i>		
L-γαλακτικό οξύ	nad	Γλυκόζη
D-γαλακτικό οξύ	nad	Γλυκόζη
Οξικό οξύ	nad	Γλυκόζη
Ακετοΐνη/Διακετύλιο	pH (l), γλυκόζη (h)	Πυροσταφυλικό
Υπεροξειδίο του υδρογόνου	nad	nad
Φορμικό οξύ	nad	nad
Αιθανόλη	nad	nad
<i>Ομοζυμωτικά στελέχη-TA</i>		
L-γαλακτικό οξύ	nad	Γλυκόζη
D-γαλακτικό οξύ	nad	Γλυκόζη
Οξικό οξύ	Γλυκόζη (l), O <sub>2</sub> (h), E	Γλυκόζη, γαλακτικό, πυροσταφυλικό
Ακετοΐνη	pH (l)	Πυροσταφυλικό
Φορμικό οξύ	nad	Γλυκόζη, οξικό

---

Αιθανόλη	nad	nad
----------	-----	-----

---

**Συνέχεια Πίνακα 1.15**

---

**Ετεροζυμωτικά στελέχη-TA**

L-γαλακτικό οξύ	nad	Γλυκόζη,
D-γαλακτικό οξύ	nad	Γλυκόζη,
Οξικό οξύ	nad	Γλυκόζη,
Οξικό οξύ	nad	Γλυκόζη,
Ακετοΐνη	nad	nad

---

(h): υψηλή συγκέντρωση οξυγόνου, γλυκόζης, (l): χαμηλή συγκέντρωση γλυκόζης, E: κατάλληλα ένζυμα (LDH, υπεροξειδάση της NADH, οξειδάση του γαλακτικού ή του πυροσταφυλικού), nad: no available data.

### 1.11 Το χρώμα του κρέατος και οι μεταβολές του κατά τη διάρκεια της συντήρησης

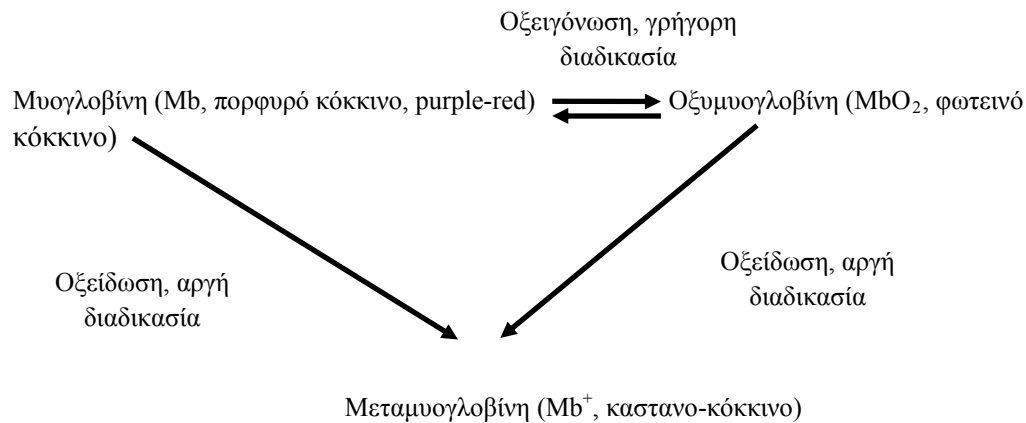
Το χρώμα του κρέατος παίζει σημαντικό ρόλο στην προτίμηση του καταναλωτή, καθώς είναι το μοναδικό αντικειμενικό στοιχείο που μπορεί να αξιολογήσει κατά την αγορά του προϊόντος. Η κυριότερη χρωστική του κρέατος είναι η μυογλοβίνη (Mb). Η μυογλοβίνη έχει χρώμα πορφυρό κόκκινο (purple-red) και σε αυτή οφείλεται το χρώμα του κρέατος αμεσως μετά τη σφαγή του ζώου. Οι μεταβολές στο χρώμα που παρατηρούνται κατά τη διάρκεια της συντηρηρησής του κρέατος οφείλονται στις μετατροπές της μυογλοβίνης σε οξυμυογλοβίνη ( $MbO_2$ ) και μεταμυογλοβίνη ( $Mb^+$ ), μετατροπές οι οποίες εξαρτώνται από τη συγκέντρωση του οξυγόνου στο περιβάλλον του κρέατος. Η οξυμυογλοβίνη οφείλεται για το φωτεινό κόκκινο ελκυστικό χρώμα του κρέατος και σχηματίζεται από την οξυγόνωση της μυογλοβίνης, δηλαδή την πρόσδεση ενός μορίου οξυγόνου στο μόριο της μυογλοβίνης. Αντίθετα, η μεταμυογλοβίνη οφείλεται για το καστανο-κόκκινο χρώμα του κρέατος και ο σχηματισμός της αποδίδεται στην οξειδωση της μυογλοβίνης, δηλαδή την αλλαγή του σθένους του αιμικού σιδήρου από την ανηγμένη (+2) στην οξειδωμένη του μορφή (+3).

Στο φρέσκο κρέας, οι αντιδράσεις αυτές βρίσκονται σε δυναμική ισορροπία και οι μεταβολές του χρώματος εξαρτώνται από την αναλογία των τριών αυτών μορφών στην επιφάνεια του κρέατος. Όταν η συγκέντρωση του οξυγόνου στο περιβάλλον του κρέατος είναι υψηλή, η μυογλοβίνη οξειγονώνεται προς τη φωτεινή κόκκινη οξυμυογλοβίνη. Αντίθετα, χαμηλή σχετική πίεση του οξυγόνου ευνοεί την οξειδωση της μυογλοβίνης και το σχηματισμό της καφέ-κόκκινης μεταμυογλοβίνης. Σε φρεσκο κρέας, όπου το οξυγόνο βρίσκεται σε περίσσεια, η διείσδυση του στο εσωτερικό του κρέατος είναι ελάχιστη και, έτσι, οι αντιδράσεις λαμβάνουν χώρα στην επιφάνεια του κρέατος. Με την πάροδο, όμως, των ημερών συντήρησης, η συνεχής κατανάλωση του οξυγόνου από τη μικροβιακή χλωρίδα οδηγεί στη μείωση της σχετικής πίεσης και στη διείσδυση του αερίου αυτού στο εσωτερικό του κρέατος. Στο όριο της περιοχής διείσδυσης του οξυγόνου (όπου η σχετική πίεση του οξυγονου είναι χαμηλή, περίπου 4 mm Hg), οι συνθήκες ευνοούν το σχηματισμό της μεταμυογλοβίνης. Στην περιοχή πάνω από το όριο διείσδυσης του οξυγόνου, επικρατεί η μορφή της πορφυρής μυογλοβίνης.

Ο σχηματισμός της οξυμυογλοβίνης είναι γρήγορος και λαμβάνει χώρα περίπου σε μισή ώρα στους 5°C. Ωστόσο, ο σχηματισμός της μεταμυογλοβίνης είναι αργός και αρχικά εμφανίζεται στο όριο της διείσδυσης του οξυγόνου, ως μια λεπτή καφετί στρώση, η οποία σταδιακά εκτείνεται προς την επιφάνεια, με αποτέλεσμα το κρέας βαθμιαία να σκουραίνει με το πέρας των ημερών συντήρησης. Ο ρυθμός διάχυσης του οξυγόνου μειώνεται με τη μείωση της θερμοκρασίας, με αποτέλεσμα στις μικρότερες

θερμοκρασίες ο ρυθμός σχηματισμού της μεταμυογλοβίνης να είναι χαμηλότερος και η επιφάνεια του κρέατος να διατηρεί το φωτεινό-κόκκινο χρώμα για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα.

**Σχήμα 1.2:** Αλλαγές στο μόριο της μυογλοβίνης και στο χρώμα του κρέατος.



### 1.12 Υλικά συσκευασίας περιέκτη

Η επιλογή του υλικού συσκευασίας του περιέκτη αποτελεί μια σημαντική απόφαση που επηρεάζει άμεσα τη λειτουργία των τροποποιημένων ατμοσφαιρών. Η συσκευασία θα πρέπει να μπορεί να διαφυλάξει όχι μόνο την υψηλή ποιότητα του τροφίμου, αλλά επίσης και την ασφαλή διανομή του στον καταναλωτή, και όλα αυτά με χαμηλό κόστος. Για να είναι αποτελεσματικό ένα υλικό συσκευασίας θα πρέπει να τηρεί ορισμένες φυσικές και μηχανικές προδιαγραφές, οι οποίες είναι:

- να διαθέτει τις φυσικές ιδιότητες ώστε να επιτρέπει τη χαμηλή μεταφορά υδρατμών, αερίων και φωτός
- να επιτρέπει ένα ποσοστό του χώρου μετά την τοποθέτηση του προϊόντος να είναι ελεύθερο (headspace)
- να διαθέτει το κατάλληλο σχήμα
- να μπορεί να διαφυλάξει την αέρια σύσταση της συσκευασίας μέχρι η τελευταία να ανοιχθεί από τον καταναλωτή

• να διαθέτει τις μηχανικές ιδιότητες (δύναμη ελαστικότητας, επιμήκυνση, αντοχή, αντίσταση στη διάτρηση, αντοχή στην πίεση, ακεραιότητα στη κλείσιμο) ώστε να μπορεί να διατηρείται κατά την επεξεργασία, συντήρηση και διανομή του τελικού προϊόντος.

Το ποσοστό του ελεύθερου χώρου και η διαπερατότητα ως προς τα αέρια της συσκευασίας επηρεάζει τη συγκέντρωση των αερίων των τροποποιημένων ατμοσφαιρών και τη διάρκεια της βακτηριοστατικής δράσης του (Hotchkiss, 1988). Συσκευασίες με χαμηλές τιμές διαπερατότητας αερίων και υψηλό ποσοστό ελεύθερου χώρου δίνουν μεγαλύτερο χρόνο ζωής στο προϊόν (Hotchkiss, 1988). Το σχήμα της πλαστικής συσκευασίας συμβάλλει στην άριστη επαφή της αέριας ατμόσφαιρας με το συσκευασμένο τρόφιμο και στη διάλυση του διοξειδίου του άνθρακα στο τρόφιμο, ώστε να αυξηθεί η διάρκεια ζωής.

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται στη συσκευασία τροποποιημένων ατμοσφαιρών είναι τα πλαστικά. Σήμερα, ένας αρκετά μεγάλος αριθμός πλαστικών υλικών χρησιμοποιούνται από τη βιομηχανία τροφίμων, όπως πολυαιθυλένιο, πολυβινυλοχλωρίδιο, πολυαμίδιο, κ.τ.λ. (Πίνακας 1.16)

**Πίνακας 1.16:** Χαρακτηριστικά των πλαστικών υλικών συσκευασίας (Stiebing, 1993).

	Διαπερατότητα		
	Πάχος Mm	Νερού g m <sup>-2</sup> 24h <sup>-1</sup>	Οξυγόνου cm <sup>3</sup> m <sup>-2</sup> 24h <sup>-1</sup>
<i>Πλαστικά</i>			
Φυσικό*	800-1200	1800-2000	400-600
Κολλαγόνο	130	800-900	70-90
PA	40-60	14-20	8-150
PETP	25	4-6	60-80
ίνα/PVDC	90	2-5	10-40
PVDC	50	2-4	30-60

Συνέχεια Πίνακα 1. 16

<i>Μεμονωμένες μεμβράνες</i>			
PE	50	1-4	1000-2000
PP	40	0.3-2	800-1500
PVC (σκληρό)	20	10-20	150-500
PA	50	15-40	10-30
<i>Πολυστρωματικές μεμβράνες</i>			
PA/PE	30/50	2-3	25-40
PETP/PE	12/50	1.5-2	60-100
PETP/X/PE	15/50	0.8-1.2	10-20
σελοφάν/X/PE	35/50	0.8-3	5-10
PA/X/PE	30/50	0.8-1.2	10-15
PA/EVOH/PA/PE	80	2-3	4-5
X/EVOH/X/PE	15/50	1-3	<0.1

EVOH: αιθυλενοβινυλική αλκοόλη, PA: πολυαμίδιο, PE: πολυαιθυλένιο, PETP: πολυεστέρας, PP: πολυπροπυλένιο, PVC: πολυβινυλοχλωρίδιο, PVDC: πολυβινυλιδενοχλωρίδιο, X= PVDC βερνικωμένο από τη μία μεριά.

Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι η αέρια σύσταση δε θα διατηρηθεί εάν η διαπερατότητα του υλικού συσκευασίας του περιέκτη είναι υψηλή, με αποτέλεσμα να επιτρέπει γρήγορες αλλαγές της ατμόσφαιρας. Από τα πλαστικά υλικά που χρησιμοποιούνται, λίγα είναι αυτά τα οποία από μόνα τους διαθέτουν όλα εκείνα τα κατάλληλα χαρακτηριστικά, και για το λόγο αυτό στην πράξη συχνά χρησιμοποιείται πολυστρωματική συσκευασία (Blakistone, 1998). Μια πολυστρωματική συσκευασία μπορεί να αποτελείται από ένα κεντρικό στρώμα πολυμερούς με χαμηλή διαπερατότητα αερίων (όπως για παράδειγμα πολυβινυλεδιένιο, PVDC), ένα



εσωτερικό στρώμα με άριστες ιδιότητες σφραγίσματος (όπως για παράδειγμα πολυαιθυλένιο ή ιονομερές) και ένα εξωτερικό στρώμα με μεγάλη αντοχή σε περιβαλλοντικές φθορές (όπως για παράδειγμα νάυλον). Επίσης, διάφορες πρόσθετες ουσίες, όπως οι πλαστικοποιητές, τα αντιοξειδωτικά, οι σταθεροποιητές, τα λιπαντικά και τα αντιστατικά χρησιμοποιούνται για να βελτιώσουν την απόδοση των πλαστικών αυτών υλικών συσκευασίας (Gatalá and Gavara, 1996).

Η επιλογή του υλικού συσκευασίας επηρεάζεται από το είδος του τροφίμου που θα συσκευαστεί. Γενικά, οι περιέκτες διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες αυτούς με υψηλή διαπερατότητα αερίων και αυτούς με χαμηλή διαπερατότητα αερίων. Σε προϊόντα που δεν αναπνέουν, χρησιμοποιείται το πρώτο είδος περιεκτών, ενώ αντίθετα, σε προϊόντα όπως τα φρούτα και τα λαχανικά όπου η αναπνοή συνεχίζεται και μετά τη συγκομιδή, οι περιέκτες που χρησιμοποιούνται θα πρέπει να έχουν τέτοια διαπερατότητα αερίων ώστε να επιτρέπουν την είσοδο του οξυγόνου στο βαθμό που να αντισταθμίσει την κατανάλωση του οξυγόνου από τα φρούτα και λαχανικά (Zagozy, 1995).

Τέλος, την επιλογή του υλικού συσκευασίας του περιέκτη επηρεάζουν περιβαλλοντικοί παράγοντες όπως η θερμοκρασία η σχετική υγρασία, η εντασή του φωτός και η αέρια σύσταση των τροποποιημένων ατμοσφαιρών που έχει χρησιμοποιηθεί. Λόγω της πιθανότητας να προκληθούν ζημιές από το προϊόν κατά την διανομή, θα πρέπει η επιλογή του περιέκτη να είναι τέτοια ώστε να τις ελαχιστοποιεί.

### 1.13 Σκοπός της μελέτης

Το κρέας αποτελεί ένα πολύπλοκο υπόστρωμα, το οποίο ευνοεί την ανάπτυξη ενός πλήθους μικροοργανισμών. Η ανάπτυξη αλλά και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των μικροοργανισμών καθιστούν δύσκολη την κατανόηση των φαινομένων που λαμβάνουν χώρα στο οικοσύστημα του κρέατος, καθώς και τον προσδιορισμό του χρόνου ζωής των προϊόντων. Τα τελευταία χρόνια, η απαίτηση για τροφίμα με προβλέψιμο χρόνο ζωής έχει οδηγήσει σε δημιουργία καινούριων μεθόδων συντήρησης, οι οποίες καλούνται να διατηρήσουν την ποιότητα του κρέατος για καθορισμένο χρονικό διάστημα.

Σκοπός της παρούσας μεταπτυχιακής διπλωματικής ήταν η μελέτη του φαινομένου της αλλοίωσης σε κρέας βιολογικής προέλευσης που συντηρήθηκε σε αέρα και σε συσκευασία τροποποιημένων ατμοσφαιρών. Στην εργασία αυτή προσδιορίστηκαν οι επιδράσεις της συσκευασίας στα περίπλοκα φαινόμενα που λαμβάνουν χώρα κατά την αλλοίωση του κρέατος και προσδιορίστηκε ο χρόνος ζωής των προϊόντων.

Η μελέτη περιλάμβανε δύο κομμάτια. Το πρώτο κομμάτι, το μικροβιολογικό, σκόπευε στη διερεύνηση της συμπεριφοράς των μικροοργανισμών κάτω από τους δύο διαφορετικούς τρόπους συντήρησης. Παράλληλα, για την καλύτερη κατανόηση του φαινομένου της αλλοίωσης, έγινε αξιολόγηση του φυσικοχημικού προφίλ των δειγμάτων και συσχέτιση του με τις μικροβιολογικές συμπεριφορές. Τέλος, έγινε καταγραφή των οργανοληπτικών μεταβολών που παρατηρήθηκαν στη διάρκεια της συντήρησης.

## 2.1 Πειραματικός σχεδιασμός

Τέσσερα είδη κρέατος (κομμάτια μόσχου, κομμάτια χοιρινά, μπριζόλα χοιρινή και κιμάς χοιρινός) που συντηρήθηκαν σε τροποποιημένες ατμόσφαιρες και αερόβιες συνθήκες (μάρτυρας) και σε δύο διαφορετικές θερμοκρασίες (4 και 10°C) εξετάστηκαν στην παρούσα μελέτη. Στον κιμά, μελετήθηκε επιπλέον και η συσκευασία υπό κενό. Τα σφάγια μεταφέρθηκαν στον χώρο συσκευασίας, όπου και έγινε ο τεμαχισμός τους σε κομμάτια των 100g και η συσκευασία τους σε τροποποιημένες ατμόσφαιρες με σύσταση 25%/66%/9% CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>. Το φιλμ συσκευασίας του περιέκτη είχε χαμηλή περατότητα σε οξυγόνο (1.5 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> στους 23°C). Ο περιέκτης ήταν κατασκευασμένος εξωτερικά από πολυαιθυλένιο χαμηλής περατότητας (LDPE) και εσωτερικά από πολυαιθυλένιο υψηλής περατότητας (HDPE). Η περατότητα των του περιέκτη σε οξυγόνο ήταν 0.08 cm<sup>3</sup>/pkg και οι διαστάσεις του 1.160 × 750 × 36 mm.

Αμέσως μετά τη συσκευασία τους, τα δείγματα μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο, και τοποθετήθηκαν στους 4 και 10°C. Δειγματοληψίες έγιναν σε συγκεκριμένες ημέρες, ανάλογα με τη συσκευασία και τη θερμοκρασία επώασης του προϊόντος. Τα προϊόντα εξετάστηκαν ως προς το μικροβιολογικό τους φορτίο, τις φυσικοχημικές (pH, μεταβολές οξικού, γαλακτικού οξέος και γλυκόζης) και οργανοληπτικές τους ιδιότητες (μέτρησης χρώματος). Επίσης, πριν από κάθε δειγματοληψία γινόταν μέτρησης της αέριας σύστασης του περιέκτη.

Παράλληλα, πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες επιφανειών από το χώρο τεμαχισμού και συσκευασίας του κρέατος. Επιλέχθηκαν 4 σημεία ελέγχου: επιφάνεια εργασίας πριν τη σφαγή (n=5) και μετά την εξυγίανση (n=4) και μαχαίρι κοπής πριν τη σφαγή (n=4) και μετά την εξυγίανση (n=3). Επίσης, συλλέχθηκαν δείγματα από την εσωτερική και εξωτερική επιφάνεια των σφάγιων (n=5) πριν τον τεμαχισμό και τη συσκευασία τους. Τα δείγματα εξετάστηκαν ως προς το μικροβιολογικό τους φορτίο, ενώ πραγματοποιήθηκε και έλεγχος για παρουσία/ απουσία του παθογόνου *Listeria monocytogenes*.

## 2.2 Μικροβιολογικές αναλύσεις

### 2.2.1 Αναλύσεις επιφανειών

Σε κάθε δείγμα (γάζα) προστέθηκαν 40 ml αποστειρωμένου διαλύματος Maximum Recovery Diluent (Biolife, Italia) και ακολούθησε ομογενοποίηση για 120 sec σε θερμοκρασία περιβάλλοντος σε stomacher (Lab blender 400, Seward Medical, London). Ακολούθησε η παρασκευή των διαδοχικών δεκαδικών αραιώσεων με μεταφορά 1 ml δείγματος προηγούμενης αραιώσεως σε 9 ml διαλύματος MRD. Οι κατάλληλες, ανα περίπτωση, δεκαδικές αραιώσεις χρησιμοποιήθηκαν για τον

ενοφθαλμισμό σειράς τρυβλίων για κάθε χρησιμοποιούμενο μικροβιολογικό υπόστρωμα. Τα υλικά και οι συνθήκες επώασης ανα κατηγορία μικροοργανισμού που προσδιορίστηκε ήταν οι ακόλουθες:

- **Ολική Μικροβιακή Χλωρίδα (OMX):** Ποσότητα 0,1 ml από τη σειρά των διαδοχικών δεκαδικών αραιώσεων ομογενοποιημένου δειγματος, ενοφθαλμίστηκε με την τεχνική της επιφανειακής επίστρωσης στο μη επιλεκτικό υπόστρωμα Tryptic Glucose Yeast Agar (Plate Count Agar, Biolife, Italy). Ακολούθησε επώαση στους 30°C για 3 ημέρες και καταμέτρηση των αποικιών.

- **Εντεροβακτήρια (*Enterobacteriaceae*):** Ποσότητα 1 ml από τη σειρά των διαδοχικών δεκαδικών αραιώσεων ομογενοποιημένου δειγματος, ενοφθαλμίστηκε με την τεχνική της ενσωμάτωσης στο επιλεκτικό υπόστρωμα Violet Red Bile Glucose Agar (VRBGA, Biolife, Italy) και ακολούθησε επικάλυψη του εμβολίου με το ίδιο θρεπτικό υπόστρωμα. Ακολούθησε επώαση για 1 ημέρα στους 37°C και καταμέτρηση των αποικιών.

Για τον προσδιορισμό (παρουσία/ απουσία) του παθογόνου *Listeria monocytogenes* ακολουθήθηκε η τεχνική του εμπλουτισμού δειγμάτων. Αναλυτικότερα, κάθε δείγμα προστέθηκε σε 100 ml του ½ FRASER *Listeria* selective enrichment broth (Biolife, Italy, με την προσθήκη του συμπληρώματος REF 4240056). Ακολούθησε επώαση στους 30°C για 1 ημέρα και στη συνέχεια 0,1 ml μεταφέρθηκε σε 10 ml FRASER *Listeria* selective enrichment broth (Biolife, Italy, με την προσθήκη συμπληρώματος REF 4240043) και επώαστηκε για 48 h στους 35°C. Τα ύποπτα δείγματα (μαύρος χρωματισμός του εμπλουτιστικού υλικού) εξαπλώθηκαν στο επιλεκτικό υπόστρωμα *Listeria* Agar (ALOA, Biolife Italy, με την προσθήκη συμπληρώματος REF 423501).

## 2.2.2 Ανάλυσεις προϊόντων

Δείγμα 25 γραμμαρίων ζυγίστηκε ασηπτικά, προστέθηκε σε 225 ml αποστειρωμένου διαλύματος Maximum Recovery Diluent (Biolife, Italia) και ομογενοποιήθηκε για 120 sec σε θερμοκρασία περιβάλλοντος σε stomacher (Lab blender 400, Seward Medical, London). Ακολούθησε η παρασκευή των διαδοχικών δεκαδικών αραιώσεων με μεταφορά 1 ml δείγματος προηγούμενης αραιώσης σε 9 ml διαλύματος MRD. Οι κατάλληλες, ανα περίπτωση, δεκαδικές αραιώσεις χρησιμοποιήθηκαν για τον ενοφθαλμισμό σειράς τρυβλίων για κάθε χρησιμοποιούμενο μικροβιολογικό υπόστρωμα. Τα υλικά και οι συνθήκες επώασης ανα κατηγορία μικροοργανισμού που προσδιορίστηκε ήταν οι ακόλουθες:

- **Ολική Μικροβιακή Χλωρίδα (OMX):** Ποσότητα 0,1 ml από τη σειρά των διαδοχικών δεκαδικών αραιώσεων ομογενοποιημένου δειγματος, ενοφθαλμίστηκε με την τεχνική της επιφανειακής επίστρωσης στο μη επιλεκτικό υπόστρωμα Tryptic

Glucose Yeast Agar (Plate Count Agar, Biolife, Italy). Ακολούθησε επώαση στους 30°C για 3 ημέρες και καταμέτρηση των αποικιών.

- **Ψευδομονάδες (*Pseudomonas spp.*):** Ποσότητα 0,1 ml από τη σειρά των διαδοχικών δεκαδικών αραιώσεων ομογενοποιημένου δειγματος, ενοφθαλμίστηκε με την τεχνική της επιφανειακής επίστρωσης στο επιλεκτικό υπόστρωμα *Pseudomonas* Agar Base (LabM™, LAB108 με την προσθήκη των αντιβιοτικών C.F.C cetrimide-flucidin-cephaloridine) (X108). Ακολούθησε επώαση στους 25°C για 3 ημέρες και καταμέτρηση των αποικιών.

- **Οξυγαλακτικά Βακτήρια (*Lactic Acid Bacteria, LAB*):** Ποσότητα 1 ml από τη σειρά των διαδοχικών δεκαδικών αραιώσεων ομογενοποιημένου δειγματος, ενοφθαλμίστηκε με την τεχνική της ενσωμάτωσης στο επιλεκτικό υπόστρωμα MRS Agar with Tween 80 (Biolife, Italy) και ακολούθησε επικάλυψη του εμβολίου με το ίδιο υπόστρωμα. Ακολούθησε επώαση στους 30°C για 3 ημέρες και καταμέτρηση των αποικιών.

- ***Brochothrix thermosphacta*:** Ποσότητα 0,1 ml από τη σειρά των διαδοχικών δεκαδικών αραιώσεων ομογενοποιημένου δειγματος, ενοφθαλμίστηκε με την τεχνική της επιφανειακής επίστρωσης στο επιλεκτικό υπόστρωμα STAA Agar Base (Biolife, Italy, με την προσθήκη του αντιβιοτικού streptomycin sulphate, thalious acetate και cycloheximide) (REF 4240052). Ακολούθησε επώαση στους 2°C για 3 ημέρες και καταμέτρηση των αποικιών.

- **Εντεροβακτήρια (*Enterobacteriaceae*):** Ποσότητα 1 ml από τη σειρά των διαδοχικών δεκαδικών αραιώσεων ομογενοποιημένου δειγματος, ενοφθαλμίστηκε με την τεχνική της ενσωμάτωσης στο επιλεκτικό υπόστρωμα Violet Red Bile Glucose Agar (VRBGA, Biolife, Italy) και ακολούθησε επικάλυψη του εμβολίου με το ίδιο θρεπτικό υπόστρωμα. Ακολούθησε επώαση για 1 ημέρα στους 37°C και καταμέτρηση των αποικιών.

- **Ζύμες-Μύκητες:** Ποσότητα 1 ml από τη σειρά των διαδοχικών δεκαδικών αραιώσεων ομογενοποιημένου δειγματος, ενοφθαλμίστηκε με την τεχνική της ενσωμάτωσης στο επιλεκτικό υποστρωμα Chloramphenicol Glucose Yeast Extract Agar (YGC, Biolife, Italy). Ακολούθησε επώαση για 5 ημέρα στους 25°C και καταμέτρηση των αποικιών.

- **Gram θετικοί, καταλάση θετικοί κόκκοι (*Micrococcus, Staphylococcus*):** Ποσότητα 0,1 ml από τη σειρά των διαδοχικών δεκαδικών αραιώσεων ομογενοποιημένου δειγματος, ενοφθαλμίστηκε με την τεχνική της επιφανειακής επίστρωσης στο επιλεκτικό υπόστρωμα Baird Parker Agar Base (Biolife, Italy) με την προσθήκη 50 ml του Egg York Tellurite (REF 42111602). Ακολούθησε επώαση για 2 ημέρες στους 37°C και καταμέτρηση των αποικιών.

- ***Clostridium botulinum*:** Για την ανίχνευση των βλαστικών κυττάρων του *Cl. botulinum*, ποσότητα 10 ml από το ομογενοποιημένο δείγμα ( $10^{-1}$  αραιώση) ενοφθαλμίστηκε σε 20 ml από το επιλεκτικό υπόστρωμα SPS Agar (Merck, Italy) και ακολούθησε επικάλυψη με 4 ml αποστειρωμένου παραφινελαίου. Ακολούθησε

επώαση για 1 ημέρα στους 37°C και καταμέτρηση των αποικιών. Για την ανίχνευση των σπορίων του ίδιου βακτηρίου, ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία και τα δείγματα υπέστησαν θέρμανση για 10 min στους 80°C.

Όπου κρίθηκε απαραίτητο, έγινε έλεγχος της επιλεκτικότητας του υποστρώματος με δοκιμή της χρώσης κατά Gram και μικροσκοπική εξέταση, τεστ της καταλάσης και τεστ της οξειδάσης. Στο υπόστρωμα Baird Parker πραγματοποιήθηκε επιπρόσθετα το τεστ της κοαγκουλάσης στις ύποπτες αποικίες.

### 2.3 Μέτρηση pH

Το pH κάθε δείγματος μετρήθηκε με pHμετρο (Multical WTW 526 pH meter). Η μέτρηση γινόταν με εμβάπτιση του ηλεκτροδίου στο ομογενοποιημένο κρέας μετά το τέλος κάθε μικροβιολογικής ανάλυσης.

### 2.4 Μέτρηση της σύστασης O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>

Μέτρηση της περιεκτικότητας της συσκευασίας σε O<sub>2</sub> και CO<sub>2</sub> έγινε με μετρητή αερίων (CheckMate 9900 O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>, PBI Dansensor, Denmark). Η μέτρηση έγινε με εισαγωγή της βελόνας στο εσωτερικό της συσκευασίας πριν από κάθε μικροβιακή ανάλυση.

### 2.5 Μέτρηση χρώματος

Μέτρηση του χρώματος του δείγματος έγινε με χρωματόμετρο (Minolta CR-200, Japan) στην αρχή κάθε μικροβιακή ανάλυση. Η μέτρηση του χρώματος έγινε υπό ασηπτικές συνθήκες σε τρία διαφορετικά σημεία για κάθε δείγμα.

### 2.6 Ανάλυση HPLC

Έγινε προσδιορισμός του DL-γαλακτικού οξέος και του οξικού οξέος καθώς και του σακχάρου γλυκόζης. Η προετοιμασία έγινε ως εξής: 5 g δείγματος ομογενοποιήθηκαν σε 20 ml νερό και το διάλυμα υπέστη βρασμό για 15 min. Ακολούθησε διήθηση, από την οποία παραλήφθηκε το υπερκείμενο. Σε αυτό προστέθηκαν 0,5 ml από τα Carrez I και II (αραιωμένα 1:5) για την κατακρήμνιση των πρωτεϊνών και το pH ρυθμίστηκε στην τιμή 7,5-8. Το διάλυμα κατόπιν παρέμεινε σε ακινησία για 30 min και ακολούθησε φυγοκέντρηση για 10 min στις 3500 rpm (Biofuge 22R, Heraeus SEPATECH, Germany). Το υπερκείμενο της φυγοκέντρησης

καθαρίστηκε με φίλτρο 0.22  $\mu\text{m}$  και στη συνέχεια πέρασε από τη στήλη της HPLC, κάτω από τις ακόλουθες συνθήκες: Χρησιμοποιήθηκε στήλη ιοντοανταλλαγής HyperREZ Organic acid Column, 100  $\times$  7.7 mm (ThermoHypersil-Keystone, Cheshire, U.K.). Η κινητή φάση που χρησιμοποιήθηκε ήταν 5mM θειικού οξέος (Merck). Η ροή της στήλης ήταν 0.7 ml/min σε θερμοκρασία 57°C (Column Heater, Jones Chromatography, Model 7971, Pontypridd, U.K.). Η ανίχνευση έγινε στα 210 nm. Για τα οργανικά οξέα χρησιμοποιήθηκε ανιχνευτής UV (UV Waters 486 Tunable Absorbance Detector, Millipore, Mass, U.S.A) ενώ για τη γλυκόζη ανιχνευτής RI (LC-30 RI Detector, PERKIN ELMER, U.S.A.).

### 3.Α ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

#### 3.1 Δειγματοληψίες

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται οι ημέρες που πραγματοποιήθηκαν οι δειγματοληψίες. Η συχνότητα των δειγματοληψιών ήταν ανάλογη της συσκευασίας και της θερμοκρασίας επώασης των προϊόντων.

**Πίνακας 3.1:** Ημέρες στις οποίες πραγματοποιήθηκαν οι δειγματοληψίες σε βόεια κομμάτια.

Ημέρες δειγματοληψίας	Κομμάτια μύσγου			
	Αέρας 4°C	ΤΑ 4° C	Αέρας 10°C	ΤΑ 10°C
0	+	+	+	+
4	+	+	+	+
6	+		+	+
8	+	+	+	+
10	+		+	+
12	+	+	+	+
14				
16		+		
18		+		



**Πίνακας 3.2:** Ημέρες στις οποίες πραγματοποιήθηκαν οι δειγματοληψίες σε χοίρινα κομάτια.

<b>Κομμάτια χοιρινά</b>				
Ημέρες δειγματοληψίας	Αέρας 4°C	ΤΑ 4° C	Αέρας 10°C	ΤΑ 10°C
0	+	+	+	+
4	+	+	+	+
10	+	+	+	+
12	+	+	+	+
14		+		
16		+		

**Πίνακας 3.3:** Ημέρες στις οποίες πραγματοποιήθηκαν οι δειγματοληψίες σε μπριζόλα χοιρινή.

<b>Μπριζόλα χοιρινή</b>				
Ημέρες δειγματοληψίας	Αέρας 4°C	ΤΑ 4° C	Αέρας 10°C	ΤΑ 10°C
0	+	+	+	+
4	+	+	+	+
6	+		+	+
8	+	+	+	+
10	+	+	+	+
12	+	+	+	+
14		+		
16		+		
18		+		

**Πίνακας 3.4:** Ημέρες στις οποίες πραγματοποιήθηκαν οι δειγματοληψίες σε κιμά χοιρινό.

Ημέρες δειγματοληψίας	Κιμάς χοιρινός					
	Αέρας 4°C	ΤΑ 4°C	Κενό 4°C	Αέρας 10°C	ΤΑ 10°C	Κενό 10°C
0	+	+	+	+	+	+
3	+	+	+	+	+	+
6	+	+	+	+	+	+
8	+	+	+	+	+	+
10	+	+	+	+	+	+
12	+	+	+	+	+	+

### 3.2 Μικροβιολογικές αναλύσεις

#### 3.2.1 Μικροβιολογικές αναλύσεις επιφανειών

Τα αποτελέσματα των μικροβιολογικών αναλύσεων από τις επιφάνειες του σφάγιου και τις εγκαταστάσεις του χώρου τεμαχισμού και συσκευασίας των προϊόντων παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

**Πίνακας 3.5:** Αποτελέσματα μικροβιολογικών αναλύσεων από σφάγια και χώρο τεμαχισμού και συσκευασίας των προϊόντων .

	Δείγμα	O.M.X	<i>Enterobacteriaceae</i>
1 <sup>η</sup> Δειγματοληψία	1	5,4	<1,0
	2	1,7	3,1
	3	2,8	3,4
	5	5,1	4,7
2 <sup>η</sup> Δειγματοληψία	1	3.5	<1.0
	2	4.0	2.0
	3	4.2	2.0
	4	<2.0	<1.0
	5	3.9	<1.0
3 <sup>η</sup> Δειγματοληψία	1	4.6	1.0
	2	4.7	1.2
	3	3,5	<1.0
	4	4.4	1.6
	5	3,1	<1.0
	6	1.7	<1.0
4 <sup>η</sup> Δειγματοληψία	1	6.5	<1.0
	2	6.0	1.3
	3	2.5	<1.0
	4	4.8	2.5
	5	3.3	<1.0
	6	2.7	<1.0
5 <sup>η</sup> Δειγματοληψία	1	5,3	<1.0
	2	4.6	2.1
	3	3.9	<1.0
	4	4.0	2.4
	6	4.2	<1.0

**Δείγμα: 1** εξωτερική επιφάνεια σφάγιου, **2** εσωτερική επιφάνεια σφάγιου, **3** πάγκος εργασίας πριν τη σφαγή, **4** πάγκος εργασίας μετά την εξυγίανση, **5** μαχαίρι εργασίας πριν τη σφαγή, **6** μαχαίρι εργασίας μετά την εξυγίανση.

Η Ο.Μ.Χ της εξωτερικής επιφάνειας του κρέατος κυμάνθηκε από 3,5 έως 6,5 λογαρίθμους, με τους πληθυσμούς των εντεροβακτηρίων να είναι ιδιαίτερα χαμηλοί, αφού στις περισσότερες των περιπτώσεων ο πληθυσμός τους ήταν κάτω του ορίου ανίχνευσης. Όσον αφορά την εσωτερική επιφάνεια του κρέατος, η ολική μικροβιακή χλωρίδα ήταν περίπου στα ίδια ή ελαφρά μικρότερα επίπεδα με αυτά της εξωτερικής (1,7-6,0 λογαρίθμους), ενώ τα εντεροβακτήρια αποτέλεσαν μεγαλύτερο μέρος της μικροβιακής σύστασης (Πίνακας 3.5).

Όσον αφορά το χώρο τεμαχισμού και συσκευασίας των προϊόντων, η ολική μικροβιακή χλωρίδα για τα δείγματα πριν τη σφαγή κυμάνθηκε, σε γενικές γραμμές, μεταξύ 3 και 4 λογαρίθμων. Τα εντεροβακτήρια αναπτύχθηκαν σε χαμηλά επίπεδα. Εξαιρέση αποτέλεσαν τα δείγματα της πρώτης δειγματοληψίας όπου οι πληθυσμοί των μικροοργανισμών αυτών ήταν αυξημένοι, ιδιαίτερα στην επιφάνεια κοπής του μαχαιριού, που έφτασαν τους 4,7 λογαρίθμους. Μετά την εξυγίανση, ο πληθυσμός των εντεροβακτηρίων έφτασε σε μεγαλύτερα επίπεδα στους πάγκους εργασίας, ενώ ήταν κάτω του ορίου ανίχνευσης για το μαχαίρι. Η ολική μικροβιακή χλωρίδα για τον πάγκο εργασίας ήταν και αυτή ελαφρά αυξημένη μετά την εξυγίανση, ενώ, αντίθετα, στο μαχαίρι έφτασε σε μικρότερα επίπεδα (Πίνακας 3.5).

Σε κανένα από τα εξεταζόμενα δείγματα δεν ανιχνεύτηκε το παθογόνο βακτήριο *Listeria monocytogenes*.

### 3.2.2 Μικροβιολογικές αναλύσεις προϊόντων

Όπως άλλωστε ήταν αναμενόμενο, η συντήρηση των δειγμάτων στις τροποποιημένες ατμόσφαιρες (ΤΑ) στη θερμοκρασία των 4°C επέδρασε θετικά στο χρόνο ζωής των δειγμάτων. Ο συνδυασμός των εμποδίων χαμηλής θερμοκρασίας και συσκευασίας επιβράδυνε την ανάπτυξη της φυσικής μικροχλωρίδας του κρέατος, επιβάλλοντας πιο χαμηλούς ρυθμούς ανάπτυξης, με αποτέλεσμα την καθυστέρηση του χρόνου έναρξης της αλλοίωσης. Αντίθετα ήταν τα αποτελέσματα στο μάρτυρα (αέρας), αφού από μόνη της η θερμοκρασία κατάφερε μόνο να περιορίσει ελαφρώς την ανάπτυξη των μικροοργανισμών σε σχέση με τους 10°C. Οι ευνοικότερες συνθήκες που επικράτησαν στα δείγματα των αερόβιων συνθηκών των 4°C επέβαλλαν μεγαλύτερους ρυθμούς ανάπτυξης, επιτρέποντας, έτσι, τη μειωμένη περίοδο της φάσης προσαρμογής και την ταχύτερη είσοδο στην εκθετική φάση, γεγονός που οδήγησε τους μικροοργανισμούς να αποκτήσουν τους τελικούς τους πληθυσμούς σε μικρότερο χρονικό διάστημα. Η Ο.Μ.Χ. των δειγμάτων σε ΤΑ στους 4°C έφτασε ή πλησίασε την αντίστοιχη του αέρα, χρειάστηκε, όμως, μεγαλύτερο χρονικό διάστημα για να φτάσει ή να πλησιάσει τα ίδια επίπεδα. Έτσι, για παράδειγμα, στα κομμάτια μόσχου, η Ο.Μ.Χ. των αερόβιων δειγμάτων αυξήθηκε στους 7 λογαρίθμους -το όριο για την καλή μικροβιολογική κατάσταση κρέατος (Soldatou et al., 2009; Insausti et al., 2001), - ήδη από την 4<sup>η</sup> κιόλας ημέρα και συνέχισε να αυξάνει μέχρι τους 8 λογαρίθμους έως την 8<sup>η</sup> ημέρα, όπου και

σταθεροποιήθηκε μέχρι το τέλος της δειγματοληψίας (Διάγραμμα 3.1). Τα αντιστοιχα δείγματα των ΤΑ χρειάστηκαν 8 ημέρες παραπάνω για να φτάσουν στα ίδια επίπεδα, αφού μόλις την 12<sup>η</sup> ημέρα ο πληθυσμός τους έφτασε τους 7 λογαρίθμους ( $P>0.05$ ) (Διάγραμμα 3.1, Πίνακας 3.6). Αντίστοιχες παρατηρήσεις μπορούν να γίνουν και για τα υπόλοιπα δείγματα. Έτσι, στην μπριζόλα, τα αερόβια δείγματα αναπτύχθηκαν στους 7 λογαρίθμους από την 4<sup>η</sup> ημέρα, ενώ το χρονικό διάστημα που χρειάστηκαν τα δείγματα των ΤΑ για να φτάσουν στους ίδιους πληθυσμούς ήταν 8-10 ημέρες ( $P>0.05$ ) (Διάγραμμα 3.3, Πίνακας 3.8). Στα χοίρινα κομμάτια, ο πληθυσμός αναπτύχθηκε στους 7 λογαρίθμους από την 4<sup>η</sup> ημέρα στον αέρα και συνέχισε να αυξάνει μέχρι τους 10 λογαρίθμους, ενώ στην ΤΑ χρειάστηκε 10 μέρες για να φτάσει τους 7,5 λογαρίθμους, με τον τελικό πληθυσμό να αγγίζει τους 9 (Διάγραμμα 3.2). Τέλος, στον κιμά, η Ο.Μ.Χ στον αέρα έφτασε τους 7,5 λογαρίθμους την 6<sup>η</sup> ημέρα, ενώ ο αντίστοιχος χρόνος που χρειάστηκαν τα δείγματα σε ΤΑ ήταν 8-10 ημέρες ( $P>0.05$ ) (Διάγραμμα 3.4, Πίνακας 3.9). Η Ο.Μ.Χ των δειγμάτων σε κενό αναπτύχθηκε πιο γρήγορα από αυτή των ΤΑ ( $P<0.05$ ) και ξεπέρασε τους 7 λογαρίθμους ήδη από την 6<sup>η</sup> ημέρα.

Οι τρεις κυρίαρχοι μικροοργανισμοί ήταν οι ψευδομονάδες, τα οξυγαλακτικά βακτήρια και το βακτήριο *Brochotrix thermosphacta*. Η συμπεριφορά των τριών αυτών διαφορετικών βακτηρίων καθώς και η μεταξύ τους σχέση προσδιόρισε το είδος της αλλοίωσης που επικράτησε. Στον αέρα των 4°C, λοιπόν (Διαγράμματα 3.1-3.4), κυριάρχησαν οι ψευδομονάδες, ο πληθυσμός των οποίων έφτασε σε μεγαλύτερα επίπεδα σε σχέση με τους άλλους δύο μικροοργανισμούς, που αναπτύχθηκαν λιγότερο. Ο τελικός πληθυσμός των ψευδομονάδων ήταν 1 με 2 λογαρίθμους μεγαλύτερος από αυτούς των γαλακτικών και του *B. thermosphacta*. Αντίθετα, η συσκευασία στις ΤΑ ανέστειλε την ανάπτυξη των ψευδομονάδων κατά 1-1,5 λογαρίθμους ( $P<0.05$ ). Ο *Brochotrix thermosphacta* σημείωσε στις συνθήκες αυτές αύξηση 1-2 λογαρίθμων (σε μπριζόλα και κομμάτια μόσχου) σε σχέση με τον αέρα (Διαγράμματα 3.1 & 3.3). Στα υπόλοιπα δύο είδη κρέατος, ο πληθυσμός του σε ΤΑ και σε αέρα κινήθηκε προς το τέλος της δειγματοληψίας κοντά με τα γαλακτικά και τις ψευδομονάδες ( $P>0.05$ ) (Διαγράμματα 3.2 & 3.4, Πίνακες 3.7 & 3.9). Τα γαλακτικά βακτήρια δε φάνηκαν να επηρεάζονται σε ιδιαίτερα μεγάλο βαθμό από τον τρόπο συσκευασίας σε κανένα από τα είδη κρέατος που εξετάστηκαν, αφού ο τελικός πληθυσμός τους στον αέρα δεν διαφέρει σημαντικά από μικροβιολογικής άποψης από αυτό των ΤΑ (Διαγράμματα 3.1-3.4). Ο τελικός πληθυσμός των γαλακτικών βακτηρίων στα συσκευασμένα δείγματα ήταν κοντά με αυτόν των ψευδομονάδων. Αντίθετα, το κενό ευνόησε την αναπτύξη των γαλακτικών βακτηρίων, αφού στις συνθήκες αυτές οι μικροοργανισμοί αυτοί επικράτησαν έναντι των ψευδομονάδων και του *B. thermosphacta* ( $P<0.05$ ) (Διάγραμμα 3.4, Πίνακας 3.9). Ο πληθυσμός των γαλακτικών βακτηρίων στο κενό ήταν μεγαλύτερος κατά 1 λογάριθμο σε σχέση με τον αντίστοιχο της τροποποιημένης ατμόσφαιρας ( $P<0.05$ ). Τα βακτήρια ψευδομονάδες και *B. thermosphacta* εμφάνισαν παρόμοια εξέλιξη, καταλήγοντας στα ίδια επίπεδα τη 10<sup>η</sup> και 12<sup>η</sup> ημέρα ( $P>0.05$ ).

Οι υπόλοιποι μικροοργανισμοί (εντεροβακτήρια, μικρόκοκκοι, ζύμες-μύκητες) παρέμειναν, σε γενικές γραμμές, σε χαμηλά επίπεδα (χαμηλότερα από αυτά των *Pseudomonas*, *B. thermosphacta* και οξυγαλακτικών βακτηρίων) (Διαγράμματα 3.1-3.4). Τα εντεροβακτήρια εμφάνισαν παραπλήσιους αρχικούς πληθυσμούς με τις ζύμες και τους μύκητες. Στον αέρα, οι τρεις αυτοί μικροοργανισμοί κινήθηκαν περίπου στα ίδια επίπεδα καθ' όλη τη διάρκεια της δειγματοληψίας. Εξαιρέση αποτέλεσε ο κιμάς, στον οποίο τα εντεροβακτήρια κατέληξαν με τελικό πληθυσμό κατά 1 λογάριθμο μεγαλύτερο από τις ζύμες και τους μύκητες ( $P < 0.05$ ) (Πίνακας 3.9). Στη συντήρηση με τροποποιημένες ατμόσφαιρες, τα εντεροβακτήρια, οι ζύμες και οι μύκητες αναπτύχθηκαν σε πιο χαμηλά επίπεδα, αφού η συσκευασία περιόρισε την αναπτυξή τους κατά 1-3 λογαρίθμους ( $P < 0.05$ ) (Διαγράμματα 3.1-3.4, Πίνακες 3.6-3.9). Η αναστολή της ανάπτυξης ήταν μεγαλύτερη για τις ζύμες και τους μύκητες. Στο κενό, αντίθετα, τα εντεροβακτήρια κινήθηκαν στο ίδιο επίπεδο με τις ψευδομονάδες και το *B. thermosphacta*, φτάνοντας περίπου τους 7 λογαρίθμους ( $P > 0.05$ ), ενώ ο πληθυσμός των ζυμών και των μυκήτων δεν παρουσίασε ιδιαίτερη μεταβολή από τα αρχικά του επίπεδα ( $P > 0.05$ ) (Διαγράμματα 3.4, Πίνακας 3.9). Τέλος, οι μικρόκοκκοι παρέμειναν σε ιδιαίτερα χαμηλά επίπεδα σε όλες τις συνθήκες. Στις ΤΑ, τα βακτήρια αυτά δεν απέκλιναν από τον αρχικό τους πληθυσμό, ενώ στον αέρα παρατηρήθηκε ακόμα και μείωση, που, όμως, δεν ήταν στατιστικά σημαντική ( $P > 0.05$ ) (Διαγράμματα 3.1-3.4, Πίνακες 3.6-3.9).

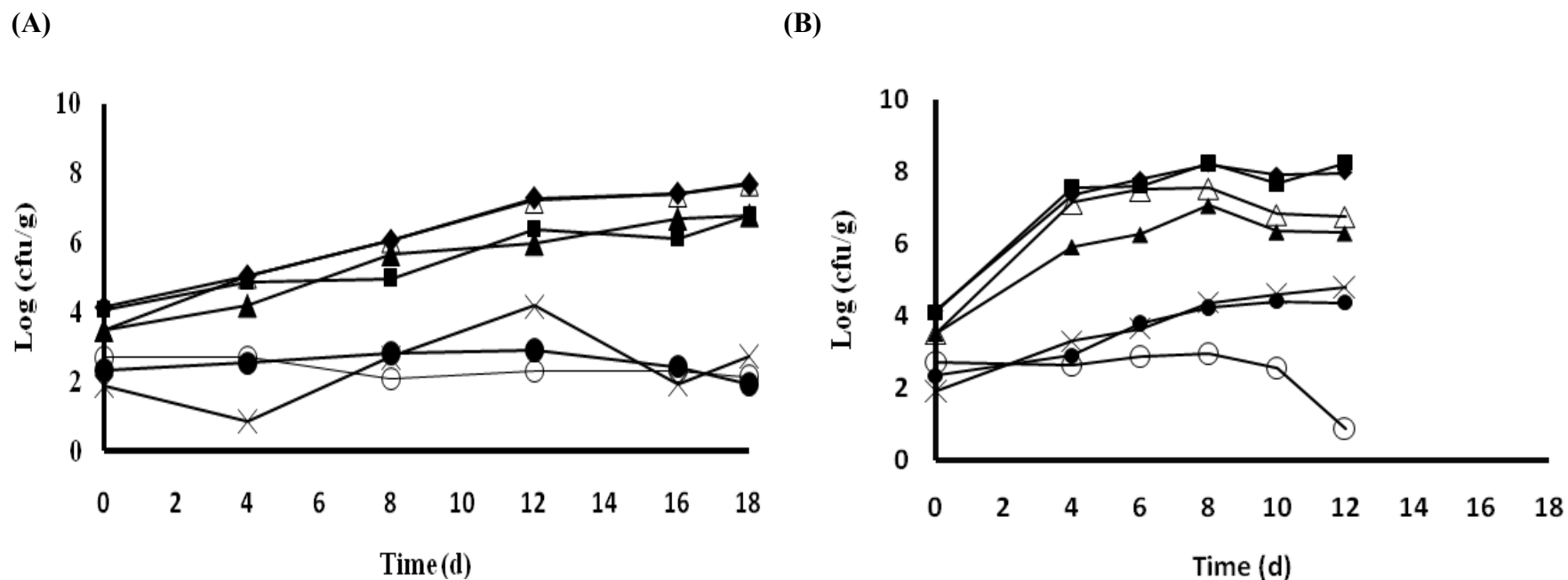
Όπως και στους 4°C, έτσι και στους 10°C, η συσκευασία μείωσε το ρυθμό αύξησης των μικροοργανισμών, επιβραδύνοντας την ανάπτυξη τους. Έτσι, όλα τα δείγματα στον αέρα έφτασαν στον τελικό πληθυσμό τους ήδη από την 4<sup>η</sup> ημέρα, ενώ στην ΤΑ από την 6<sup>η</sup> ή 8<sup>η</sup> ημέρα (Διαγράμματα 3.5-3.8). Η συσκευασία σε τροποποιημένες ατμόσφαιρες δε φάνηκε να επηρεάζει ιδιαίτερα την εξέλιξη του μικροβιακού φορτίου. Σε κάθε περίπτωση, οι ψευδομονάδες επικράτησαν των γαλακτικών, με τα τελευταία να ακολουθούν κατά 1-2 λογαρίθμους (Διαγράμματα 3.5-3.8). Ο τελικός πληθυσμός του *B. thermosphacta*, σε γενικές γραμμές, ήταν αυξημένος στα συσκευασμένα δείγματα. Στις αερόβιες συνθήκες, το βακτήριο αυτό έφτασε ένα μέγιστο και στη συνέχεια παρουσίασε μείωση περίπου 1 λογάριθμου. Στο κενό, τα γαλακτικά βακτήρια έφτασαν στον ίδιο περίπου πληθυσμό με τις ψευδομονάδες (Διάγραμμα 3.4), οι οποίες στη συσκευασία αυτή αναπτύχθηκαν λιγότερο σε σχέση με τον αέρα και τις τροποποιημένες ατμόσφαιρες ( $P < 0.05$ ) (Διάγραμμα 3.8, Πίνακας 3.13). Τα επίπεδα των γαλακτικών βακτηρίων δεν παρουσίασαν ιδιαίτερη διακύμανση ανάμεσα στα τρία είδη συσκευασίας που εξετάστηκαν ( $P < 0.05$ ). Αρκετά μειωμένος παρουσιάστηκε ο *B. thermosphacta* στο κενό, αφού ο πληθυσμός του αναπτύχθηκε γενικά σε χαμηλά επίπεδα (κοντά στους 5 λογαρίθμους) (Πίνακας 3.13).

Όσο, για τη συμπεριφορά των υπόλοιπων μικροοργανισμών στη θερμοκρασία αυτή (10°C), τα εντεροβακτήρια έφτασαν σε υψηλούς πληθυσμούς (7-8 λογαρίθμους) τόσο σε αέρα, όσο και σε ΤΑ, κινούμενοι κοντά στον πληθυσμό των γαλακτικών βακτηρίων ή/και του *B. thermosphacta* (Διαγράμματα 3.5-3.8). Στο κενό, τα

εντεροβακτήρια έφτασαν στον ίδιο πληθυσμό με τις ψευδομονάδες ( $P>0,05$ ) (Διάγραμμα 3.8, Πίνακας 3.13). Και στα τρία είδη συσκευασίας ο τελικός πληθυσμός μικροοργανισμών αυτών κινήθηκε στα ίδια επίπεδα ( $P>0,05$ ). Ακολούθησαν οι ζύμες με τους μύκητες, των οποίων η ανάπτυξη ήταν χαμηλότερη στα δείγματα των τροποποιημένων ατμοσφαιρών σε σχέση με αυτά του αέρα (Διαγράμματα 3.5-3.8). Στο κενό, ο πληθυσμός τους έμεινε πρακτικά αμετάβλητος (Διάγραμμα 3.8). Τέλος, οι μικρόκοκοι κινήθηκαν σε χαμηλά επίπεδα στη συσκευασία των τροποποιημένων ατμοσφαιρών και στο κενό, παραμένοντας στον αρχικό τους πληθυσμό ή εμφανίζοντας μικρή αύξηση (1-1,5 λογάριθμοι), ενώ στον αέρα παρατηρήθηκε μείωση των μικροκόκκων σε μπριζόλα και κομμάτια χοιρινά. Στα δύο υπόλοιπα προϊόντα, οι πληθυσμοί τους παρέμειναν αμετάβλητοι (Διάγραμμα 3.5-3.8).

Σε κανένα από τα εξεταζόμενα δείγματα δεν ανιχνεύθηκαν τα παθογόνα *Clostridium botulinum* (βλαστικά κύτταρα και σπόρια) και *Staphylococcus aureus*.

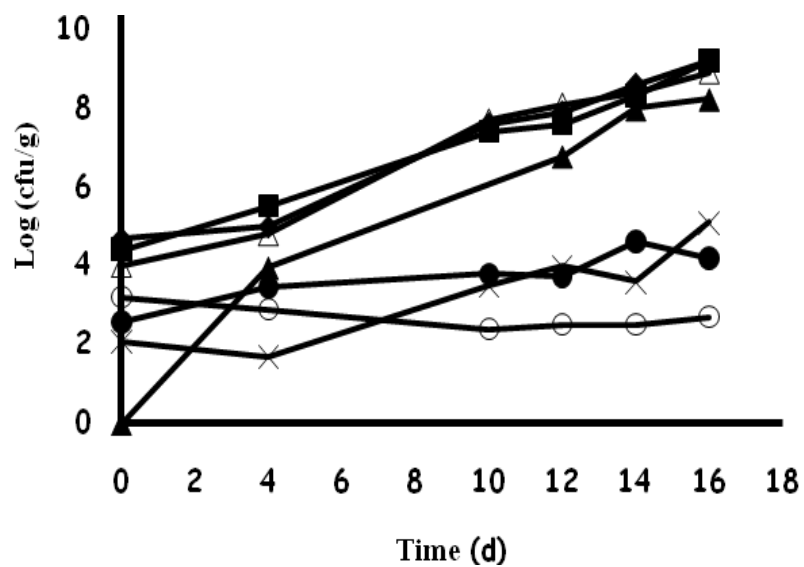
**Διάγραμμα 3.1:** Αλλαγές στη μικροβιακή σύσταση σε κομμάτια μύσγου στους 4°C: (A) σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα, (B) αερόβια. (◆) O.M.X., (■) *Pseudomonas* spp., (▲) οξυγαλακτικά βακτήρια, (Δ) *Brochothrix thermosphacta*, (×) *Enterobacteriaceae*, (●) ζύμες-μύκητες, (○) μικρόκοκκοι.



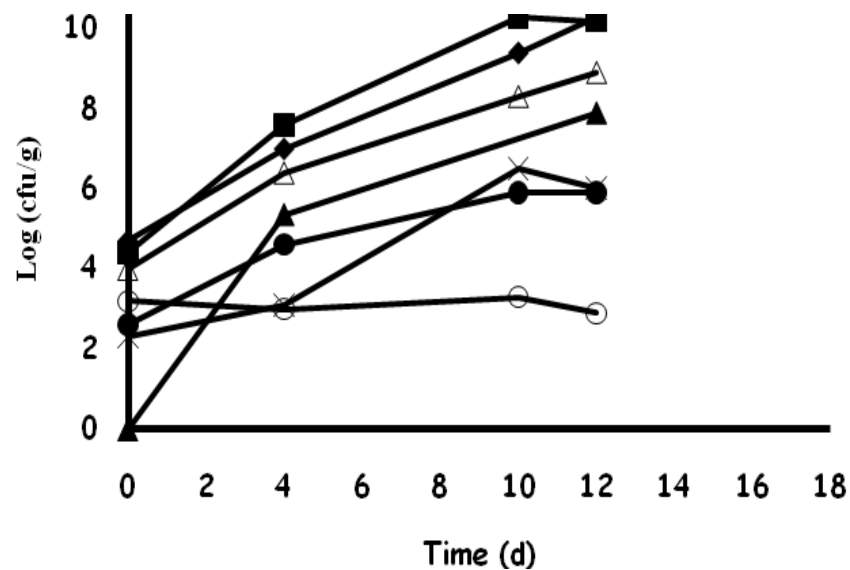


**Διάγραμμα 3.2:** Αλλαγές στη μικροβιακή σύσταση σε κομμάτια χοιρινά στους 4°C: (A) σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα, (B) αερόβια. (◆) O.M.X., (■) *Pseudomonas* spp., (▲) οξυγαλακτικά βακτήρια, (Δ) *Brochothrix thermosphacta*, (×) *Enterobacteriaceae*, (●) ζύμες-μύκητες, (○) μικρόκοκκοι.

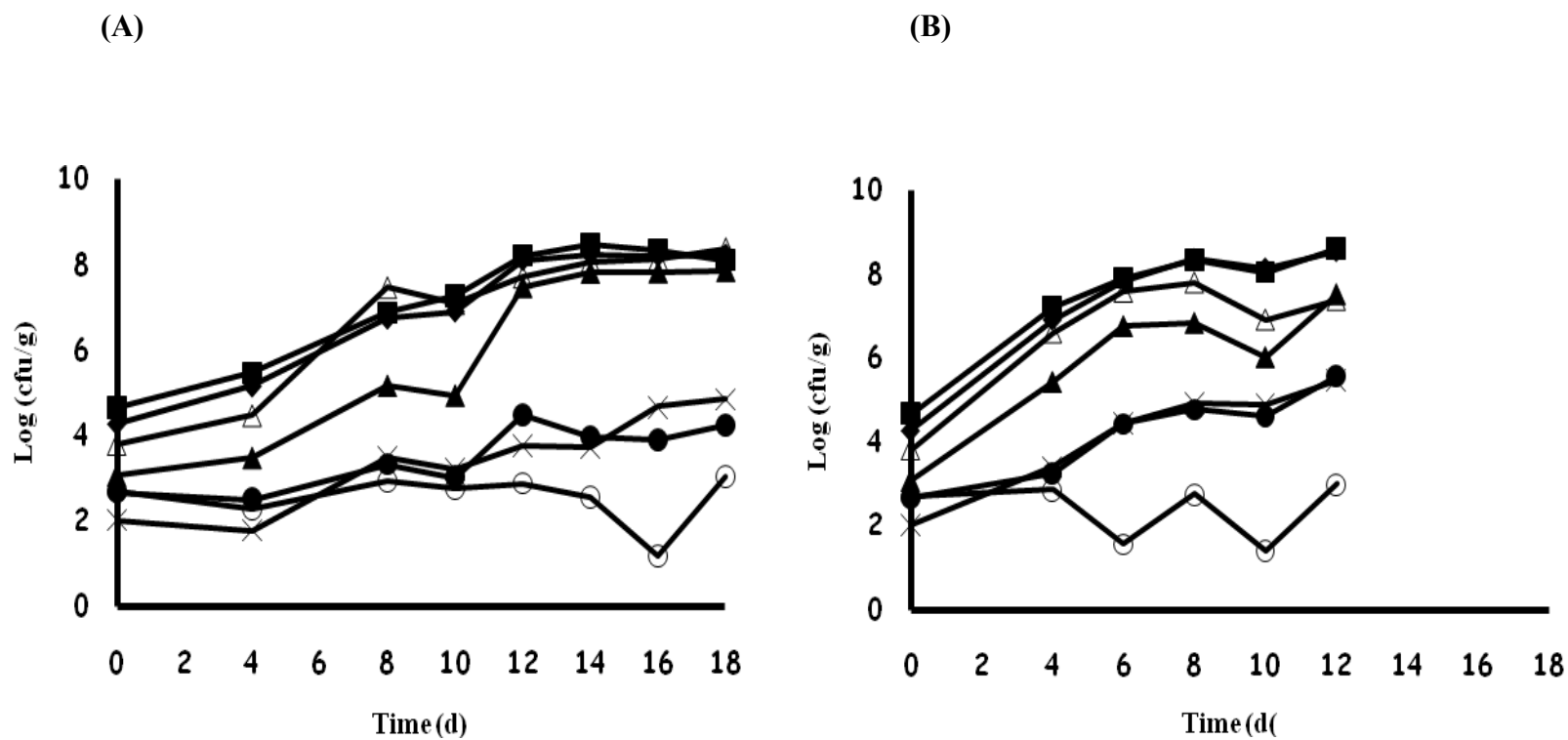
(A)



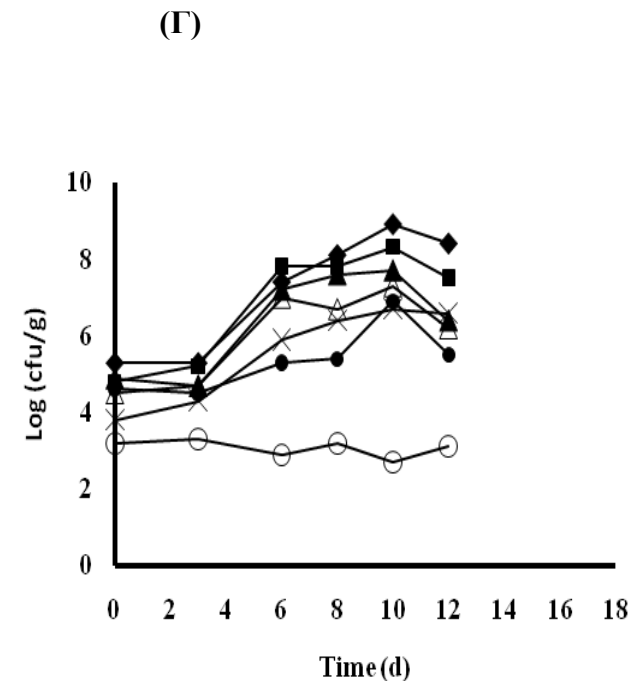
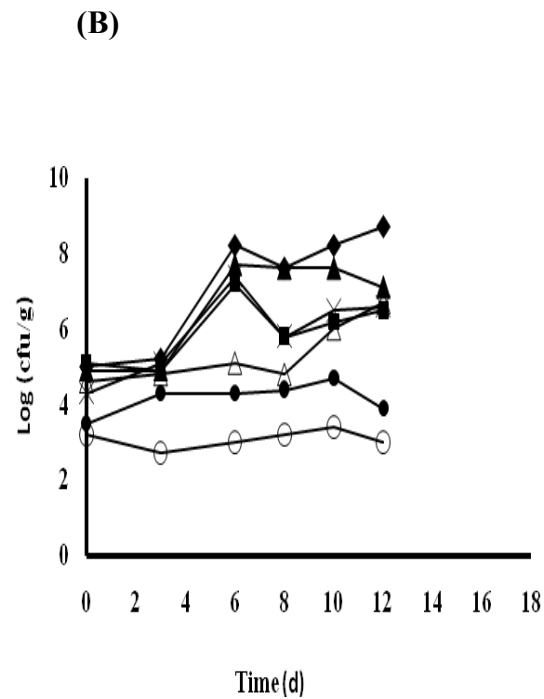
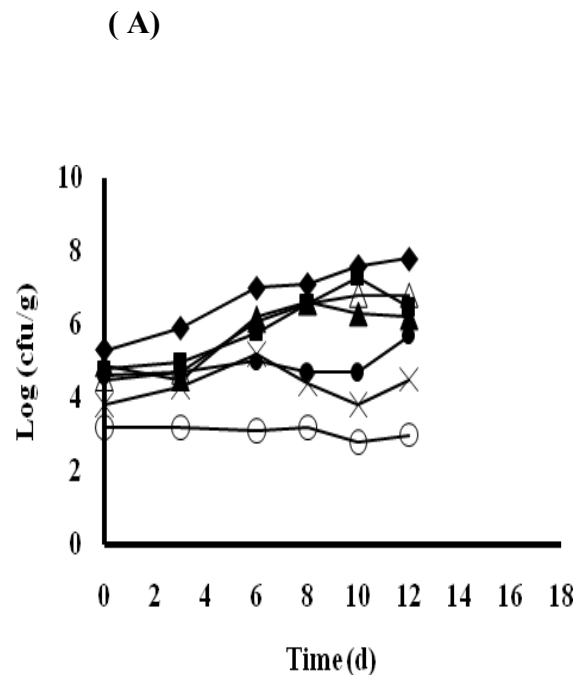
(B)



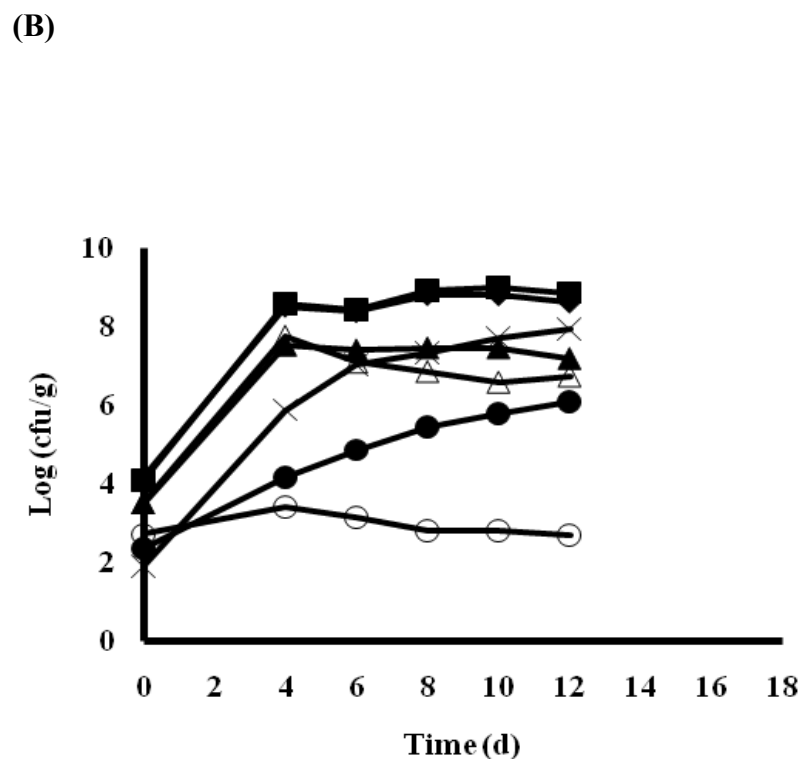
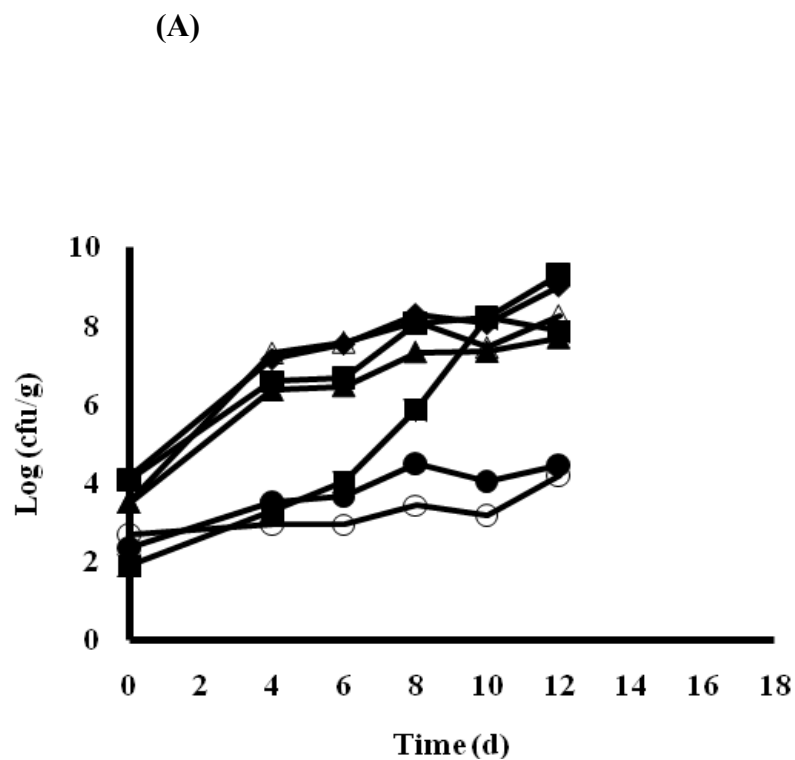
**Διάγραμμα 3.3:** Αλλαγές στη μικροβιακή σύσταση σε μπριζόλα χοιρινή στους 4°C: (A) σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα, (B) αερόβια. (◆) O.M.X., (■) *Pseudomonas* spp., (▲) οξυγαλακτικά βακτήρια, (Δ) *Brochothrix thermosphacta*, (×) *Enterobacteriaceae*, (●) ζύμες-μύκητες, (○) μικρόκοκκοι.



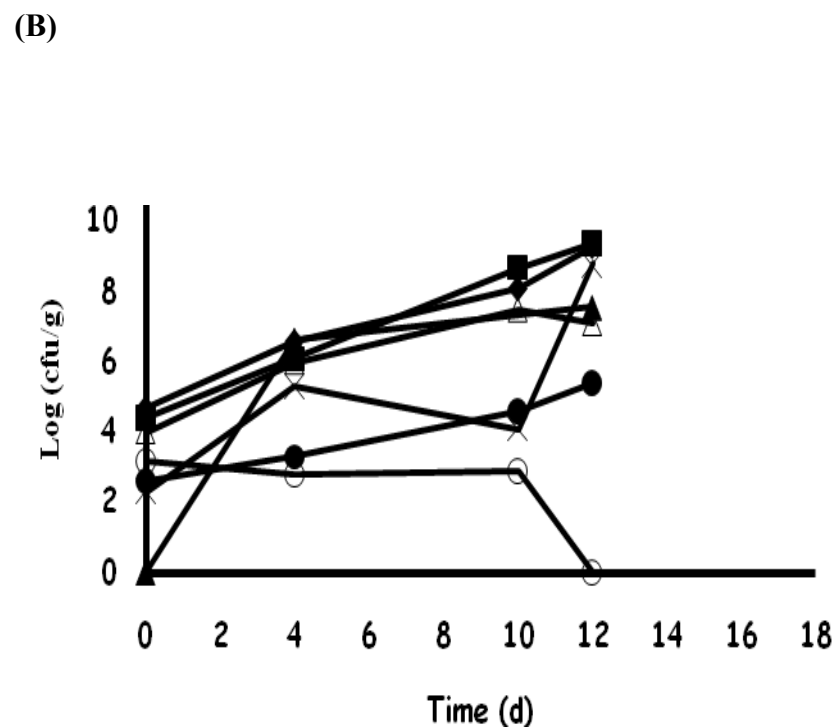
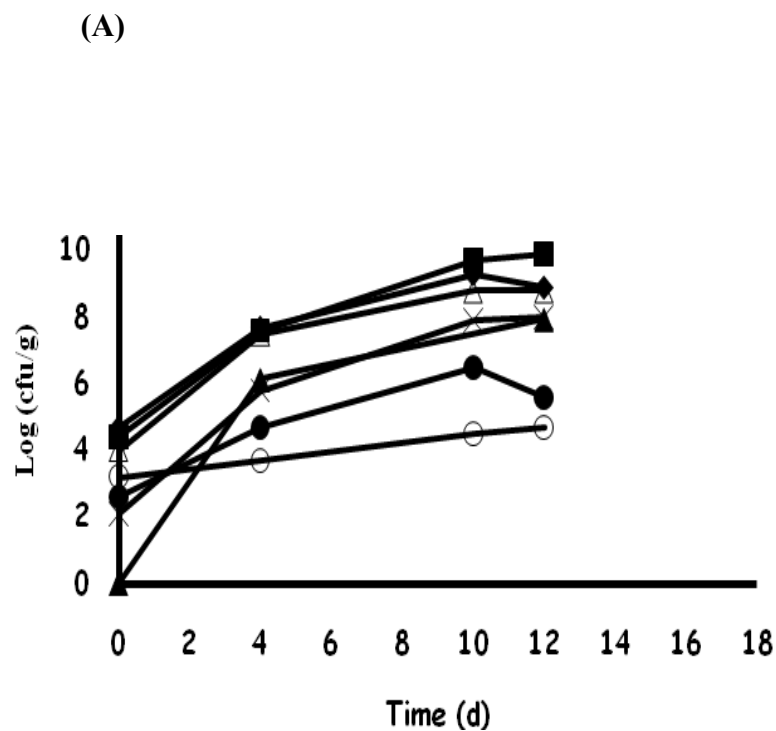
**Διάγραμμα 3.4:** Αλλαγές στη μικροβιακή σύσταση σε κιμά χοιρινό στους 4°C: (Α) σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα, (Β) στο κενό (Γ) αερόβια. (♦) Ο.Μ.Χ., (■) *Pseudomonas* spp., (▲) οξυγαλακτικά βακτήρια, (Δ) *Brochothrix thermosphacta*, (×) *Enterobacteriaceae*, (●) ζύμες-μύκητες, (○) μικρόκοκκοι.



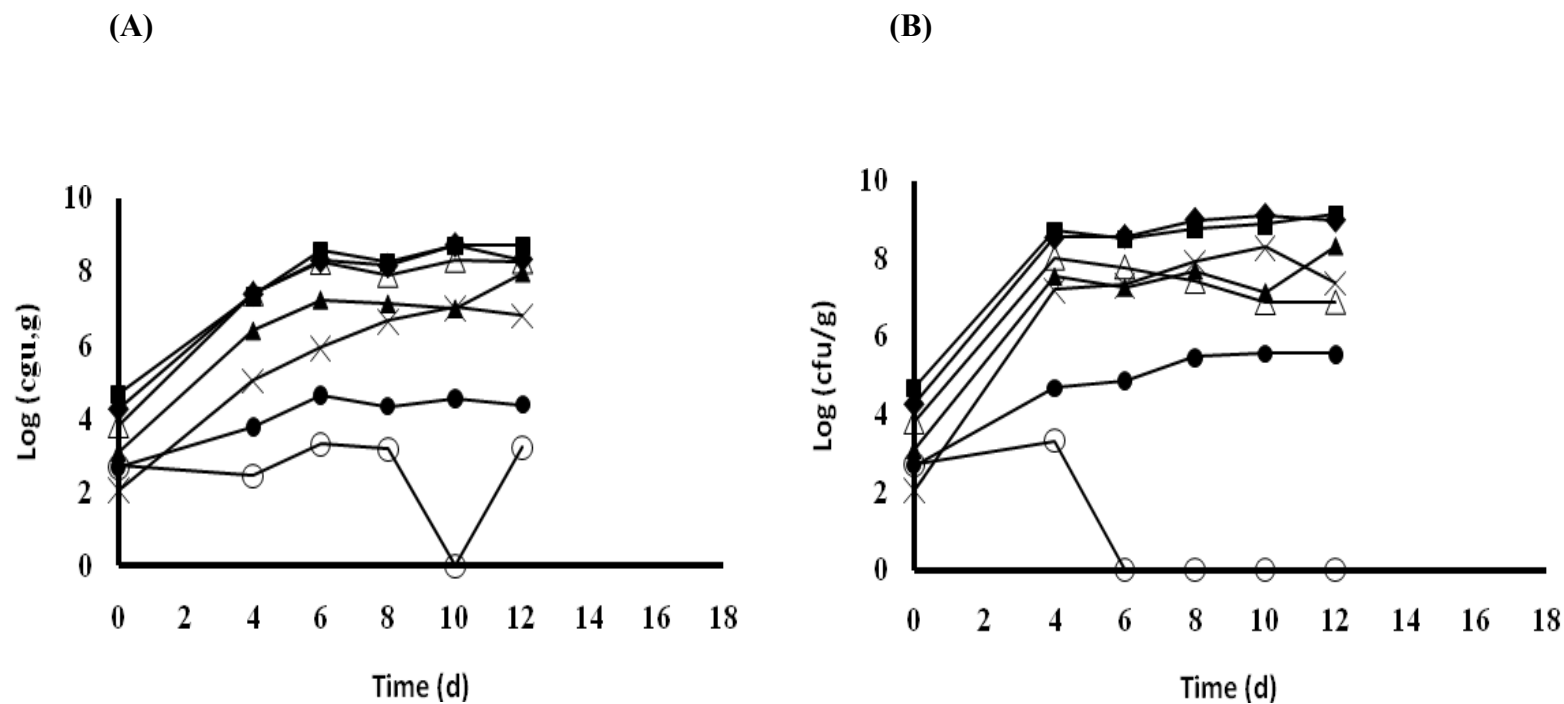
**Διάγραμμα 3.5:** Αλλαγές στη μικροβιακή σύσταση σε κομμάτια μόσχου στους 10°C: (A) σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα, (B) αερόβια. (◆) Ο.Μ.Χ., (■) *Pseudomonas* spp., (▲) οξυγαλακτικά βακτήρια, (Δ) *Brochothrix thermosphacta*, (×) *Enterobacteriaceae*, (●) ζύμες-μύκητες, (○) μικρόκοκκοι.



**Διάγραμμα 3.6:** Αλλαγές στη μικροβιακή σύσταση σε κομμάτια χοιρίνα στους 10°C: (Α) σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα, (Β) αερόβια. (◆) Ο.Μ.Χ., (■) *Pseudomonas* spp., (▲) οξυγαλακτικά βακτήρια, (Δ) *Brochothrix thermosphacta*, (×) *Enterobacteriaceae*, (●) ζύμες-μύκητες, (○) μικρόκοκκοι.

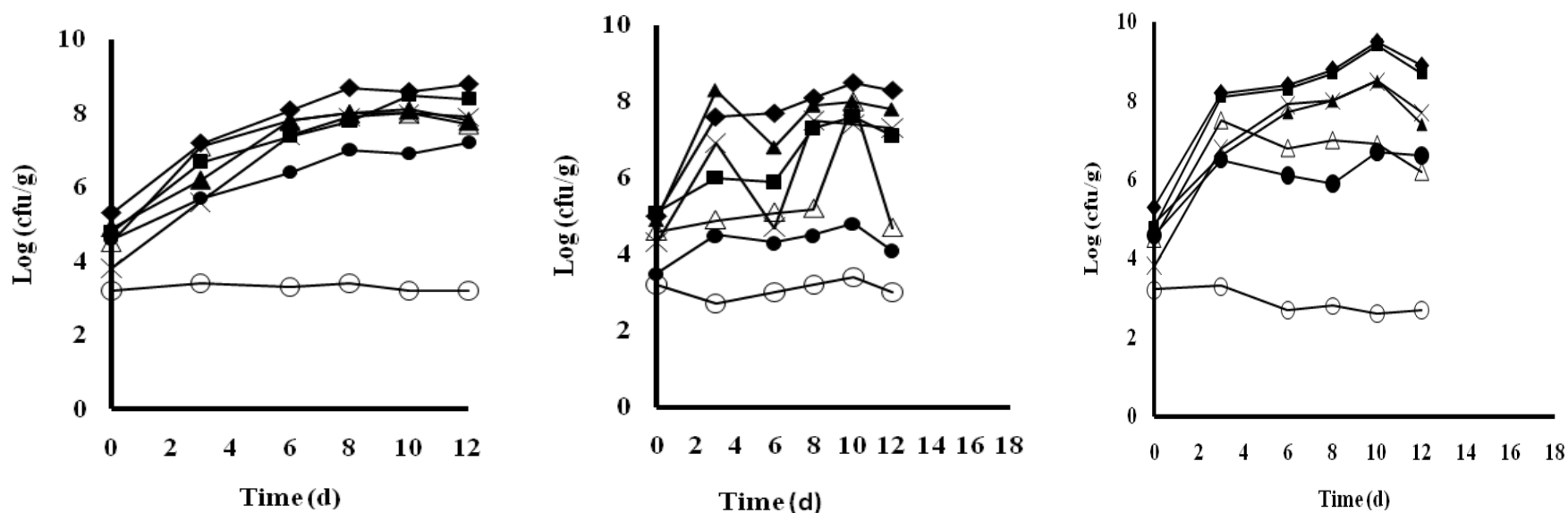


**Διάγραμμα 3.7:** Αλλαγές στη μικροβιακή σύσταση σε μπριζόλα χοιρινή στους 10°C: (A) σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα, (B) αερόβια. (◆) O.M.X., (■) *Pseudomonas* spp., (▲) οξυγαλακτικά βακτήρια, (Δ) *Brochothrix thermosphacta*, (×) *Enterobacteriaceae*, (●) ζύμες-μύκητες, (○) μικρόκοκκοι.



**Διάγραμμα 3.8:** Αλλαγές στη μικροβιακή σύσταση σε κιμά χοιρινό στους 10°C: (Α) σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα, (Β) σε κενό, (Γ) αερόβια. (♦) *O.M.X.*, (■) *Pseudomonas* spp., (▲) οξυγαλακτικά βακτήρια, (Δ) *Brochothrix thermosphacta*, (×) *Enterobacteriaceae*, (●) ζύμες-μύκητες, (○) μικρόκοκκοι.

(Α)



**Πίνακας 3.6:** Συγκριτικός πίνακας των μικροβιακών μεταβολών σε αερόβιες συνθήκες και κάτω από τροποποιημένες ατμόσφαιρες στους 4°C. Δείγμα: Κομμάτια μύσγου. Με Μ συμβολίζονται τα δείγματα των τροποποιημένων ατμοσφαιρών, ενώ με Α τα δείγματα του αέρα.

TIME	OMX	<i>Pseudomonas</i>	Γαλακτικά βακτήρια	<i>B. thernosphacta</i>	<i>Enterobacteriaceae</i>	Ζύμες-Μύκητες	Μικρόκοκκοι
0-M	4,2 (0,1) A a	4,1 (0,4) A a	3,5 (0,2) AB a	3,5 (0,2) AB a	1,9 (0,2) C ab	2,3 (0,6) BC ab	2,7 (0,5) BC b
4-M	5,1 (0,0) A a	4,9 (0,3) A ab	4,2 (0,2) AB a	5,0 (0,2) A b	0,9 (1,2) C a	2,5 (0,4) BC abc	2,7 (0,2) BC b
8-M	6,1 (0,3) A b	5,0 (0,8) A ab	5,7 (0,2) A b	6,1 (0,3) A bc	2,7 (0,7) B ab	2,8 (0,1) B abc	2,1 (0,6) B ab
12-M	7,3 (0,4) A c	6,4 (0,4) AB bc	6,0 (0,7) AB bc	7,2 (0,6) A c	4,2 (1,6) BC ab	2,9 (0,5) C abc	2,3 (0,0) C ab
16-M	7,4 (0,1) A c	6,2 (0,1) B bc	6,7 (0,0) AB bc	7,4 (0,1) A c	1,9 (0,8) C ab	2,4 (0,2) C abc	2,3 (0,2) C ab
18-M	7,7 (0,2) A c	6,8 (0,7) A bc	6,8 (0,4) A bc	7,7 (0,3) A c	2,7 (0,1) B ab	1,9 (0,2) B a	2,2 (0,2) B ab
0-A	4,2 (0,1) A a	4,1 (0,4) A a	3,5 (0,2) AB a	3,5 (0,2) AB a	1,9 (0,2) C ab	2,3 (0,6) BC ab	2,7 (0,5) BC b
4-A	7,3 (0,4) A c	7,6 (0,3) A c	5,9 (0,1) A bc	7,1 (0,2) A c	3,3 (0,3) B ab	2,9 (1,3) B abc	2,6 (0,0) B b
6-A	7,8 (0,4) A c	7,6 (0,6) A c	6,3 (0,0) A bc	7,5 (0,1) A c	3,6 (0,9) B ab	3,8 (0,3) B abc	2,9 (0,2) B b
8-A	8,2 (0,3) A c	8,2 (0,4) A c	7,1 (0,3) A c	7,5 (0,6) A c	4,4 (1,1) B ab	4,2 (0,5) B bc	2,9 (0,1) B b
10-A	7,9 (0,4) A c	7,7 (1,1) A c	6,3 (0,5) AB bc	6,8 (1,0) AB c	4,6 (1,4) BC b	4,4 (0,3) BC c	2,5 (0,3) C b
12-A	8,0 (0,3) A c	8,2 (0,3) A c	6,3 (0,2) ABC bc	6,8 (0,1) AB c	4,8 (0,6) BC b	4,4 (0,4) C c	0,8 (1,2) D a

ABC: Τα διαφορετικά κεφαλαία γράμματα ανά σειρά αντιστοιχούν σε μέσους όρους τιμών που διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας 95%.

abc: Τα διαφορετικά μικρά γράμματα ανά στήλη αντιστοιχούν σε μέσους όρους τιμών που διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας 95%.



**Πίνακας 3.7:** Συγκριτικός πίνακας των μικροβιακών μεταβολών σε αερόβιες συνθήκες και κάτω από τροποποιημένες ατμόσφαιρες στους 4°C. Δείγμα: Κομμάτια χοιρινά. Με Μ συμβολίζονται τα δείγματα των τροποποιημένων ατμοσφαιρών, ενώ με Α τα δείγματα του αέρα.

TIME	OMX		<i>Pseudomonas</i>		Γαλακτικά βακτήρια		<i>B. thernosphacta</i>		<i>Enterobacteriaceae</i>		Ζύμες-Μύκητες		Μικρόκοκκοι	
O-M	4,7 (0,9)	A a	4,4 (0,7)	AB a	-	-	4,0 (0,3)	ABC a	2,1 (0,6)	C a	2,6 (0,1)	BC a	3,2 (0,1)	ABC a
4-M	5,0 (1,2)	A ab	5,5 (0,6)	A a	4,0 (1,1)	A a	4,8 (1,5)	A ab	1,7 (1,1)	A a	3,5 (1,3)	A a	2,9 (0,9)	A a
10-M	7,6 (0,1)	A cd	7,4 (0,0)	A b	-	-	7,7 (0,0)	A c	3,5 (0,3)	C ab	3,8 (0,5)	C ab	2,4 (0,1)	D a
12-M	7,9 (0,4)	A cd	7,6 (0,9)	A bc	6,8 (0,7)	A bc	8,1 (0,5)	A c	4,0 (0,8)	B ab	3,7 (0,1)	B ab	2,5 (0,1)	B a
14-M	8,6 (0,3)	A cde	8,3 (0,1)	A bc	8,0 (0,1)	A c	8,4 (0,0)	A c	3,6 (0,2)	BC ab	4,6 (1,1)	B ab	2,5 (0,1)	C a
16-M	9,2 (0,3)	A cde	9,2 (0,4)	A cd	8,2 (0,3)	B c	8,9 (0,1)	Ab c	5,1 (0,1)	C bc	4,2 (0,1)	D ab	2,7 (0,3)	E a
0-A	4,7 (0,9)	A a	4,4 (0,7)	AB a	-	-	4,0 (0,3)	ABC a	2,1 (0,6)	C a	2,6 (0,1)	BC a	3,2 (0,1)	ABC a
4-A	7,0 (0,8)	A bc	7,6 (0,5)	A bc	5,4 (1,5)	AB ab	6,4 (1,4)	AB bc	3,1 (1,0)	B ab	4,6 (0,8)	AB ab	3,0 (0,4)	B a
10-A	9,4 (0,0)	B de	10,3 (0,0)	A d	-	-	8,3 (0,0)	C c	6,5 (0,0)	D c	5,9 (0,0)	D c	3,3 (0,0)	E a
12-A	10,3 (0,0)	A e	10,2 (0,0)	A d	7,9 (0,0)	C c	8,9 (0,0)	B c	6,0 (0,0)	D c	5,9 (0,0)	D c	2,9 (0,0)	E a

ABCDE: Τα διαφορετικά κεφαλαία γράμματα ανά σειρά αντιστοιχούν σε μέσους όρους τιμών που διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας 95%.

abcde: Τα διαφορετικά μικρά γράμματα ανά στήλη αντιστοιχούν σε μέσους όρους τιμών που διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας 95%.

**Πίνακας 3.8:** Συγκριτικός πίνακας των μικροβιακών μεταβολών σε αερόβιες συνθήκες και κάτω από τροποποιημένες ατμόσφαιρες στους 4°C. Δείγμα: Μπριζόλα χοιρινή. Με Μ συμβολίζονται τα δείγματα των τροποποιημένων ατμοσφαιρών, ενώ με Α τα δείγματα του αέρα.

TIME	OMX		<i>Pseudomonas</i>		Γαλακτικά βακτήρια		<i>B. thernosphacta</i>		<i>Enterobacteriaceae</i>		Ζύμες-Μύκητες		Μικρόκοκκοι	
0-M	4,3 (0,0)	AB a	4,7 (0,2)	A a	3,1 (0,5)	BCD a	3,8 (0,5)	ABC a	2,0 (0,5)	D a	2,7 (0,3)	CD a	2,7 (0,6)	CD a
4-M	5,2 (0,1)	AB a	5,5 (0,1)	A a	3,5 (0,2)	C ab	4,5 (0,5)	B a	1,8 (0,3)	D a	2,5 (0,2)	D a	2,3 (0,4)	D a
8-M	6,8 (0,3)	A b	6,9 (0,1)	A b	5,2 (0,0)	B cd	7,5 (0,8)	A b	3,5 (0,7)	C ab	3,3 (0,6)	C ab	3,0 (0,0)	C a
10-M	6,9 (1,0)	A bc	7,3 (0,4)	A bcd	5,0 (1,4)	AB bc	7,1 (0,9)	A b	3,2 (0,5)	B ab	3,0 (0,5)	B ab	2,8 (0,9)	B a
12-M	8,1 (0,5)	A bcd	8,2 (0,5)	A cd	7,5 (0,3)	A ef	7,7 (0,1)	A b	3,8 (0,8)	B ab	4,5 (0,5)	B cd	2,9 (0,6)	B a
14-M	8,2 (0,4)	A bcd	8,5 (0,4)	A cd	7,8 (0,4)	A ef	8,1 (0,5)	A b	3,7 (0,4)	B ab	4,0 (0,2)	B bc	2,6 (1,2)	B a
16-M	8,2 (0,4)	A bcd	8,4 (0,4)	A cd	7,8 (0,4)	A f	8,1 (0,4)	A b	4,7 (0,1)	B b	3,9 (0,1)	B bc	1,2 (1,7)	C a
18-M	8,2 (0,0)	AB bcd	8,1 (0,0)	BC bcd	7,9 (0,0)	C f	8,4 (0,0)	A b	4,9 (0,0)	D b	4,2 (0,0)	E bc	3,1 (0,0)	F a
0-A	4,3 ± 0,0	AB a	4,7 (0,2)	A a	3,1 (0,5)	BCD a	3,8 (0,5)	ABC a	2,0 (0,5)	D a	2,7 (0,3)	CD a	2,7 (0,6)	CD a
4-A	6,9 ± 0,4	A bc	7,2 (0,4)	A bc	5,4 (0,5)	A cd	6,6 (0,3)	A b	3,4 (1,1)	B ab	3,3 (0,3)	B ab	2,9 (0,4)	B a
6-A	7,9 (0,4)	A bcd	7,9 (0,4)	A bcd	6,8 (0,5)	A def	7,6 (0,6)	A b	4,5 (0,1)	AB b	4,4 (0,2)	AB cd	1,6 (2,2)	B a
8-A	8,4 (0,0)	A cd	8,3 (0,1)	A cd	6,8 (0,1)	C def	7,8 (0,2)	B b	4,9 (0,2)	D b	4,8 (0,2)	D cd	2,8 (0,1)	E a
10-A	8,1 (0,6)	A bcd	8,1 (0,7)	A bcd	6,0 (0,3)	AB cde	6,9 (0,3)	AB b	4,9 (0,6)	AB b	4,6 (0,1)	B cd	1,4 (2,0)	C a
12-A	8,6 (0,2)	A d	8,6 (0,1)	A d	7,5 (0,1)	A ef	7,4 (0,0)	A b	5,5 (1,3)	B b	5,6 (0,2)	B d	3,0 (0,2)	C a

ABCDEF: Τα διαφορετικά κεφαλαία γράμματα ανά σειρά αντιστοιχούν σε μέσους όρους τιμών που διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας 95%.

abcd: Τα διαφορετικά μικρά γράμματα ανά στήλη αντιστοιχούν σε μέσους όρους τιμών που διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας 95%.

**Πίνακας 3.9:** Συγκριτικός πίνακας των μικροβιακών μεταβολών σε αερόβιες συνθήκες και κάτω από τροποποιημένες ατμόσφαιρες στους 4°C δείγμα: Κιμάς χοιρινός. Με Μ συμβολίζονται τα δείγματα των τροποποιημένων ατμοσφαιρών, με V τα δείγματα του κενού, ενώ με Α τα δείγματα του αέρα.

TIME	OMX		<i>Pseudomonas</i>		Γαλακτικά βακτήρια		<i>B. thernosphacta</i>		<i>Enterobacteriaceae</i>		Ζύμες-Μύκητες		Μικρόκοκκοι	
0-M	5,3 (0,4)	A a	4,8 (0,4)	AB a	4,9 (0,0)	AB ab	4,5 (0,1)	AB a	3,8 (0,7)	BC a	4,6 (0,1)	AB a	3,2 (0,1)	C a
3-M	5,9 (0,4)	A ab	5,0 (0,3)	AB ab	4,5 (1,5)	AB a	4,7 (0,3)	AB a	4,3 (0,4)	AB ab	4,7 (0,2)	AB a	3,2 (0,1)	B a
6-M	7,0 (0,6)	A bc	5,8 (0,4)	AB abc	6,2 (0,2)	AB abc	6,1 (0,4)	AB b	5,2 (2,1)	AB abc	5,0 (0,3)	AB ab	3,1 (0,3)	B a
8-M	7,1 (0,2)	A bcd	6,6 (0,5)	A bcde	6,6 (0,1)	A bc	6,6 (0,2)	A bc	4,4 (0,9)	B ab	4,7 (0,5)	B a	3,2 (0,6)	B a
10-M	7,6 (0,7)	A cde	7,3 (1,2)	A cdef	6,3 (0,4)	AB abc	6,8 (0,1)	AB bc	3,8 (0,3)	C a	4,7 (1,1)	BC a	2,8 (0,1)	C a
12-M	7,8 (0,8)	A cde	6,5 (0,3)	AB abcde	6,2 (1,1)	AB abc	6,8 (0,1)	AB bc	4,5 (0,2)	BC ab	5,7 (0,2)	AB ab	3,0 (1,3)	C a
0-V	5,0 (0,0)	A a	5,1 (0,0)	AB a	4,9 (0,0)	AB ab	4,6 (0,0)	AB a	4,3 (0,0)	BC a	4,5 (0,0)	AB a	3,2 (0,0)	C a
3-V	5,2 (0,0)	A a	4,9 (0,0)	C a	4,9 (0,0)	ABC ab	4,8 (0,0)	BC a	5,1 (0,0)	AB abc	4,3 (0,0)	D a	2,7 (0,0)	E a
6-V	8,2 (0,0)	A cde	7,2 (0,0)	C cdef	7,7 (0,0)	B c	5,1 (0,0)	D a	7,4 (0,0)	B c	4,3 (0,0)	E a	3,0 (0,0)	F a
8-V	7,6 (0,0)	A cde	5,8 (0,0)	B abc	7,6 (0,0)	A c	4,8 (0,0)	C a	5,8 (0,0)	B abc	4,4 (0,0)	D a	3,2 (0,0)	E a
10-V	8,2 (0,0)	A cde	6,2 (0,0)	D abcd	7,6 (0,0)	B c	6,0 (0,0)	D b	6,5 (0,0)	C bc	4,7 (0,0)	E a	3,4 (0,0)	F a
12-V	8,7 (0,0)	A de	6,5 (0,0)	C abcde	7,1 (0,0)	B c	6,7 (0,0)	C bc	6,6 (0,0)	C bc	3,9 (0,0)	D a	3,0 (0,0)	E a
0-A	5,3 (0,4)	A a	4,8 (0,4)	AB a	4,9 (0,0)	AB ab	4,5 (0,1)	AB a	3,8 (0,7)	BC a	4,6 (0,1)	AB a	3,2 (0,1)	C a
3-A	5,3 (0,3)	A a	5,2 (0,3)	A ab	4,7 (0,6)	AB ab	4,7 (0,3)	AB ab	4,3 (1,0)	AB ab	4,5 (0,1)	AB a	3,3(0,1)	B a

Συνέχεια Πίνακα 3.9

6-A	7,4 (0,1)	A cde	7,8 (0,0)	A ef	7,2 (0,3)	A c	7,0 (0,8)	A bc	5,9 (0,3)	B abc	5,3 (0,2)	B ab	2,9 (0,2)	C a
8-A	8,1 (0,2)	A cde	7,8 (0,3)	A ef	7,6 (0,4)	A c	6,7 (0,7)	AB bc	6,4 (0,5)	AB abc	5,4 (0,9)	B ab	3,2 (0,6)	C a
10-A	8,9 (0,2)	A e	8,3 (0,6)	A f	7,7 (0,4)	A c	7,3 (0,3)	A c	6,7 (0,5)	A bc	6,9 (1,4)	A b	2,7 (0,5)	B a
12-A	8,4 (0,4)	A cde	7,5 (0,7)	AB def	6,4 (0,8)	AB abc	6,2 (0,3)	AB bc	6,6 (0,1)	AB bc	5,5 (1,1)	B ab	3,1 (1,0)	C a

ABCDEF: Τα διαφορετικά κεφαλαία γράμματα ανά σειρά αντιστοιχούν σε μέσους όρους τιμών που διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας 95%.

abcdef: Τα διαφορετικά μικρά γράμματα ανά στήλη αντιστοιχούν σε μέσους όρους τιμών που διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας 95%.

**Πίνακας 3.10:** Συγκριτικός πίνακας των μικροβιακών μεταβολών σε αερόβιες συνθήκες και κάτω από τροποποιημένες ατμόσφαιρες στους 10°C. Δείγμα: Κομμάτια μόσχου. Με Μ συμβολίζονται τα δείγματα των τροποποιημένων ατμοσφαιρών, ενώ με Α τα δείγματα του αέρα.

TIME	OMX	<i>Pseudomonas</i>	Γαλακτικά βακτήρια	<i>B. therosphacta</i>	<i>Enterobacteriaceae</i>	Ζύμες-Μύκητες	Μικρόκοκκοι
0-M	4,2 (0,1) A a	4,1 (0,4) A a	3,5 (0,2) AB a	3,5 (0,2) AB a	1,9 (0,2) C a	2,3 (0,6) BC a	2,7 (0,5) BC a
4-M	7,2 (0,5) A b	6,6 (0,6) A b	6,4 (0,3) A b	7,3 (0,3) A bc	3,3 (1,4) B a	3,5 (1,1) B ab	3,0 (1,1) B a
6-M	7,5 (0,2) A bc	6,7 (0,2) A b	6,5 (0,5) A bc	7,6 (0,1) A bc	4,0 (0,5) B ab	3,6 (0,6) B ab	3,0 (0,5) B a
8-M	8,3 (0,2) A bc	8,1 (0,1) AB c	7,3 (0,2) B bc	8,1 (0,1) AB bc	5,9 (0,0) C bc	4,5 (0,5) D ab	3,4 (0,3) E a
10-M	8,1 (0,4) A bc	8,2 (0,3) A c	7,3 (0,5) A bc	7,5 (0,2) A bc	8,2 (0,9) A c	4,0 (1,4) B ab	3,2 (0,1) B a
12-M	9,0 (0,6) AB c	9,3 (0,2) A c	7,7 (0,3) B c	8,3 (0,2) AB c	7,9 (0,1) B c	4,4 (0,3) C ab	4,2 (0,5) C a
0-A	4,2 (0,1) A a	4,1 (0,4) A a	3,5 (0,2) AB a	3,5 (0,2) AB a	1,9 (0,2) C a	2,3 (0,6) BC a	2,7 (0,5) BC a
4-A	8,5 (0,3) A bc	8,6 (0,3) A c	7,5 (0,5) AB bc	7,8 (0,4) A bc	5,9 (0,5) BC bc	4,2 (1,0) CD ab	3,4 (0,6) D a
6-A	8,4 (0,8) A bc	8,4 (0,6) A c	7,4 (0,3) AB bc	7,1 (1,1) AB bc	7,0 (0,8) AB c	4,9 (0,7) C ab	3,1 (0,6) C a
8-A	8,8 (0,4) A c	8,9 (0,1) A c	7,5 (0,3) B bc	6,9 (0,1) B bc	7,3 (0,2) B c	5,4 (0,0) C c	2,8 (0,5) D a
10-A	8,8 (0,2) AB c	9,0 (0,0) A c	7,5 (0,3) BC bc	6,6 (0,6) CD b	7,7 (0,8) ABC c	5,8 (0,4) D c	2,8 (0,1) E a
12-A	8,6 (0,0) A c	8,9 (0,0) AB c	7,2 (0,0) CD bc	6,7 (0,1) DE bc	8,0 (0,5) BC c	6,1 (0,0) E c	2,7 (0,4) F a

ABCDEF: Τα διαφορετικά κεφαλαία γράμματα ανά σειρά αντιστοιχούν σε μέσους όρους τιμών που διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας 95%.

abc: Τα διαφορετικά μικρά γράμματα ανά στήλη αντιστοιχούν σε μέσους όρους τιμών που διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας 95%.

**Πίνακας 3.11:** Συγκριτικός πίνακας των μικροβιακών μεταβολών σε αερόβιες συνθήκες και κάτω από τροποποιημένες ατμόσφαιρες στους 10°C. Δείγμα: Κομμάτια χοιρινά. Με Μ συμβολίζονται τα δείγματα των τροποποιημένων ατμοσφαιρών, ενώ με Α τα δείγματα του αέρα.

TIME	OMX	<i>Pseudomonas</i>	Γαλακτικά βακτήρια	<i>B. thernosphacta</i>	<i>Enterobacteriaceae</i>	Ζύμες-Μύκητες	Μικρόκοκκοι
O-M	4,7 (0,9) A a	4,4 (0,7) AB a	- -	4,0 (0,3) ABC a	2,1 (0,6) C a	2,6 (0,1) BC a	3,2 (0,1) ABC b
4-M	7,7 (0,6) A b	7,6 (0,5) A bc	6,1 (0,0) AB b	7,5 (0,3) A cd	5,8 (0,6) AB a	4,7 (1,0) BC ab	3,7 (0,6) C b
10-M	9,3 (0,2) A b	9,7 (0,1) A d	- -	8,8 (0,2) AB d	7,9 (0,2) B a	6,5 (0,6) C b	4,5 (0,2) D b
12-M	8,9 (0,2) A b	9,9 (0,2) A d	7,9 (0,5) A c	8,8 (0,1) A d	8,0 (0,1) A a	5,6 (1,4) B ab	4,7 (0,2) B b
0-A	4,7 (0,9) A a	4,4 (0,7) AB a	- -	4,0 (0,3) ABC a	2,1 (0,6) C a	2,6 (0,1) BC a	3,2 (0,1) ABC b
4-A	6,6 (0,9) A ab	6,1 (0,2) AB ab	6,6 (0,8) A bc	6,0 (0,9) AB b	5,3 (1,0) ABC a	3,3 (0,7) BC ab	2,8 (0,8) C b
10-A	8,1 (1,3) A b	8,7 (1,0) A cd	- -	7,5 (0,4) A cd	4,1 (5,8) A a	4,6 (1,5) A ab	2,9 (1,2) A b
12-A	9,3 (0,0) A b	9,4 (0,3) A cd	7,6 (0,2) C bc	7,1 (0,2) C bc	8,8 (0,1) B a	5,4 (0,2) D ab	0,0 (0,0) E a

ABC: Τα διαφορετικά κεφαλαία γράμματα ανά σειρά αντιστοιχούν σε μέσους όρους τιμών που διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας 95%.

abcd: Τα διαφορετικά μικρά γράμματα ανά στήλη αντιστοιχούν σε μέσους όρους τιμών που διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας 95%.

**Πίνακας 3.12:** Συγκριτικός πίνακας των μικροβιακών μεταβολών σε αερόβιες συνθήκες και κάτω από τροποποιημένες ατμόσφαιρες στους 10°C. Δείγμα: Μπριζόλα χοιρινή. Με Μ συμβολίζονται τα δείγματα των τροποποιημένων ατμοσφαιρών, ενώ με Α τα δείγματα του αέρα.

TIME	OMX		<i>Pseudomonas</i>		Γαλακτικά βακτήρια		<i>B. thernosphacta</i>		<i>Enterobacteriaceae</i>		Ζύμες-Μύκητες		Μικρόκοκκοι	
0-M	4,3 (0,0)	AB a	4,7 (0,2)	A a	3,1 (0,5)	BCD a	3,8 (0,5)	ABC a	2,0 (0,5)	D a	2,7 (0,3)	CD a	2,7 (0,6)	CD b
4-M	7,4 (0,3)	A b	7,3 (0,2)	A b	6,4 (0,3)	A b	7,4 (0,3)	A bc	5,0 (0,3)	B b	3,8 (0,7)	C ab	2,5 (0,2)	D b
6-M	8,3 (0,2)	AB c	8,6 (0,0)	A c	7,2 (0,5)	B bc	8,2 (0,0)	AB c	5,9 (0,7)	C bc	4,6 (0,1)	D b	3,3 (0,2)	E b
8-M	8,2 (0,5)	A bc	8,3 (0,6)	A c	7,1 (0,5)	A bc	7,9 (0,2)	A c	6,7 (0,8)	A bc	4,3 (1,2)	B ab	3,2 (0,4)	B b
10-M	8,7 (0,2)	A c	8,7 (0,1)	A c	7,0 (0,2)	B bc	8,3 (0,2)	A c	7,0 (0,7)	B bc	4,5 (0,2)	C b	0,0 (0,0)	D a
12-M	8,4 (0,1)	A c	8,7 (0,2)	A c	8,0 (0,2)	AB bc	8,3 (0,1)	A c	6,8 (0,2)	B bc	4,4 (0,7)	C ab	3,2 (0,6)	C b
0-A	4,3 (0,0)	AB a	4,7 (0,2)	A a	3,1 (0,5)	BCD a	3,8 (0,5)	ABC a	2,0 (0,5)	D a	2,7 (0,3)	CD a	2,7 (0,6)	CD b
4-A	8,5 (0,5)	AB c	8,7 (0,5)	A c	7,5 (0,1)	BC bc	8,0 (0,0)	ABC c	7,2 (0,0)	C bc	4,7 (0,2)	D b	3,3 (0,3)	E b
6-A	8,6 (0,2)	A c	8,5 (0,0)	A c	7,3 (0,3)	B bc	7,8 (0,2)	B bc	7,3 (0,2)	B bc	4,9 (0,1)	C b	nd	D a
8-A	9,0 (0,3)	A c	8,8 (0,2)	AB c	7,7 (0,4)	BC bc	7,4 (0,3)	C bc	7,9 (0,6)	ABC c	5,5 (0,3)	D b	nd	E a
10-A	9,1 (0,1)	A c	8,9 (0,2)	A c	7,1 (0,0)	C bc	6,9 (0,2)	C b	8,3 (0,0)	B c	5,6 (0,3)	D b	nd	E a
12-A	9,0 (0,2)	A c	9,1 (0,1)	A c	8,3 (0,5)	A c	6,9 (0,1)	AB b	7,4 (1,7)	AB bc	5,5 (0,1)	B b	nd	C a

ABCD : Τα διαφορετικά κεφαλαία γράμματα ανά σειρά αντιστοιχούν σε μέσους όρους τιμών που διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας 95%.

abc: Τα διαφορετικά μικρά γράμματα ανά στήλη αντιστοιχούν σε μέσους όρους τιμών που διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας 95%.

**Πίνακας 3.13:** Συγκριτικός πίνακας των μικροβιακών μεταβολών σε αερόβιες συνθήκες και κάτω από τροποποιημένες ατμόσφαιρες στους 10°C. Δείγμα: Κιμάς χοιρινός. Με Μ συμβολίζονται τα δείγματα των τροποποιημένων ατμοσφαιρών, με V τα δείγματα του αέρα, ενώ με Α τα δείγματα του αέρα.

TIME	OMX		<i>Pseudomonas</i>		Γαλακτικά βακτήρια		<i>B. therosphacta</i>		<i>Enterobacteriaceae</i>		Ζύμες-Μύκητες		Μικρόκοκκοι	
O-M	5,3 (0,4)	A a	4,8 (0,4)	AB a	4,9 (0,0)	AB a	4,5 (0,1)	AB a	3,8 (0,7)	BC a	4,6 (0,1)	AB abc	3,2 (0,1)	C a
3-M	7,2 (0,1)	A b	6,7 (0,4)	A abcd	6,2 (1,3)	A ab	7,1 (0,4)	A cd	5,6 (0,4)	A abc	5,7 (0,7)	A abc	3,4 (0,1)	B a
6-M	8,1 (0,1)	A bc	7,4 (0,4)	AB bcde	7,8 (0,2)	A bc	7,8 (0,4)	A d	7,4 (0,2)	AB cd	6,4 (0,2)	B abc	3,3 (0,4)	C a
8-M	8,7 (0,2)	A bc	7,8 (0,4)	A bcde	8,0 (0,3)	A bc	8,0 (0,1)	A d	7,9 (1,2)	A cd	7,0 (0,3)	A cd	3,4 (0,6)	B a
10-M	8,6 (1,3)	A bc	8,5 (1,6)	A cde	8,1 (0,9)	A bc	8,0 (0,9)	A d	8,0 (1,5)	A d	6,9 (0,5)	A cd	3,2 (1,0)	B a
12-M	8,8 (0,9)	A bc	8,4 (1,4)	A cde	7,8 (0,6)	A bc	7,7 (0,3)	A d	7,9 (0,9)	A cd	7,2 (0,6)	A c	3,2 (0,9)	B a
O-V	5,0 (0,0)	A a	5,1 (0,0)	AB a	4,9 (0,0)	AB a	4,6 (0,0)	AB a	4,3 (0,0)	BC a	4,5 (0,0)	AB abc	3,2 (0,0)	C a
3-V	7,6 (0,0)	B bc	6,0 (0,0)	D abc	8,3 (0,0)	A bc	4,9 (0,0)	E a	6,9 (0,0)	C bcd	4,5 (0,0)	F abc	2,8 (0,0)	G a
6-V	7,7 (0,0)	A bc	5,9 (0,0)	C ab	6,8 (0,0)	B abc	5,1 (0,0)	D ab	4,7 (0,0)	E ab	4,3 (0,0)	F ab	3,1 (0,0)	G a
8-V	8,1 (0,0)	A bc	7,3 (0,0)	D bcde	7,9 (0,0)	B bc	5,2 (0,0)	E ab	7,5 (0,0)	C cd	4,5 (0,0)	F abc	3,5 (0,0)	G a
10-V	8,5 (0,0)	A bc	7,6 (0,0)	C bcde	8,0 (0,0)	B bc	8,0 (0,0)	B d	7,4 (0,0)	C cd	4,8 (0,0)	D abc	3,6 (0,0)	E a
12-V	8,3 (0,0)	A bc	7,1 (0,0)	C bcde	7,8 (0,0)	B bc	4,7 (0,0)	D a	7,3 (0,0)	C cd	4,1 (0,0)	E a	3,6 (0,0)	F a



Συνέχεια Πίνακα 3.13

0-A	5,3 (0,4)	A a	4,8 (0,4)	AB a	4,9 (0,0)	AB a	4,5 (0,1)	AB a	3,8 (0,7)	BC a	4,6 (0,1)	AB abc	3,2 (0,1)	C a
3-A	8,2 (0,3)	A bc	8,1 (0,4)	A bcde	6,6 (1,5)	A abc	7,5 (0,6)	A cd	6,8 (0,6)	A bcd	6,5 (0,7)	A abc	3,3 (0,2)	B a
6-A	8,4 (0,2)	A bc	8,3 (0,1)	A bcde	7,7 (0,2)	AB bc	6,8 (0,7)	BC cd	7,9 (0,1)	AB cd	6,1 (0,7)	C abc	2,7 (0,0)	D a
8-A	8,8 (0,4)	A bc	8,7 (0,5)	A de	8,0 (0,4)	AB bc	7,0 (0,3)	AB cd	8,0 (0,3)	AB cd	5,9 (1,3)	B abc	2,8 (0,3)	C a
10-A	9,5 (1,1)	A c	9,4 (0,9)	A e	8,5 (0,1)	A c	6,9 (0,1)	A cd	8,5 (0,3)	A d	6,7 (1,5)	A abc	2,6 (0,9)	B a
12-A	8,9 (0,2)	A bc	8,7 (0,4)	A de	7,4 (0,2)	AB bc	6,2 (0,2)	B bc	7,7 (0,6)	AB cd	6,6 (1,3)	AB abc	2,7 (0,8)	C a

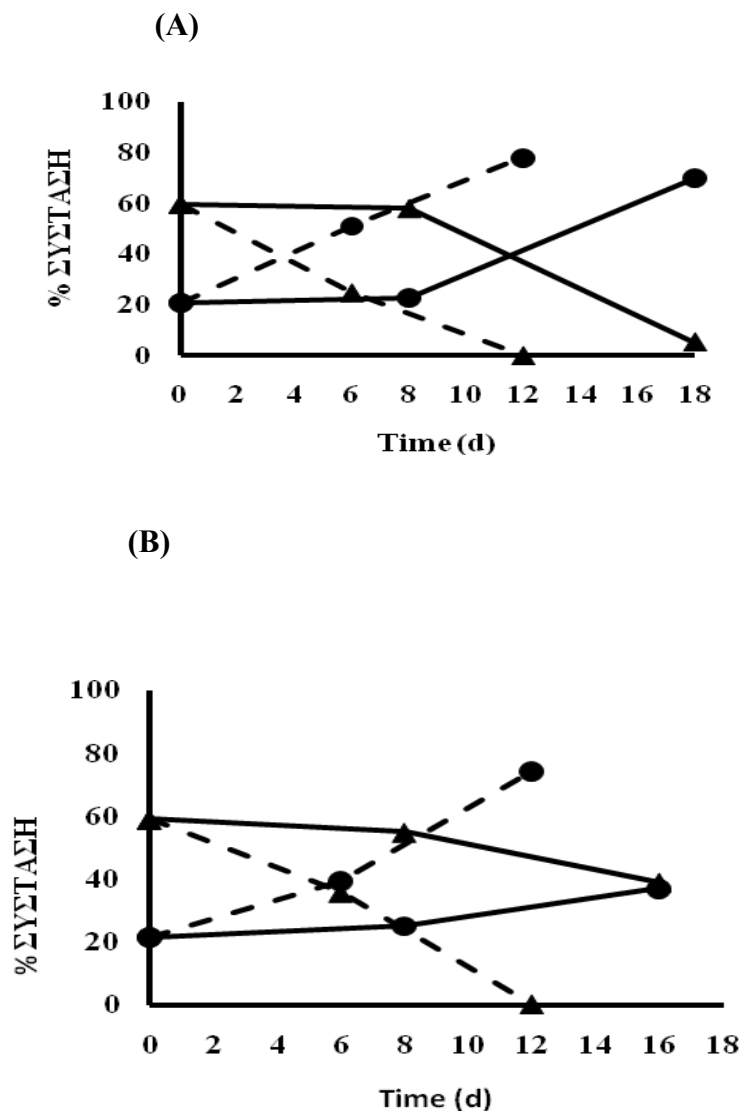
ABCDEFG: Τα διαφορετικά κεφαλαία γράμματα ανά σειρά αντιστοιχούν σε μέσους όρους τιμών που διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας 95%

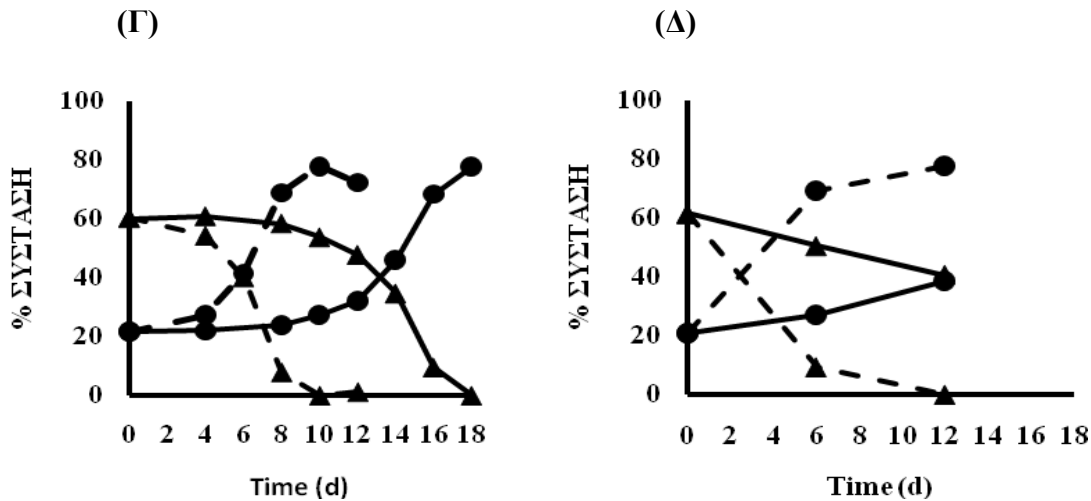
abcd: Τα διαφορετικά μικρά γράμματα ανά στήλη αντιστοιχούν σε μέσους όρους τιμών που διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας 95%.

3.3 Σύσταση αερίων περιέκτη

Η αρχική σύσταση του διοξειδίου του άνθρακα στον περιέκτη ήταν περίπου 20-21%, ενώ του οξυγόνου 59-61%. Κατά τη διάρκεια της δειγματοληψίας, παρατηρήθηκε μείωση της συγκέντρωσης του οξυγόνου και ταυτόχρονη αύξηση σε διοξείδιο του άνθρακα, φαινόμενα τα οποία ήταν ανάλογα της θερμοκρασίας. Έτσι, στους 4°C οι ρυθμοί μεταβολής των αερίων αυτών ήταν αρκετά χαμηλοί, ιδιαίτερα τις πρώτες ημέρες, ενώ, μετά την 8<sup>η</sup> ημέρα παρατηρήθηκε μια αύξηση της ταχύτητας μεταβολής. Αντίθετα, στους 10°C οι μεταβολές του O<sub>2</sub> και του CO<sub>2</sub> ήταν πιο έντονες καθ'όλη τη διάρκεια της συντήρησης (Διάγραμμα 3.9).

**Διάγραμμα 3.9:** Αλλαγές στη σύσταση των αερίων O<sub>2</sub> και CO<sub>2</sub> στους 4 και 10°C. Με τη διακεκομμένη γραμμή δίνονται οι μετρήσεις στη θερμοκρασία των 10°C. (Α) Κομμάτια μόσχου, (Β) Κομμάτια χοιρινά, (Γ) Μπριζόλα χοιρινή, (Δ) Κιμάς χοιρινός (▲) O<sub>2</sub>, (●) CO<sub>2</sub>.





### 3.4 Φυσικοχημικές αναλύσεις

Οι χημικές αλλαγές των δειγμάτων που αναλύθηκαν παρουσιάζονται στους πίνακες 3.14-3.18. Η συγκέντρωση της γλυκόζης μειώθηκε σταδιακά σε όλα τα δείγματα. Η μείωση αυτή ήταν ταχύτερη στην υψηλότερη θερμοκρασία (10°C), ενώ ανάμεσα στα δείγματα των 4°C, γρηγορότερη μείωση εμφάνισαν τα δείγματα που συντηρήθηκαν στον αέρα.

Όσον αφορά το γαλακτικό, οι μεταβολές του παρουσίασαν κάποιες διακυμάνσεις ανάμεσα στα δείγματα (Πίνακες 3.14-3.17). Σε γενικές γραμμές, στους 10°C το γαλακτικό παρουσίασε μείωση, αν και στα περισσότερα δείγματα η μείωση αυτή δεν ήταν τόσο έντονη. Αντιθέτως, στα συσκευασμένα δείγματα των 4°C, η συγκέντρωση του γαλακτικού παρέμεινε κατά κύριο λόγο σταθερή. Στα δείγματα του αέρα των 4°C, η αρχική μείωση του γαλακτικού τις πρώτες ημέρες της συντήρησής στα χοίρινα και βόεια κομμάτια κρέατος συνοδεύτηκε από μια τάση σταθεροποίησης. Στη μπριζόλα, το γαλακτικό έμεινε σταθερό, ενώ ελαφριά αύξηση παρατηρήθηκε στον κιμά.

Το pH σε γενικές γραμμές αυξήθηκε τις τελευταίες ημέρες της συντήρησης στα περισσότερα δείγματα.

Στο κενό, παρατηρήθηκε συσσώρευση γαλακτικού οξέος και στις δύο θερμοκρασίες συντήρησης. Η αύξηση του γαλακτικού οξέος συνοδεύτηκε από μείωση του pH. (Πίνακας 3.17)

Οξικό δεν ανιχνεύθηκε σε κανένα από τα εξεταζόμενα δείγματα. Αντι αυτού, εμφανίστηκε μία άγνωστη κορυφή (Κορυφή Α) με χρόνο κατακράτησης κοντά σε αυτόν του οξικού (RT: 4.670 ή 4.800, ανάλογα με το δείγμα) (Πίνακας 3.14-3.17). Αξίζει να σημειώσουμε στο σημείο αυτό ότι το προφίλ της κορυφής αυτής παρέμεινε σταθερό σε όλες τις περιπτώσεις, αν και οι χρόνοι κατακράτησης σημείωσαν μικρή διακύμανση, τόσο ανάμεσα στα διαφορετικά δείγματα (διαφορετικές συνθήκες

συντήρησης) του ίδιου είδους κρέατος, όσο και ανάμεσα στα στις διαφορετικές ημέρες δειγματοληψίας του ίδιου δείγματος. Επιπλέον, στα κομμάτια μόσχου που συντηρήθηκαν σε ΤΑ στους 10°C, μία δεύτερη κορυφή (Κορυφή Β) έκανε την εμφανισή της από την 6<sup>η</sup> ημέρα της συντήρησης. Η κορυφή αυτή ανιχνεύθηκε σε χαμηλά ποσοστά, τα οποία ήταν 6.7 και 63.0 την 6<sup>η</sup> και 12<sup>η</sup> ημέρα αντίστοιχα (οι αριθμοί είναι εκφρασμένοι σε Area). Η κορυφή Β παρουσίασε, όπως η Κορυφή Α, χρόνο κατακράτησης κοντά σε αυτόν του οξικού οξέος (RT: 4.460).

**Πίνακας 3.14:** Αλλαγές στο χημικό προφίλ (γαλακτικό, γλυκόζη, Κορυφή Α και pH) σε κομμάτια μόσχου.

		ΚΟΜΜΑΤΙΑ ΜΟΣΧΟΥ							
		Ημέρες συντήρησης							
		0	4	6	8	10	12	16	18
<i>Aέρας 4°C</i>	Γαλακτικό <sup>a</sup>	2306,4(1832,7)	- <sup>c</sup>	815,8 (6,5)	- <sup>c</sup>	- <sup>c</sup>	781,2 (52,2)	- <sup>d</sup>	- <sup>d</sup>
	Κορυφή Α <sup>b</sup>	218,6 (16,9)	- <sup>c</sup>	374,4 (177,3)	- <sup>c</sup>	- <sup>c</sup>	415,6 (67,9)	- <sup>d</sup>	- <sup>d</sup>
	Γλυκόζη <sup>a</sup>	89,9 (21,4)	- <sup>c</sup>	0,0	- <sup>c</sup>	- <sup>c</sup>	0,0	- <sup>d</sup>	- <sup>d</sup>
	pH	<b>5,82 (0,11)</b>	<b>5,79 (0,16)</b>	<b>5,58 (0,03)</b>	<b>5,59 (0,06)</b>	<b>6,03 (0,30)</b>	<b>5,95 (0,21)</b>	- <sup>d</sup>	- <sup>d</sup>
<i>MAP 4°C</i>	Γαλακτικό <sup>a</sup>	2306,4(1832,7)	- <sup>c</sup>	- <sup>d</sup>	925,3 (23,4)	- <sup>d</sup>	- <sup>c</sup>	- <sup>c</sup>	849,0 (38,9)
	Κορυφή Α <sup>b</sup>	218,6 (16,9)	- <sup>c</sup>	- <sup>d</sup>	69,4 (59,6)	- <sup>d</sup>	- <sup>c</sup>	- <sup>c</sup>	14,0 (19,8)
	Γλυκόζη <sup>a</sup>	89,9 (21,4)	- <sup>c</sup>	- <sup>d</sup>	52,2 (45,5)	- <sup>d</sup>	- <sup>c</sup>	- <sup>c</sup>	0,0
	pH	<b>5,82 (0,11)</b>	<b>5,76 (0,03)</b>	- <sup>d</sup>	<b>5,59 (0,05)</b>	- <sup>d</sup>	<b>5,74 (0,02)</b>	<b>5,65 (0,12)</b>	<b>5,58 (0,04)</b>
<i>Aέρας 10°C</i>	Γαλακτικό <sup>a</sup>	2306,4(1832,7)	- <sup>c</sup>	702,4 (270,4)	- <sup>c</sup>	- <sup>c</sup>	609,1 (215,9)	- <sup>d</sup>	- <sup>d</sup>
	Κορυφή Α <sup>b</sup>	218,6 (16,9)	- <sup>c</sup>	134,1 (43,2)	- <sup>c</sup>	- <sup>c</sup>	221,4 (129,1)	- <sup>d</sup>	- <sup>d</sup>
	Γλυκόζη <sup>a</sup>	89,9 (21,4)	- <sup>c</sup>	0,0	- <sup>c</sup>	- <sup>c</sup>	0,0	- <sup>d</sup>	- <sup>d</sup>
	pH	<b>5,82 (0,11)</b>	<b>5,75 (0,23)</b>	<b>5,73 (0,31)</b>	<b>5,70 (0,09)</b>	<b>5,92 (0,28)</b>	<b>6,09 (0,12)</b>	- <sup>d</sup>	- <sup>d</sup>
<i>MAP 10°C</i>	Γαλακτικό <sup>a</sup>	2306,4(1832,7)	- <sup>c</sup>	866,0 (150,1)	- <sup>c</sup>	- <sup>c</sup>	347,2 (351,9)	- <sup>d</sup>	- <sup>d</sup>
	Κορυφή Α <sup>b</sup>	218,6 (16,9)	- <sup>c</sup>	16,5 (3,3)	- <sup>c</sup>	- <sup>c</sup>	0,0 (0,0)	- <sup>d</sup>	- <sup>d</sup>
	Γλυκόζη <sup>a</sup>	89,9 (21,4)	- <sup>c</sup>	0,0	- <sup>c</sup>	- <sup>c</sup>	0,0	- <sup>d</sup>	- <sup>d</sup>
	pH	<b>5,82 (0,11)</b>	<b>5,70 (0,19)</b>	<b>5,48 (0,04)</b>	<b>5,68 (0,02)</b>	<b>6,24 (0,0)</b>	<b>6,50 (0,14)</b>	- <sup>d</sup>	- <sup>d</sup>

a: mg/100g

b: Area

-<sup>c</sup>: δεν παραγματοποιήθηκε η ανάλυση

-<sup>d</sup>: δεν πραγματοποιήθηκε η δειγματοληψία

**Πίνακας 3.15:** Αλλαγές στο χημικό προφίλ (γαλακτικό, γλυκόζη, Κορυφή Α και pH) σε κομμάτια χοιρινά.

		ΚΟΜΜΑΤΙΑ ΧΟΙΡΙΝΑ					
		Ημέρες συντήρησης					
		0	4	10	12	14	16
<i>ΑΕΡΑΣ 4°C</i>	Γαλακτικό <sup>a</sup>	717,0 (26,4)	- <sup>c</sup>	424,9	412,9	- <sup>d</sup>	- <sup>d</sup>
	Κορυφή Α <sup>b</sup>	433,2 (9,9)	- <sup>c</sup>	219,4	272,5	- <sup>d</sup>	- <sup>d</sup>
	Γλυκόζη <sup>a</sup>	16,8 (23,8)	- <sup>c</sup>	0,0	0,0	- <sup>d</sup>	- <sup>d</sup>
	pH	<b>6,03 (0,01)</b>	<b>5,96 (0,09)</b>	<b>6,48</b>	<b>6,40</b>	- <sup>d</sup>	- <sup>d</sup>
<i>MAP 4°C</i>	Γαλακτικό <sup>a</sup>	717,0 (26,4)	- <sup>c</sup>	641,7 (26,0)	- <sup>c</sup>	- <sup>c</sup>	656,1 (63,3)
	Κορυφή Α <sup>b</sup>	433,2 (9,9)	- <sup>c</sup>	121,8 (3,9)	- <sup>c</sup>	- <sup>c</sup>	35,4 (10,2)
	Γλυκόζη <sup>a</sup>	16,8 (23,8)	- <sup>c</sup>	0,0	- <sup>c</sup>	- <sup>c</sup>	0,0
	pH	<b>6,03 (0,01)</b>	<b>6,15 (0,18)</b>	<b>5,79 (0,11)</b>	<b>5,89 (0,05)</b>	<b>6,38 (0,18)</b>	<b>6,64 (0,16)</b>
<i>ΑΕΡΑΣ 10°C</i>	Γαλακτικό <sup>a</sup>	717,0 (26,4)	- <sup>c</sup>	475,1 (289,3)	600,6 (75,1)	- <sup>d</sup>	- <sup>d</sup>
	Κορυφή Α <sup>b</sup>	433,2 (9,9)	- <sup>c</sup>	404,6 (202,4)	591,1 (124,1)	- <sup>d</sup>	- <sup>d</sup>
	Γλυκόζη <sup>a</sup>	16,8 (23,8)	- <sup>c</sup>	0,0	0,0	- <sup>d</sup>	- <sup>d</sup>
	pH	<b>6,03 (0,01)</b>	<b>5,91 (0,04)</b>	<b>5,98 (0,13)</b>	<b>6,36 (0,05)</b>	- <sup>d</sup>	- <sup>d</sup>
<i>MAP 10°C</i>	Γαλακτικό <sup>a</sup>	717,0 (26,4)	- <sup>c</sup>	100,2 (26,4)	294,3 (183,4)	- <sup>d</sup>	- <sup>d</sup>
	Κορυφή Α <sup>b</sup>	433,2 (9,9)	- <sup>c</sup>	21,7 (30,7)	276,3 (112,0)	- <sup>d</sup>	- <sup>d</sup>
	Γλυκόζη <sup>a</sup>	16,8 (23,8)	- <sup>c</sup>	0,0	0,0	- <sup>d</sup>	- <sup>d</sup>
	pH	<b>6,03 (0,01)</b>	<b>6,00 (0,12)</b>	<b>6,33 (0,07)</b>	<b>6,30 (0,06)</b>	- <sup>d</sup>	- <sup>d</sup>

a: mg/100g

b: Area

-<sup>c</sup>: δεν παραγματοποιήθηκε η ανάλυση

-<sup>d</sup>: δεν πραγματοποιήθηκε η δειγματοληψία

**Πίνακας 3.16:** Αλλαγές στο χημικό προφίλ (γαλακτικό, γλυκόζη, Κορυφή Α και pH) σε μπριζόλα χοιρινή.

		ΜΠΡΙΖΟΛΑ ΧΟΙΡΙΝΗ								
		Ημέρες συντήρησης								
		0	4	6	8	10	12	14	16	18
<b>ΑΕΡΑΣ 4°C</b>	Γαλακτικό <sup>a</sup>	786,6 (24,7)	- <sup>c</sup>	794,1 (22,0)	- <sup>c</sup>	- <sup>c</sup>	679,6 (79,3)	- <sup>d</sup>	- <sup>d</sup>	- <sup>d</sup>
	Κορυφή Α <sup>b</sup>	426,7 (132,0)	- <sup>c</sup>	313,1 (10,7)	- <sup>c</sup>	- <sup>c</sup>	404,3 (219,6)	- <sup>d</sup>	- <sup>d</sup>	- <sup>d</sup>
	Γλυκόζη <sup>a</sup>	182,8 (13,4)	- <sup>c</sup>	92,0 (18,6)	- <sup>c</sup>	- <sup>c</sup>	0,0	- <sup>d</sup>	- <sup>d</sup>	- <sup>d</sup>
	pH	<b>5,91 (0,10)</b>	<b>5,73 (0,07)</b>	<b>5,66 (0,04)</b>	<b>5,93 (0,01)</b>	<b>5,87 (0,08)</b>	<b>6,21 (0,09)</b>	- <sup>d</sup>	- <sup>d</sup>	- <sup>d</sup>
<b>ΜΑΡ 4°C</b>	Γαλακτικό <sup>a</sup>	786,6 (24,7)	- <sup>c</sup>	- <sup>d</sup>	826,8(241,9)	- <sup>d</sup>	- <sup>c</sup>	- <sup>c</sup>	557,0 (94,3)	786,3
	Κορυφή Α <sup>b</sup>	426,7 (132,0)	- <sup>c</sup>	- <sup>d</sup>	65,6 (17,0)	- <sup>d</sup>	- <sup>c</sup>	- <sup>c</sup>	8,7 (12,4)	62,9 (1,6)
	Γλυκόζη <sup>a</sup>	182,8 (13,4)	- <sup>c</sup>	- <sup>d</sup>	70,8 (28,2)	- <sup>d</sup>	- <sup>c</sup>	- <sup>c</sup>	0,0	0,0
	pH	<b>5,91 (0,10)</b>	<b>5,72 (0,02)</b>		<b>5,88 (0,26)</b>	<b>5,88 (0,09)</b>	<b>5,76 (0,21)</b>	<b>5,92 (0,18)</b>	<b>5,97 (0,17)</b>	<b>5,48</b>
<b>ΑΕΡΑΣ 10°C</b>	Γαλακτικό <sup>a</sup>	786,6 (24,7)	- <sup>c</sup>	838,8(313,6)	- <sup>c</sup>	- <sup>c</sup>	497,0(175,0)	- <sup>d</sup>	- <sup>d</sup>	- <sup>d</sup>
	Κορυφή Α <sup>b</sup>	426,7 (132,0)	- <sup>c</sup>	148,6(113,5)	- <sup>c</sup>	- <sup>c</sup>	425,4 (70,5)	- <sup>d</sup>	- <sup>d</sup>	- <sup>d</sup>
	Γλυκόζη <sup>a</sup>	182,8 (13,4)	- <sup>c</sup>	49,0 (69,2)	- <sup>c</sup>	- <sup>c</sup>	0,0	- <sup>d</sup>	- <sup>d</sup>	- <sup>d</sup>
	pH	<b>5,91 (0,10)</b>	<b>5,71 (0,02)</b>	<b>5,55 (0,01)</b>	<b>6,21 (0,47)</b>	<b>6,07 (0,21)</b>	<b>6,33 (0,50)</b>	- <sup>d</sup>	- <sup>d</sup>	- <sup>d</sup>
<b>ΜΑΡ 10°C</b>	Γαλακτικό <sup>a</sup>	786,6 (24,7)	- <sup>c</sup>	739,5 (39,4)	- <sup>c</sup>	- <sup>c</sup>	618,4 (18,1)	- <sup>d</sup>	- <sup>d</sup>	- <sup>d</sup>
	Κορυφή Α <sup>b</sup>	426,7 (132,0)	- <sup>c</sup>	21,6 (2,1)	- <sup>c</sup>	- <sup>c</sup>	146,9 (96,2)	- <sup>d</sup>	- <sup>d</sup>	- <sup>d</sup>
	Γλυκόζη <sup>a</sup>	182,8 (13,4)	- <sup>c</sup>	0,0	- <sup>c</sup>	- <sup>c</sup>	0,0	- <sup>d</sup>	- <sup>d</sup>	- <sup>d</sup>
	pH	<b>5,91 (0,10)</b>	<b>5,77 (0,20)</b>	<b>5,66 (0,12)</b>	<b>5,96 (0,30)</b>	<b>6,10 (0,07)</b>	<b>5,88 (0,01)</b>	- <sup>d</sup>	- <sup>d</sup>	- <sup>d</sup>

a: mg/100g

b: Area

-<sup>c</sup>: δεν παραγματοποιήθηκε η ανάλυση

-<sup>d</sup>: δεν πραγματοποιήθηκε η δειγματοληψία

**Πίνακας 3.17:** Αλλαγές στο χημικό προφίλ (γαλακτικό, γλυκόζη, Κορυφή Α και pH) σε κιμά χοιρινό.

		ΚΙΜΑΣ ΧΟΙΡΙΝΟΣ					
		Ημέρες συντήρησης					
		0	3	6	8	10	12
<b>ΑΕΡΑΣ 4°C</b>	Γαλακτικό <sup>a</sup>	779,3 (81,8)	- <sup>c</sup>	790,3 (9,1)	- <sup>c</sup>	- <sup>c</sup>	944,0 (56,1)
	Κορυφή Α <sup>b</sup>	242,2 (6,6)	- <sup>c</sup>	180,2 (70,1)	- <sup>c</sup>	- <sup>c</sup>	91,0 (71,4)
	Γλυκόζη <sup>a</sup>	85,6 (19,6)	- <sup>c</sup>	70,8 (8,3)	- <sup>c</sup>	- <sup>c</sup>	0,0
	pH	<b>5,73 (0,01)</b>	<b>5,76 (0,04)</b>	<b>5,71 (0,06)</b>	<b>5,58 (0,01)</b>	<b>5,72 (0,02)</b>	<b>5,45 (0,22)</b>
<b>MAP 4°C</b>	Γαλακτικό <sup>a</sup>	779,3 (81,8)	- <sup>c</sup>	786,4 (9,0)	- <sup>c</sup>	- <sup>c</sup>	755,7 (23,5)
	Κορυφή Α <sup>b</sup>	242,2 (6,6)	- <sup>c</sup>	133,5 (35,8)	- <sup>c</sup>	- <sup>c</sup>	36,1 (14,8)
	Γλυκόζη <sup>a</sup>	85,6 (19,6)	- <sup>c</sup>	88,7 (1,8)	- <sup>c</sup>	- <sup>c</sup>	0,0
	pH	<b>5,73 (0,01)</b>	<b>5,71 (0,01)</b>	<b>5,75 (0,04)</b>	<b>5,62 (0,03)</b>	<b>5,52 (0,01)</b>	<b>5,48 (0,17)</b>
<b>ΚΕΝΟ 4°C</b>	Γαλακτικό <sup>a</sup>	721,4	- <sup>c</sup>	880,0	- <sup>c</sup>	- <sup>c</sup>	920,5
	Κορυφή Α <sup>b</sup>	246,9	- <sup>c</sup>	308,2	- <sup>c</sup>	- <sup>c</sup>	130,0
	Γλυκόζη <sup>a</sup>	71,8	- <sup>c</sup>	118,8	- <sup>c</sup>	- <sup>c</sup>	0,0
	pH	<b>5,72</b>	<b>5,76</b>	<b>5,72</b>	<b>5,58</b>	<b>5,48</b>	<b>5,23</b>



Συνέχεια Πίνακα 3. 17

<i>ΑΕΡΑΣ 10°C</i>	Γαλακτικό <sup>a</sup>	779,3 (81,8)	- <sup>c</sup>	914,8 (85,1)	- <sup>c</sup>	- <sup>c</sup>	868,9 (102,2)
	Κορυφή Α <sup>b</sup>	242,2 (6,6)	- <sup>c</sup>	113,0 (36,2)	- <sup>c</sup>	- <sup>c</sup>	275,5 (60,7)
	Γλυκόζη <sup>a</sup>	85,6 (19,6)	- <sup>c</sup>	0,0	- <sup>c</sup>	- <sup>c</sup>	0,0
	pH	<b>5,73 (0,01)</b>	<b>5,64 (0,08)</b>	<b>5,51 (0,07)</b>	<b>5,70 (0,05)</b>	<b>6,17 (0,38)</b>	<b>5,73 (0,35)</b>
<i>ΜΑΡ 10°C</i>	Γαλακτικό <sup>a</sup>	779,3 (81,8)	- <sup>c</sup>	861,5 (95,9)	- <sup>c</sup>	- <sup>c</sup>	597,7 (272,9)
	Κορυφή Α <sup>b</sup>	242,2 (6,6)	- <sup>c</sup>	88,8 (17,9)	- <sup>c</sup>	- <sup>c</sup>	146,6 (55,9)
	Γλυκόζη <sup>a</sup>	85,6 (19,6)	- <sup>c</sup>	0,0	- <sup>c</sup>	- <sup>c</sup>	0,0
	pH	<b>5,73 (0,01)</b>	<b>5,65 (0,01)</b>	<b>5,56 (0,12)</b>	<b>5,76 (0,21)</b>	<b>6,06 (0,63)</b>	<b>5,93 (0,33)</b>
<i>ΚΕΝΟ 10°C</i>	Γαλακτικό <sup>a</sup>	721,4	- <sup>c</sup>	948,6	- <sup>c</sup>	- <sup>c</sup>	1057,7
	Κορυφή Α <sup>b</sup>	246,9	- <sup>c</sup>	172,2	- <sup>c</sup>	- <sup>c</sup>	56,4
	Γλυκόζη <sup>a</sup>	71,8	- <sup>c</sup>	0,0	- <sup>c</sup>	- <sup>c</sup>	0,0
	pH	<b>5,72</b>	<b>5,70</b>	<b>5,44</b>	<b>5,40</b>	<b>5,38</b>	<b>5,16</b>

a: mg/100g

b: Area

<sup>-a</sup>: δεν παραγματοποιήθηκε η ανάλυση

### 3.5 Μέτρηση Χρώματος

Για τον προσδιορισμό της επίδρασης της συσκευασίας πάνω στο χρώμα του κρέατος, μετρήθηκαν οι παράμετροι  $L^*$ ,  $a^*$  και  $b^*$ . Τα αποτελέσματα των μετρήσεων παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες (Πίνακες 3.18-3.22). Παράλληλα, έγινε καταγραφή των μεταβολών του χρώματος (εμφάνιση καστανού χρώματος).

Σε γενικές γραμμές, οι μεταβολές των παραμέτρων του χρώματος ήταν πιο ομαλές στα δείγματα των τροποποιημένων ατμοσφαιρών που συντηρήθηκαν σε θερμοκρασία 4°C. Τα δείγματα αυτά παρουσίασαν αύξηση της παραμέτρου  $L^*$  και μείωση της παραμέτρου  $a^*$ . Εξαιρέση αποτέλεσαν τα χοιρινά κομμάτια των 4°C, στα οποία το  $a^*$  παρουσίασε αυξομειώσεις, χωρίς, όμως οι μεταβολές αυτές να είναι ιδιαίτερα μεγάλες (Πίνακας .19). Στον κιμά η αύξηση του  $L^*$  συνοδεύτηκε από μείωση τη 10<sup>η</sup> και 12<sup>η</sup> ημέρα συντήρησης (Πίνακας 3.20). Η τελική τιμή της παραμέτρου  $L^*$  ήταν υψηλότερη από την αρχική.

Στο κενό (Πίνακας 3.22), το  $L^*$  αυξήθηκε αρχικά και παρουσίασε μείωση τις δύο τελευταίες ημέρες (όπως, άλλωστε και στα δείγματα των ΤΑ) και στις 2 θερμοκρασίες συντήρησης. Στους 4°C, η παράμετρος  $a^*$  μειώθηκε ελαφρά την πρώτη ημέρα και στη συνέχεια σταθεροποιήθηκε, ενώ στους 10°C οι μεταβολές της παραμέτρους αυτής εμφάνισαν μεγαλύτερες διακυμάνσεις.

Στα υπόλοιπα δείγματα οι μεταβολές των παραμέτρων  $L^*$ ,  $a^*$  και  $b^*$  ήταν κατά κύριο λόγο ακανόνιστες, χωρίς να παρουσιάζουν κάποια συγκεκριμένη τάση. Εξαιρέση αποτέλεσαν τα δείγματα του κιμά και των βόειων κομματιών, όπου οι μεταβολές του  $L^*$  και του  $a^*$  ήταν παρόμοιες με αυτές των συσκευασμένων δειγμάτων των 4°.

Η παράμετρος  $b^*$  δεν εμφάνισε κάποια συγκεκριμένη τάση σε κανένα από τα εξεταζόμενα δείγματα.

Το χρώμα των δειγμάτων μεταβλήθηκε κατά τη διάρκεια της συντήρησης, αλλάζοντας από έντονο κόκκινο σε καφέ. Ο αποχρωματισμός αυτός στα δείγματα των ΤΑ των 4°C εμφανίστηκε από την 4-6<sup>η</sup> ημέρα στο εσωτερικό τμήμα των κρεάτων, ως μια λεπτή καφέ στρώση, αρχικά δυσδιάκριτη, η οποία έγινε σταδιακά εντονότερη και επεκτάθηκε στην εξωτερική επιφάνεια του κρέατος. Στα αντίστοιχα δείγματα των 10°C καθώς και στα δείγματα του αέρα, ο αποχρωματισμός ήταν πιο έντονος και εμφανίστηκε την 4<sup>η</sup> ημέρα τόσο στην εσωτερική όσο και την εξωτερική επιφάνεια του κρέατος. Η ένταση του αποχρωματισμού ήταν πιο έντονη στα δείγματα του αέρα της υψηλής θερμοκρασίας. Στο κενό, η αλλαγή του χρώματος εμφάνισε παρόμοια συμπεριφορά με τις τροποποιημένες ατμόσφαιρες. Έτσι, από την 6-8<sup>η</sup> ημέρα, εμφανίστηκε μια ιδιαίτερα λεπτή και δυσδιάκριτη στρώση καστανού χρώματος στο εσωτερικό των δειγμάτων. Ο αποχρωματισμός δεν ήταν έντονος και δεν εμφανίστηκε στην εξωτερική επιφάνεια των προϊόντων.

**Πίνακας 3.18:** Επίδραση της συσκευασίας στις παραμέτρους  $L^*$ ,  $a^*$  και  $b^*$  του χρώματος. Δείγμα: κομμάτια μόσχου

TIME	ΤΑ 4°C			TIME	ΑΕΡΑΣ 4°C		
	$L^*$	$a^*$	$b^*$		$L^*$	$a^*$	$b^*$
0	67,00 ± 0,70	+ 28,61 ± 1,05	- 11,58 ± 2,29	0	67,00 ± 0,70	+ 28,61 ± 1,05	- 11,58 ± 2,29
4	72,62 ± 0,46	+ 34,44 ± 4,04	- 0,38 ± 2,46	4	68,67 ± 3,03	+28,44 ± 0,73	- 5,67 ± 3,37
8	77,73 ± 4,78	+ 29,34 ± 1,38	- 6,08 ± 0,74	6	64,07 ± 1,25	+21,83 ± 3,78	- 5,39 ± 0,86
12	76,31 ± 8,43	+ 22,17 ± 4,12	- 15,63 ± 5,15	8	75,50 ± 2,21	+21,06 ± 8,35	- 16,21 ± 4,52
16	75,74 ± 0,24	+ 10,98 ± 2,14	- 10,91 ± 0,35	10	77,50 ± 9,82	+19,43 ± 10,28	- 14,53 ± 1,27
18	83,72 ± 0,31	+ 9,08 ± 0,78	- 6,43 ± 1,61	12	68,27 ± 2,56	+29,64 ± 13,31	- 16,38 ± 2,69
	ΤΑ 10°C				ΑΕΡΑΣ 10°C		
0	67,00 ± 0,70	+ 28,61 ± 1,05	- 11,58 ± 2,29	0	67,00 ± 0,70	+ 28,61 ± 1,05	- 11,58 ± 2,29
3	72,66 ± 9,95	+ 29,34 ± 6,47	- 5,92 ± 1,21	4	72,94 ± 1,80	+ 28,32 ± 5,08	- 12,91 ± 3,89
6	75,39 ± 1,34	+ 16,17 ± 2,64	- 9,40 ± 3,20	6	72,35 ± 7,48	+ 27,48 ± 3,65	- 17,50 ± 3,17
8	73,80 ± 0,66	+ 14,09 ± 3,22	- 6,79 ± 1,03	8	75,27 ± 2,97	+ 18,65 ± 16,60	- 0,69 ± 18,50
10	76,46 ± 0,82	+ 11,00 ± 2,21	- 9,95 ± 1,60	10	69,86 ± 0,69	+ 23,08 ± 2,83	- 17,89 ± 1,95
12	76,88 ± 9,87	+ 22,49 ± 4,33	- 16,55 ± 3,79	12	64,27 ± 7,49	+ 22,21 ± 8,72	- 17,56 ± 0,48

**Πίνακας 3.19:** Επίδραση της συσκευασίας στις παραμέτρους  $L^*$ ,  $a^*$  και  $b^*$  του χρώματος. Δείγμα: κομμάτια χοιρινά

TIME	ΤΑ 4°C			TIME	ΑΕΡΑΣ 4°C		
	$L^*$	$a^*$	$b^*$		$L^*$	$a^*$	$b^*$
0	77,70 ± 12,54	+ 17,10 ± 3,22	- 31,65 ± 2,00	0	77,70 ± 12,54	+ 17,10 ± 3,22	- 31,65 ± 2,00
4	68,20 ± 9,88	+ 19,36 ± 1,20	- 15,64 ± 0,08	4	68,25 ± 2,26	+ 15,72 ± 7,69	- 27,79 ± 0,02
10	74,42 ± 2,81	+ 24,81 ± 1,19	- 15,52 ± 8,74	10	72,84 ± 0,00	+ 28,79 ± 0,00	- 18,30 ± 0,00
12	93,18 ± 3,66	+ 21,31 ± 7,28	- 19,63 ± 4,19	12	76,97 ± 0,00	+ 20,44 ± 0,00	- 29,18 ± 0,00
14	86,11 ± 12,24	+ 19,02 ± 4,86	- 18,99 ± 9,77				
16	90,31 ± 14,75	+ 19,70 ± 11,78	- 16,07 ± 7,61				
	ΤΑ 10°C				ΑΕΡΑΣ 10°C		
0	77,70 ± 12,54	+ 17,10 ± 3,22	- 31,65 ± 2,00	0	77,70 ± 12,54	+ 17,10 ± 3,22	- 31,65 ± 2,00
4	69,82 ± 2,23	+ 22,23 ± 6,60	- 5,38 ± 10,50	4	68,26 ± 1,29	+ 18,21 ± 1,68	- 25,49 ± 0,78
10	85,17 ± 1,51	+ 14,80 ± 1,57	- 18,00 ± 0,36	10	73,07 ± 27,69	+ 13,24 ± 2,86	- 14,85 ± 4,25
12	75,84 ± 1,61	+ 22,13 ± 2,39	- 27,28 ± 2,69	12	67,56 ± 1,39	+ 22,84 ± 1,42	- 17,29 ± 0,29

**Πίνακας 3.20:** Επίδραση της συσκευασίας στις παραμέτρους  $L^*$ ,  $a^*$  και  $b^*$  του χρώματος. Δείγμα: μπριζόλα χοιρινή.

TIME	ΤΑ 4°C			TIME	ΑΕΡΑΣ 4°C		
	$L^*$	$a^*$	$b^*$		$L^*$	$a^*$	$b^*$
0	76,16 ± 6,19	+ 27,21 ± 0,37	- 16,50 ± 1,07	0	76,16 ± 6,19	+ 27,21 ± 0,37	- 16,50 ± 1,07
4	86,62 ± 2,40	+ 18,62 ± 1,97	- 19,85 ± 0,80	4	84,75 ± 7,61	+ 19,79 ± 4,50	- 27,23 ± 4,72
8	91,28 ± 2,49	+ 18,46 ± 6,02	- 15,23 ± 9,77	6	89,33 ± 1,91	+ 19,54 ± 0,59	- 4,29 ± 23,79
10	89,07 ± 7,23	+ 22,44 ± 3,51	- 16,13 ± 0,08	8	87,44 ± 12,12	+ 28,80 ± 2,49	- 16,93 ± 1,35
12	90,44 ± 6,78	+ 18,74 ± 10,43	- 20,03 ± 8,50	10	85,60 ± 4,92	+ 22,26 ± 3,24	- 21,83 ± 1,15
14	92,49 ± 3,20	+ 16,00 ± 2,36	- 18,92 ± 6,27	12	81,24 ± 2,65	+ 20,61 ± 14,60	- 20,57 ± 0,33
16	92,76 ± 2,30	+ 15,25 ± 2,05	- 24,43 ± 4,21				
18	86,84	+ 11,28	- 5,18				
	ΤΑ 10°C				ΑΕΡΑΣ 10°C		
0	76,16 ± 6,19	+ 27,21 ± 0,37	- 16,50 ± 1,07	0	76,16 ± 6,19	+ 27,21 ± 0,37	- 16,50 ± 1,07
4	93,30 ± 3,83	+ 18,42 ± 0,57	- 19,33 ± 0,01	4	68,80 ± 7,66	+ 22,41 ± 8,63	- 21,35 ± 3,30
6	77,93 ± 1,04	+ 14,94 ± 1,84	- 16,95 ± 4,28	6	86,96 ± 15,80	+ 22,10 ± 5,47	- 19,79 ± 0,28
8	89,16 ± 3,44	+ 9,32 ± 0,81	- 26,97 ± 0,76	8	79,21 ± 22,55	+ 15,44 ± 0,69	- 18,22 ± 1,04
10	88,22 ± 2,30	+ 15,80 ± 3,22	- 27,78 ± 3,39	10	90,77 ± 19,86	+ 18,55 ± 3,63	- 17,13 ± 4,39
12	87,40 ± 1,54	+ 13,92 ± 2,01	- 29,85 ± 2,84	12	83,04 ± 3,95	+ 13,24 ± 1,16	- 20,60 ± 4,50

**Πίνακας 3.21:** Επίδραση της συσκευασίας στις παραμέτρους  $L^*$ ,  $a^*$  και  $b^*$  του χρώματος. Δείγμα: κιμάς χοιρινός σε ΤΑ.

TIME	ΤΑ 4°C			ΑΕΡΑΣ 4°C		
	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$L^*$	$a^*$	$b^*$
0	64,14 ± 24,61	+ 22,07 ± 3,85	- 14,5 ± 31,82	64,14 ± 24,61	+ 22,07 ± 3,85	- 14,57 ± 31,82
3	76,62 ± 22,48	+ 22,37 ± 2,91	- 0,13 ± 22,53	74,54 ± 28,18	+ 16,13 ± 0,95	- 8,38 ± 22,95
6	81,55 ± 2,40	+ 27,52 ± 6,05	- 11,35 ± 10,73	91,30 ± 5,64	+ 13,95 ± 1,05	- 28,84 ± 2,70
8	94,16 ± 2,38	+ 16,98 ± 4,18	- 22,98 ± 9,23	82,37 ± 8,99	+ 18,64 ± 5,62	- 28,38 ± 4,79
10	67,43 ± 22,56	+ 13,26 ± 3,49	- 5,27 ± 21,04	57,01 ± 16,29	+ 13,75 ± 2,73	- 5,35 ± 21,45
12	73,06 ± 1,52	+ 11,97 ± 0,90	- 5,32 ± 25,36	64,37 ± 18,75	+ 18,10 ± 3,87	- 8,49 ± 12,02
	ΤΑ 10°C			ΑΕΡΑΣ 10°C		
	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$L^*$	$a^*$	$b^*$
0	64,14 ± 24,61	+ 22,07 ± 3,85	- 14,57 ± 31,82	64,14 ± 24,61	+ 22,07 ± 3,85	- 14,57 ± 31,82
3	63,18 ± 15,66	+ 12,75 ± 0,78	- 3,34 ± 22,95	66,14 ± 20,67	+ 16,36 ± 2,27	- 10,49 ± 23,67
6	86,36 ± 16,24	+ 10,69 ± 2,00	- 18,76 ± 0,80	78,97 ± 15,68	+ 25,98 ± 10,42	- 29,33 ± 7,13
8	91,14 ± 1,93	+ 5,54 ± 4,26	- 24,57 ± 7,40	79,26 ± 9,85	+ 18,74 ± 3,50	- 22,59 ± 5,37
10	69,11 ± 12,37	+ 22,21 ± 3,05	- 4,19 ± 20,47	65,20 ± 25,29	+ 8,44 ± 4,39	- 8,14 ± 18,96
12	70,02 ± 21,95	+ 6,37 ± 4,52	- 0,73 ± 19,06	64,02 ± 24,34	+ 20,98 ± 4,64	- 9,37 ± 31,64

**Πίνακας 3.22:** Επίδραση της συσκευασίας στις παραμέτρους  $L^*$ ,  $a^*$  και  $b^*$  του χρώματος. Δείγμα: κιμάς χοιρινός σε κενό.

TIME	KENO 4°C			KENO 10°C		
	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$L^*$	$a^*$	$b^*$
0	81,54	+ 24,79	- 37,07	81,54	+ 24,79	- 37,07
3	58,80	+ 17,61	+ 8,41	52,41	+ 16,19	+8,41
6	82,78	+ 17,16	- 25,73	91,18	+ 20,04	- 37,12
8	92,63	+ 19,32	- 24,72	93,18	+ 18,51	- 27,93
10	83,86	+ 17,98	- 14,25	83,42	+ 19,34	- 19,73
12	76,86	+ 17,76	- 23,20	75,65	+ 19,22	- 22,23

### 3.Β ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Σε γενικές γραμμές, η ολική μικροβιακή χλωρίδα των σφάγιων αναπτύχθηκε σε επιτρεπτά επίπεδα. Εξάιρεση αποτέλεσε ένα δείγμα, στο οποίο οι πληθυσμοί των μικροοργανισμών (6,5 και 6,0 λογαρίθμους για εξωτερική και εσωτερική επιφάνεια αντίστοιχα) ήταν αρκετά αυξημένοι. Τα εντεροβακτηρίδια στην εσωτερική επιφάνεια του σφάγιου έφτασαν σε μεγαλύτερα επίπεδα σε σχέση με αυτά της εξωτερικής, όπως, άλλωστε, ήταν αναμενόμενο.

Κατά την πρώτη δειγματοληψία, τα επίπεδα των εντεροβακτηρίων (δείκτες υγιεινής) από το χώρο συσκευασίας ήταν αυξημένα. Στις επόμενες, όμως, δειγματοληψίες, οι πληθυσμοί των μικροοργανισμών αυτών κυμάνθηκαν σε πιο επιτρεπτά επίπεδα. Σε γενικές γραμμές, η υγιεινή των εγκαταστάσεων του χώρου συσκευασίας κρίνεται σχετικά καλή, με περιθώρια, όμως, βελτίωσης. Η διαδικασία της εξυγίανσης είχε διαφορετική επίδραση ανάμεσα στον εξοπλισμό της επιχείρησης. Έτσι, στα μαχαίρια η εξυγίανση είχε ως αποτέλεσμα της μείωση της ολικής μικροβιακής χλωρίδας και των εντεροβακτηρίων (ο πληθυσμός των τελευταίων ήταν κάτω του ορίου ανίχνευσης), ενώ, αντίθετα, οι πάγκοι εργασίας εμφάνισαν μετά την εξυγίανση μεγαλύτερους πληθυσμούς, τόσο στην O.M.X. όσο και στα βακτήρια της οικογένειας *Enterobacteraceae*.

Όσον αφορά τις μικροβιολογικές αναλύσεις των προϊόντων, οι μικροοργανισμοί οι οποίοι βρίσκονταν σε μεγάλη αναλογία στη μικροχλωρίδα του κρέατος ήταν οι *Pseudomonas* spp., τα γαλακτικά βακτήρια και ο *Brochothrix thermosphacta*. Ο τύπος του κρέατος (χοιρινό, μοσχαρίσιο) δεν επηρέασε τη σύσταση της αρχικής μικροχλωρίδας, συμπέρασμα με το οποίο συμφωνούν οι Nychas and Arkoudelos (1990). Εξάιρεση αποτέλεσε ο κιμάς, ο οποίος εμφάνισε μεγαλύτερους αρχικούς πληθυσμούς εντεροβακτηρίων (δείκτες υγιεινής) και ζυμών σε σχέση με τα υπόλοιπα είδη κρέατος, γεγονός που αποδίδεται στον τρόπο επεξεργασίας του προϊόντος αυτού (διαδικασία άλεσης, Skandamis and Nychas, 2001a; Nychas et al., 1991). Ο τρόπος συσκευασίας (αέρας, τροποποιημένες ατμόσφαιρες ή κενό) προώθησε την ανάπτυξη συγκεκριμένων κάθε φορά βακτηρίων, ενώ ο παράγοντας αυτός μαζί με τη θερμοκρασία επηρέασαν τους ρυθμούς ανάπτυξης των μικροοργανισμών. Οι αερόβιες συνθήκες επιτάχυναν την αλλοίωση, ενώ ανάμεσα στα δείγματα της ίδιας συσκευασίας μεγαλύτερους ρυθμούς ανάπτυξης εμφάνισαν τα δείγματα που βρέθηκαν σε μεγαλύτερη θερμοκρασία.

Τα Gram<sup>-</sup> βακτήρια (*Pseudomonas* spp., *Enterobacteriaceae*) καθώς και οι ζύμες με τους μύκητες βρέθηκαν πιο ευαίσθητοι στο διοξείδιο του άνθρακα (Nychas and Arkoudelos, 1990), από ότι τα Gram<sup>+</sup> (γαλακτικά βακτήρια, *B. thermosphacta*), τα οποία κατάφεραν να φτάσουν ή ακόμα και να ξεπεράσουν τον πληθυσμό των *Pseudomonas*. Αυτό οφείλεται στην αντιβακτηριοστατική δράση του αερίου αυτού απέναντι στα Gram<sup>-</sup> βακτήρια, το οποίο δρα παρατείνοντας τη φάση προσαρμογής των μικροοργανισμών αυτών και μειώνοντας το ρυθμό ανάπτυξης τους κατά τη



διάρκεια της λογαριθμικής φάσης (Farber, 1991). Η επιλεκτικότητα της ΤΑ προς τα Gram<sup>+</sup> βακτήρια έναντι των Gram<sup>-</sup> είχε άμεσο αντίκτυπο στο χρόνο ζωής αλλά και στο είδος της αλλοίωσης που επικράτησε στα δείγματα αυτά. Έτσι, δεδομένου ότι η αλλοίωση του κρέατος γίνεται αντιληπτή μόλις οι μικροοργανισμοί φτάσουν τους 7 λογαρίθμους (Soldatou et al., 2009; Insausti et al., 2001), η συσκευασία, σε συνδυασμό βέβαια με το εμπόδιο της θερμοκρασίας, κατάφερε να παρατείνει το χρόνο ζωής των δειγμάτων κατά 6-8 ημέρες. Η παράταση αυτή οφείλεται κυρίως στην αναστολή των γρήγορα αναπτυσσόμενων ψευδομονάδων, οι οποίες είναι ευαίσθητες σε περιβάλλοντα εμπλουτισμένα σε CO<sub>2</sub>. Η αναστολή των ψευδομονάδων έχει αποδεχτεί ιδιαίτερα ευνοϊκή για τη βιομηχανία, αφού τα τελικά προϊόντα των γαλακτικών βακτηρίων και του *B. thermosphacta* είναι λιγότερα δύσοσμα σε σχέση με τους μεταβολίτες των *Pseudomonas* (Skandamis and Nychas, 2001a; Nychas et al., 1998). Το φαινόμενο αυτό ήταν εμφανές και στην παρούσα μελέτη. Πράγματι, τα δείγματα των ΤΑ εμφάνισαν προς την αρχή της αλλοίωσης (8<sup>η</sup>-12<sup>η</sup> ημέρα ανάλογα με το δείγμα) ήπια βουτυρώδη οσμή, η οποία ενταθκε προς το τέλος του χρόνου συντήρησης. Αντίθετα, τα δείγματα των αερόβιων συνθηκών εμφάνισαν από πολύ νωρίς μια έντονη δυσάρεστη οσμή σήψης.

Όπως στις τροποποιημένες ατμόσφαιρες, έτσι και το κενό παράτεινε το χρόνο ζωής του κιμά, αναστέλοντας τις ψευδομονάδες και ευνοώντας τα γαλακτικά βακτήρια και το *B. thermosphacta*. Η επιλογή συγκεκριμένων βακτηρίων από τη συσκευασία αυτή οφείλεται στις αναερόβιες συνθήκες του περιέκτη (Soldatou et al., 2009).

Με βάση τα παραπάνω, γίνεται κατανοητό ότι στην παρούσα μελέτη εμφανίστηκαν δύο είδη αλλοίωσης. Το πρώτο είδος αλλοίωσης, η σήψη, εμφανίστηκε στα δείγματα του αέρα, και οφείλεται στην επικράτηση των Gram<sup>-</sup> βακτηρίων, ενώ το δεύτερο είδος αλλοίωσης, η οξίνιση, παουρουσιάστηκε στα συσκευασμένα δείγματα, λόγω και αποδίδεται στα Gram<sup>+</sup> βακτήρια.

Όπως ειπώθηκε και παραπάνω, οι ψευδομονάδες κυριάρχησαν στον αέρα σε σχέση με τους υπόλοιπους μικροοργανισμούς, γεγονός το οποίο οφείλεται στον μεγαλύτερο ρυθμό ανάπτυξης των βακτηρίων αυτών καθώς και στις ευνοϊκότερες επικρατούσες συνθήκες ανάπτυξης. Η αναστολή των ψευδομονάδων στις τροποποιημένες ατμόσφαιρες σε σχέση με το μάρτυρα ήταν εμφανής σε όλα τα δείγματα (P<0.05), γεγονός που αποδεικνύει την επίδραση των ΤΑ στη μικροβιακή εξέλιξη. Η μικρότερη επίδραση των ΤΑ παρουσιάζεται στη μπριζόλα. Η συσκευασία κατάφερε να αναστείλει την ανάπτυξη των ψευδομονάδων για 10 ημέρες σε σχέση με τις αερόβιες συνθήκες. Από τη 12<sup>η</sup>, όμως, ημέρα και μετά, ο πληθυσμός των ψευδομονάδων στις ΤΑ εξισορροπήθηκε με αυτόν των αερόβιων συνθηκών, φαινόμενο που συμπίπτει χρονικά με την κατάρρευση της αέριας σύστασης (μείωση O<sub>2</sub>, αύξηση CO<sub>2</sub>). Η πρακτικά ασήμαντη διαφορά του πληθυσμού των γαλακτικών βακτηρίων ανάμεσα στο μάρτυρα και σε όλα τα δείγματα που συντηρήθηκαν σε τροποποιημένες ατμόσφαιρες πιθανώς να οφείλεται στη μικρή συγκέντρωση του περιέκτη σε CO<sub>2</sub> (αρχική σύσταση περίπου 20%). Παρόλα αυτά, λόγω της αναστολής των

ψευδομονάδων, οι τελικοί πληθυσμοί των δύο αυτών βακτηρίων βρέθηκαν να κυμαίνονται στα ίδια περίπου επίπεδα. Έτσι, τα γαλακτικά αποτέλεσαν ένα σημαντικό κομμάτι της συνολικής μικροχλωρίδας. Άλλωστε, σύμφωνα με τους Nychas (1994) η συντήρηση σε τροποποιημένες ατμόσφαιρες και σε κενό οφείλεται κυρίως στον περιορισμό της ανάπτυξης των μικροοργανισμών που έχουν τη δυνατότητα να προκαλέσουν τη γρηγορότερη αλλοίωση του κρέατος (ψευδομονάδες). Όσον αφορά τα δείγματα του κιμά, η ανάπτυξη της ολικής μικροβιακής χλωρίδας ήταν, περιέργως, ταχύτερη στο κενό από ότι στις τροποποιημένες ατμόσφαιρες. Στο ίδιο αποτέλεσμα κατέληξαν οι Soldatou et al. (2009), οι οποίοι σε μέλετη που έκαναν σε κρέας από αρνί, ανέφεραν ότι η μικροβιακή ανάπτυξη στο κενό ήταν μεγαλύτερη από ότι σε ΤΑ με περιεκτικότητα 30%/70% CO<sub>2</sub>/N και 70%/30% CO<sub>2</sub>/N. Το φαινόμενο αυτό θα μπορούσε να αποδοθεί στον υψηλότερο ρυθμό ανάπτυξης των γαλακτικών βακτηρίων (P<0.05) και των εντεροβακτηρίων (P<0.05), τα οποία ευνοήθηκαν ιδιαίτερα στις συνθήκες αυτές (Διάγραμμα 3.4). Σε αντίθεση με τα γαλακτικά βακτήρια, η ανάπτυξη των ζυμών και των μυκήτων ήταν μεγαλύτερη στη συσκευασία των τροποποιημένων ατμοσφαιρών σε σχέση με το κενό (P<0.05). Το γεγονός το οποίο δείχνει ότι οι αναερόβιες συνθήκες του κενού είχαν μεγαλύτερη ανασταλτική επίδραση στους μικροοργανισμούς αυτούς σε σχέση με το διοξείδιο του άνθρακα των ΤΑ. Τέλος, η αναστολή των ψευδομονάδων στο τέλος της διάρκειας συντήρησης ήταν ίδια για το κενό και τις ΤΑ (P<0.05).

Σε αντίθεση με τους 4°C, οι ΤΑ στους 10°C δεν κατάφεραν να διατηρήσουν την μικροχλωρίδα του κρέατος σε χαμηλά επίπεδα. Η συσκευασία αναμφισβήτητα κατάφερε να επιδραδύνει για 1-2 ημέρες την φάση προσαρμογής των μικροοργανισμών σε σχέση με τις αερόβιες συνθήκες. Το γεγονός, όμως, αυτό δε στάθηκε ικανό να περιορίσει την ανάπτυξη, αφού και στις δύο συνθήκες η O.M.X. έφτασε στον ίδιο πληθυσμό. Τόσο στις αερόβιες όσο και στις ΤΑ, οι ψευδομονάδες αποτέλεσαν τον κυρίαρχο μικροοργανισμό, με τα γαλακτικά και τον *B. thermosphacta* να ακολουθούν. Αυτό μπορεί να αποδοθεί εν μέρει στη μειωμένη δράση του διοξειδίου του άνθρακα σε μεγαλύτερες θερμοκρασίες, λόγω του μικρότερου βαθμού διάλυσης του αερίου αυτού στην υδατική φάση του κρέατος (Lambert et al., 1991). Η μείωση του *B. thermosphacta* στα δείγματα του αέρα οφείλεται σύμφωνα με τους Drosinos and Board (1995a) στην εξάντληση των αποθεμάτων γλυκόζης.

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης συμφωνούν με άλλες μελέτες οι οποίες έχουν πραγματοποιηθεί σε διάφορα είδη κρέατος, όπως σε κρέας που προέρχεται από βοειδή και χοίρους (Skandamis and Nychas, 2001a; Skandamis and Nychas, 2001b; Tsigarida et al., 2000; Nychas and Arkoudelos, 1990; Viana et al., 2005; Lambropoulou et al., 1996), αρνί (Soldatou et al., 2009; Kennedy et al., 2004, Kennedy et al., 2005) και κρέας από κοτόπουλο (Nychas and Tassou, 1997; Kakouri and Nychas, 1994; Chouliara et al., 2007). Στις μελέτες αυτές, ποικίλες συστάσεις τροποποιημένων ατμοσφαιρών καθώς και το κενό έχουν χρησιμοποιηθεί προκειμένου να ερευνηθεί η επίδραση τους πάνω στην εξέλιξη του μικροβιακού φορτίου. Σε όλες

τις μελέτες, αναφέρεται η αναστολή των ψευδομονάδων και η αύξηση των δυνητικά αναερόβιων μικροοργανισμών (*B. thermosphacta*, γαλακτικά βακτήρια). Σύμφωνα, μάλιστα, με τους Soldatou et al. (2009) και Sahoo and Anjaneyulu (1995), την καλύτερη επίδραση έχουν τροποποιημένες ατμόσφαιρες στις οποίες η σύσταση του περιέκτη σε CO<sub>2</sub> κυμαίνεται μεταξύ 40-70%.

Για να μπορεί να εξασφαλιστεί η αποτελεσματικότητα μιας συσκευασίας ΤΑ και ο έλεγχος της πάνω στην ανάπτυξη του μικροβιακού φορτίου, σημαντικό ρόλο κατέχει, μεταξύ των άλλων, η περατότητα του φιλμ συσκευασίας σε οξυγόνο. Ερευνες που έγιναν έδειξαν ότι σε φιλμ με υψηλή περατότητα σε O<sub>2</sub>, η επίδραση της συσκευασίας καταργείται, αφού η αλλοίωση στις περιπτώσεις αυτές αποδίδεται στα Gram<sup>-</sup> βακτήρια, (Tsigarida et al., 2000; McMullen and Stiles, 1991; Kotzekidou and Bloukas, 1996), φαινόμενο, δηλαδή, που παρατηρείται σε δείγματα τα οποία συντηρούνται σε αερόβιες συνθήκες. Αντίθετα, σε φιλμ σχετικά αδιαπέρατο σε οξυγόνο, η επιλογή του *B. thermosphacta* και των γαλακτικών βακτηρίων είναι εμφανή (Stanbridge and Davies, 1998). Μετρήσεις που έγιναν από τους Koutsoumanis et al. (2008), έδειξαν ότι η σύσταση περιεκτών με φιλμ υψηλής περατότητας σε οξυγόνο παρέμεινε σχετικά αμετάβλητη καθ' όλη τη διάρκεια της δειγματοληψίας, γεγονός που οι ερευνητές αυτοί το απέδωσαν στον υψηλό ρυθμό μεταφοράς των αερίων ανάμεσα στη συσκευασία και τον αέρα, έτσι ώστε να επέλθει η ισοσοπία ανάμεσα στο εσωτερικό και εξωτερικό περιβάλλον. Αντίθετα, στα φιλμ με χαμηλή περατότητα σε οξυγόνο, η σύσταση της συσκευασίας μεταβλήθηκε με το πέρασμα των ημερών, με αποτέλεσμα τη μείωση του O<sub>2</sub> από 18,7% (αρχική συγκέντρωση) σε 7% και την αύξηση του CO<sub>2</sub> από 3% σε 10,5% μετά από 15 ημέρες συντήρησης στους 0°C (Koutsoumanis et al., 2008). Σύμφωνα, πάλι με τους ίδους ερευνητές, οι μεταβολές των αερίων αυτών είναι στενά συνδεδεμένες με τη θερμοκρασία, καθώς σε μεγαλύτερες θερμοκρασίες η σύσταση μεταβάλλεται ταχύτερα. Πιο συγκεκριμένα, αναφέρουν ότι στους 5°C η μείωση του οξυγόνου έφτασε στο 1,5 % και η αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα άγγιξε το 16,5% μόλις την 7<sup>η</sup> ημέρα συντήρησης. Μεταβολές στην αέρια σύσταση της συσκευασίας όταν χρησιμοποιείται φιλμ χαμηλής περατότητας σε οξυγόνο αναφέρουν και άλλες μελέτες (Zamora and Zaritzky, 1985; Tsigarida and Nychas, 2006; Ercolini et al., 2006).

Στην παρούσα εργασία, οι μετρήσεις που έγιναν στη σύσταση των αερίων του περιέκτη έδειξαν την υψηλή ποιότητα του φιλμ συσκευασίας, το οποίο ήταν σχετικά αδιαπέραστο σε οξυγόνο. Πράγματι, παρατηρήθηκε μείωση του οξυγόνου και ταυτόχρονη αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα σε όλες τις συσκευασίες, ανεξαρτήτου θερμοκρασίας. Οι μεταβολές στη συγκέντρωση των αερίων αυτών αποδίδονται στην αναπνευστική δραστηριότητα των μικροοργανισμών (Koutsoumanis et al., 2008). Κατά τη διάρκεια της συντήρησης, οι αερόβιοι μικροοργανισμοί του κρέατος καταβολίζουν το οξυγόνο, με αποτέλεσμα τη μείωσή του. Η συσσώρευση του διοξειδίου του άνθρακα, από την άλλη, αποδίδεται στην παραγωγή του ως μεταβολικό προϊόν του *B. thermosphacta* και των γαλακτικών βακτηρίων (Nychas, 1994). Το φιλμ δρα ως εμπόδιο, απογορεύοντας στο οξυγόνο να διαφύγει στο

εξωτερικό περιβάλλον, ενώ ταυτόχρονα διατηρεί το παραγόμενο CO<sub>2</sub> στο εσωτερικό του περιέκτη (Koutsoumanis et al., 2008). Έτσι, στις μετρήσεις που έγιναν το οξυγόνο μειώθηκε από περίπου 60% μέχρι το μηδενισμό του, ενώ το διοξείδιο του άνθρακα αυξήθηκε από περίπου 20% μέχρι περίπου 60% (Διάγραμμα 3.9). Όπως παρατήρησαν και οι προηγούμενοι μελετητές, έτσι και εδώ οι μεταβολές αυτές ήταν ταχύτερες στους 10°C. Αντιθέτα, στους 4°C, ο ρυθμός μείωσης του οξυγόνου και αύξησης του διοξειδίου του άνθρακα ήταν, αρχικά, πολύ χαμηλός. Με την αύξηση των μικροοργανισμών και κυρίως των ψευδομονάδων στον τελικό τους πληθυσμό, αυξήθηκε και η ταχύτητα κατανάλωσης και παραγωγής του O<sub>2</sub> και του CO<sub>2</sub> αντίστοιχα.

Η περατότητα του φιλμ συσκευασίας, εκτός από τον έλεγχο του μικροβιακού φορτίου επιδρά και στην απώλεια νερού. Σύμφωνα με τους Kotzekidou and Bloukas (1996), η περατότητα του φιλμ σε οξυγόνο επηρεάζει την απώλεια σε υδατική φάση. Οι ίδιοι ερευνητές υποστηρίζουν ότι όσο μεγαλύτερη είναι η περατότητα σε οξυγόνο, τόσο μεγαλύτερη είναι η απώλεια νερού, γεγονός που το αποδίδουν στο χαμηλό pH. Το φαινόμενο αυτό επιβεβαιώνεται και στην παρούσα μελέτη, αφού σε κανένα από τα δείγματα που συντηρήθηκαν σε τροποποιημένες ατμόσφαιρες δεν παρατηρήθηκε εμφάνιση ορού.

Οι φυσικοχημικές αλλαγές που λαμβάνουν χώρα κατά την αλλοίωση του κρέατος είναι πολύπλοκες και στενά συνδεδεμένα με τις μεταβολές της μικροβιακής χλωρίδας, με άλλα λόγια η εξέλιξη των μικροοργανισμών στο κρέας επηρεάζει, αλλά ταυτόχρονα επηρεάζεται από αλλαγές που συμβαίνουν στη σύσταση (είδος και διαθεσιμότητα πηγών ενέργειας, είδος μεταβολιτών) και το pH του οικοσυστήματος. Οι μεταβολές στις μικροβιολογικές και φυσικοχημικές ιδιότητες του κρέατος είναι δυναμικές και εξελισσόμενες στο χωροχρόνο.

Είναι πια κοινώς αποδεκτό ότι οι φυσικοχημικές αλλαγές ανιχνεύονται στην υδατική φάση του κρέατος, μέσα στην οποία περιλαμβάνονται γλυκόζη, γαλακτικό οξύ, αμινοξέα, νουκλεοτίδια, ουρία και υδατοδιαλυτές πρωτεΐνες, συστατικά, δηλαδή, τα οποία καταβολίζονται από σχεδόν όλα τα βακτήρια της μικροχλωρίδας του κρέατος (Schmitt and Schmitt-Lorenz, 1992a; Nychas et al., 1998; Nychas et al., 2008). Τρία είναι τα είδη των υποστρωμάτων που χρησιμοποιούνται από τους μικροοργανισμούς ως πηγής ενέργειας. Το πρώτο από αυτά περιλαμβάνει συστατικά τα οποία παίρνουν μέρος στους μεταβολικό μονοπάτι της γλυκόλυσης (όπως για παράδειγμα γλυκογόνο, γλυκόζη, 6-φωσφορο-γλυκόζη, γαλακτικό, κ.τ.λ.), το δεύτερο προϊόντα του μεταβολισμού των μικροοργανισμών (όπως για παράδειγμα γλυκονικό, 6-φωσφορο-γλυκονικό, πυροσταφιλικό, κ.τ.λ.) και το τρίτο αζωτούχες πηγές ενέργειας (όπως για παράδειγμα αμινοξέα και πρωτεΐνες) (Nychas et al., 1998, 2008; Gill, 1986).

Η γλυκόζη και το γαλακτικό οξύ αποτελούν στοιχεία της φυσικής σύστασης του κρέατος και η συγκέντρωσή τους είναι άμεσα συνδεδεμένη με τη φυσιολογική κατάσταση του ζώου *ante mortem* και *post mortem*. Οι δύο αυτοί υδατάνθρακες

επηρεάζουν σημαντικά τα φαινόμενα τα οποία λαμβάνουν χώρα κατά την αλλοίωση του κρέατος. Η γλυκόζη, κατέχει ένα ρόλο κλειδί, αφού η συγκέντρωσή της καθορίζει τη σύνθεση της μικροχλωρίδας καθώς και τα μεταβολικά προϊόντα που παράγονται από αυτή. Επίσης, η υψηλή ποσότητα της γλυκόζης στο κρέας έχει συνδεθεί με την καλή μικροβιολογική ποιότητα του κρέατος (Nychas, 1991). Το γαλακτικό οξύ, από την άλλη, αποτελεί έναν από τους παράγοντες που επηρεάζουν το pH, το οποίο με τη σειρά του επηρεάζει τη μικροβιακή χλωρίδα του κρέατος (Lambropoulou et al., 1996). Τόσο η γλυκόζη, όσο και το γαλακτικό οξύ, μπορούν να καταναλωθούν από τους μικροοργανισμούς ως πηγές ενέργειας σε αερόβιες και αναερόβιες συνθήκες, δίνοντας το καθένα διαφορετικά τελικά προϊόντα.

Η γλυκόζη αποτελεί την πρωταρχική πηγή ενέργειας για όλους τους μικροοργανισμούς. Το σάκχαρο αυτό αποτελεί το πρόδρομο μόριο πολλών δύσοσμων μεταβολιτών. Με την εξάντλησή της, οι μικροοργανισμοί αναζητώντας εναλλακτικές πηγές ενέργειας, επιτίθενται στο γαλακτικό οξύ, το οποίο αποτελεί τη δεύτερη κατά σειρά υδατανθρακική πηγή ενέργειας. Το γαλακτικό οξύ είναι μέρος της ενδογενούς σύστασης του κρέατος, συνεχίζει, όμως, να παράγεται κατά τη διάρκεια της συντήρησής του. Η παραγωγή του γαλακτικού οξέος αποδίδεται κυρίως στα γαλακτικά βακτήρια, τα οποία έχουν τη δυνατότητα να το παράγουν αποκλειστικά στη D- ή τη L-μορφή του ή και στις δύο (ρακεμικό μίγμα DL). Ο διαχωρισμός του D- και L-γαλακτικού οξέος έχει μεγάλη σημασία στο μεταβολισμό των βακτηρίων. Πράγματι, οι Lambropoulou et al. (1996), Nychas (1984), Nychas and Arkoudelos, (1990), Nychas and Tassou (1997), Borch and Agerhem (1992), Drosinos (1994) και Drosinos and Board (1995a) αναφέρουν μείωση του L-γαλακτικού οξέος και αύξηση του D-γαλακτικού οξέος. Αντίστοιχα, οι Lambropoulou (1995) δεν παρατήρησαν ιδιαίτερες διακυμάνσεις στο γαλακτικό οξύ που εκλούστηκε από την στήλη της HPLC, ενώ αντίθετα βρήκαν σημαντικές διαφορές ανάμεσα στα δύο αυτά εναντιομερή όταν χρησιμοποιήθηκαν ενζυματικές μέθοδοι ανίχνευσης. Σε γενικές γραμμές, η παραγωγή του L-γαλακτικού οξέος παρατηρείται κυρίως στην αρχική φάση ανάπτυξης, ενώ του D-γαλακτικού οξέος στη στατική φάση (Garvie, 1980). Σε αντίθεση με το L-γαλακτικό οξύ, το οποίο αποτελεί προϊόν του μεταβολισμού της αναερόβιας γλυκόλυσης αρκετών μικροοργανισμών (σε μικρές, βέβαια, ποσότητες) πλην των γαλακτικών βακτηρίων, όπως για παράδειγμα του *B. thernosphacta*, η παραγωγή του D-γαλακτικού οξέος αποδίδεται αποκλειστικά στην μεταβολική δραστηριότητα των γαλακτικών βακτηρίων και πιο συγκεκριμένα των ετεροζυμωτικών γαλακτικών βακτηρίων (Ordenez et al., 1991; Drosinos and Board, 1995b).

Μια επόμενη εναλλακτική πηγή ενέργειας για τους μικροοργανισμούς μετά την εξάντληση της γλυκόζης είναι ο καταβολισμός των πρωτεϊνών (πρωτεόλυση). Η πρωτεόλυση, η οποία συνοδεύεται από εμφάνιση βακτηριακής γλίτσας, αποδίδεται κυρίως στις ψευδομονάδες. Τα οξυγαλακτικά βακτήρια, αν και παράγουν εξωκυττάρειες πρωτεϊνάσες, έχουν μικρή πρωτεολυτική δράση σε σύγκριση με τις *Pseudomonas* spp. (Law and Kolstad, 1983). Οι Newton and Rigg (1979) αναφέρουν

ότι κάτω από συνθήκες μειωμένης συγκέντρωσης οξυγόνου η πρωτεόλυση μπορεί να ξεκινήσει πριν την εξάντληση της γλυκόζης, άποψη την οποία ενισχύουν και άλλες μελέτες (Nychas and Tassou, 1997; Schmitt and Schmidt- Lorentz, 1992a, b).

Οι διαφορετικοί μηχανισμοί καταβολισμού που αναλύθηκαν παραπάνω (καταβολισμός γλυκόζης, γαλακτικού οξέος και πρωτεϊνών) καταλήγουν στην παραγωγή διαφορετικών μεταβολιτών. Ο καταβολισμός της γλυκόζης και του γαλακτικού οξέος έχουν συνδεθεί με την παραγωγή οργανικών οξέων (όπως είναι το οξικό, το φορμικό και το γλυκονικό), ενώ η πρωτεόλυση οδηγεί στην παραγωγή α-αμινοξέων, τα οποία στη συνέχεια αποτελούν το υπόστρωμα για την παραγωγή αμμωνίας, βιογενών αμινών και άλλων μεταβολιτών. Τα πρώτα (οργανικά οξέα) αποτελούν ενώσεις οι οποίες μειώνουν το pH του κρέατος, ενώ από τα προϊόντα της πρωτεόλυσης, κυρίως η αμμωνία, αλλά και τα υπόλοιπα προκαλούν την αύξηση του pH. Οι μεταβολές αυτές στις συγκεντρώσεις των μεταβολιτών και των πρόδρομων μορίων τους, αντανακλώνται στο pH, το οποίο μεταβάλλεται ανάλογα.

Η συμμετοχή των μικροοργανισμών στα φαινόμενα τα οποία λαμβάνουν χώρα κατά την αλλοίωση του κρέατος εξαρτάται όχι μόνο από το γένος που θα επιλέξουν οι εκάστοτε συνθήκες συντήρησης, αλλά και από το είδος το οποίο θα καταφέρει να επικρατήσει. Για παράδειγμα, έχει βρεθεί ότι τρία είναι τα πιο σημαντικά είδη ψευδομονάδων για κρέατα που συντηρούνται κάτω από αερόβιες συνθήκες, *Pseudomonas fragi*, *Ps. fluorescens* και *Ps. lundensis*. Κατά τη διάρκεια της αλλοίωσης παρατηρείται μείωση στη συγκέντρωση των δύο τελευταίων βακτηρίων (*Ps. fluorescens*, *Ps. lundensis*), με το *Pseudomonas fragi* να γίνεται το κυρίαρχο είδος (Drosinos and Board, 1995a; Molin and Ternström, 1986). Το γεγονός αυτό αποδίδεται από τους μελετητές στη μεγαλύτερη μεταβολική προσαρμοστικότητα του που παρουσιάζει το βακτήριο *Pseudomonas fragi* (Drosinos, 1994; Molin and Ternström, 1986). Ανάλογα, έχει βρεθεί ότι κάτω από συνθήκες stress (έλλειψη οξυγόνου ή εξάντληση γλυκόζης) παρατηρείται αλλαγή του μεταβολισμού των γαλακτικών βακτηρίων από ομοζυμωτικά σε ετροζυμωτικά, φαινόμενο στο οποίο αποδίδεται η αύξηση του οξικού οξέος το οποίο αποτελεί προϊόν του μεταβολισμού των ετεροζυμωτικών οξυγαλακτικών βακτηρίων. Το φαινόμενο υποστηρίζεται από μελέτες που έχουν γίνει σε κρέας και γαλακτοκομικά προϊόντα (Skandamis and Nychas, 2001a, b; Kakouri and Nychas, 1994; Sedewitz et al., 1984; Borch et al., 1991; Borch and Agerhem, 1992; Marshall, 1992). Οι αλλαγές αυτές έχουν άμεση επίδραση στις μεταβολές του οικοσυστήματος, λόγω των διαφορετικών μεταβολιτών που παράγει το κάθε είδος.

Από τα παραπάνω γίνεται κατανοητή η πολυπλοκότητα των παραγόντων που επηρεάζουν τις φυσικοχημικές μεταβολές του κρέατος. Ωστόσο, η μείωση της γλυκόζης και του L-γαλακτικού οξέος αποτελούν τάσεις που έχουν αναφερθεί σε πολλές μελέτες (Skandamis and Nychas, 2001a; Skandamis and Nychas, 2001b; Nychas and Tassou, 1997; Kakouri and Nychas, 1994; Nychas and Arkoudelos, 1990; Drosinos and Board, 1995a; Lambropoulou et al. 1996), και για το λόγο αυτό οι ουσίες αυτές έχουν προταθεί ως δείκτες αλλοίωσης σε κρέας και ψάρι (Gill, 1986;

Lambropoulou et al., 1996; Drosinos and Nychas, 1997). Παρόλα αυτά, υπάρχουν μελέτες οι οποίες αντικρούουν τα παραπάνω συμπεράσματα, καθώς αναφέρουν αύξηση του γαλακτικού οξέος σε κρέας συντηρούμενο σε τροποποιημένες ατμόσφαιρες (Nassos et al., 1983, 1988; Korkeala et al., 1990). Ένας επιπλέον δείκτης αλλοίωσης για κρέας που συντηρείται σε τροποποιημένες ατμόσφαιρες και κενό αποτελεί το οξικό οξύ. Το οξικό οξύ παράγεται κυρίως από τα ετεροζυμωτικά γαλακτικά βακτήρια, αν και αποτελεί προϊόν μεταβολισμού και του *B. thermosphacta*. Τα ετεροζυμωτικά γαλακτικά βακτήρια χρησιμοποιούν ένα μόριο γλυκόζης για την παραγωγή ενός μορίου γαλακτικού οξέος, ενός μορίου οξικού οξέος και ενός μορίου CO<sub>2</sub>, σε αντίθεση με τα ομοζυμωτικά τα οποία παράγουν δύο μόρια γαλακτικού οξέος από ένα μόριο γλυκόζης. Πολλές είναι οι μελέτες που έχουν δείξει ότι η συγκέντρωση του οξικού οξέος αυξάνεται με την αύξηση των ημερών συντήρησης (Skandanis and Nychas, 2001a; Skandamis and Nychas, 2001b; Kakouri and Nychas, 1994).

Στην παρούσα μελέτη, παρατηρήθηκε μείωση της γλυκόζης, η οποία ήταν ανάλογη της θερμοκρασίας, γεγονός που συμφωνεί με την υπάρχουσα βιβλιογραφία (Πίνακες 3.14-1.17, Nychas and Tassou, 1997). Η ταχύτερη κατανάλωση της γλυκόζης στους 10°C οφείλεται στους υψηλότερους ρυθμούς ανάπτυξης των μικροοργανισμών στη θερμοκρασία αυτή. Σε αντίθεση, με τις υπόλοιπες μελέτες, δεν ανιχνεύτηκε οξικό οξύ σε κανένα από τα δείγματα που εξετάστηκαν. Το γεγονός αυτό μπορεί να αποδοθεί στη μεγάλη αραιώση των δειγμάτων κατά το στάδιο της προετοιμασίας τους (1:10), με αποτέλεσμα η συγκέντρωσή του οξικού να βρίσκεται κάτω από το όριο ανίχνευσης της στήλης. Όσον αφορά το γαλακτικό οξύ, οι μεταβολές του θα μπορούσαν να αποδοθούν στην αλλαγή του μεταβολισμού του γαλακτικών βακτηρίων από ομοζυμωτικά σε ετεροζυμωτικά με αποτέλεσμα την παραγωγή του D-γαλακτικού οξέος, το οποίο δεν καταναλώνεται από την πλειονότητα των μικροοργανισμών, καθώς επίσης και στην έναρξη της πρωτεόλυσης.

Στον κενό, παρουσιάστηκε διαρκής συσσώρευση γαλακτικού οξέος. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην κυριαρχία των γαλακτικών βακτηρίων και στην αναστολή των υπόλοιπων μικροοργανισμών (και κυρίως των ψευδομονάδων) και συμφωνεί με τους Nassos et al., (1983, 1988), οι οποίοι αναφέρουν αντίστοιχη αύξηση του γαλακτικού οξέος σε δείγματα από κιμά. Η αύξηση του γαλακτικού οξέος ήταν αντιστρόφως ανάλογη με τη μεταβολή του pH, το οποίο μειώθηκε σταδιακά. Όπως και στα υπόλοιπα δείγματα, έτσι και εδώ, δεν έγινε ανίχνευση του οξικού οξέος.

Η διατήρηση του ελκυστικού προς τους καταναλωτές χρώματος είναι μεγάλης σημασίας, αφού το χρώμα είναι το πρώτο χαρακτηριστικό το οποίο χρησιμοποιείται από τους καταναλωτές προκειμένου να αξιολογήσουν την ποιότητα του κρέατος. Έτσι, το χρώμα διαδραματίζει ένα σπουδαίο ρόλο, αφού επηρεάζει την απόφαση αγοράς (Kennedy et al., 2004; Luno et al., 2000; Viana et al., 2005). Η έρευνα γύρω από τις μεταβολές του χρώματος έχει γνωρίσει ιδιαίτερη άνθιση τα τελευταία χρόνια. Σύμφωνα με τους Stringer et al. (1969), Labadie (1999) και Robach and Costilow (1961), υπεύθυνα για τον αποχρωματισμό του κρέατος θεωρούνται τα βακτήρια, τα

οποία καταναλώνοντας το οξυγόνο, μειώνουν τη μερική πίεση του αερίου αυτού στην επιφάνεια του κρέατος, με αποτέλεσμα να ευνοείται ο σχηματισμός της μεταμυογλοβίνης και να εμφανίζεται αποχρωματισμός. Η μέτρηση του χρώματος γίνεται με μέτρηση των παραμετρών  $L^*$ ,  $a^*$  και  $b^*$ . Η παράμετρος  $L^*$  μετράει τη φωτεινότητα του χρώματος, ενώ οι παράμετροι  $a^*$  και  $b^*$  την ένταση του κόκκινου και κίτρινου χρώματος αντίστοιχα. Πολλές είναι οι έρευνες γύρω από τις μεταβολές του χρώματος σε διάφορα είδη κρέατος, όπως αρνίσιο, βοειο και ορνίθιο. Οι Kennedy et al., (2004), Soldatou et al. (2009), Chan et al. (1995), Jayasingh et al. (2001), Insausti et al. (2001) και Zakrys et al. (2008), σε μελέτες τους πάνω σε κρέας από βοειδή και αρνί που συντηρείται σε τροποποιημένες ατμόσφαιρες διαφόρων συστάσεων, κενό και αέρα παρατήρησαν μείωση της παραμέτρου  $a^*$  σε όλες τις συνθήκες συντήρησης. Οι Chan et al. (1995) και Jayasingh et al. (2001) συνδέουν τις μεταβολές (μείωση) της παραμέτρου αυτής με τον αποχρωματισμό του κρέατος που παρατηρήθηκε από το πάνελ ειδικών κατά την οργανοληπτική εξέταση. Οι Insausti et al. (1999) προεκτείνουν την άποψη αυτή, υποστηρίζοντας ότι υπάρχει αρνητική σχέση μεταξύ της μυογλοβίνης και της παραμέτρου  $a^*$ . Βέβαια, υπάρχουν μελέτες οι οποίες δίνουν αντίθετα αποτελέσματα. Έτσι, οι Chouliara et al. (2007), σε μελέτη που έγινε σε στήθος από κοτόπουλο αναφέρουν ότι οι μεταβολές της παραμέτρου  $a^*$  δεν εμφάνισαν κάποια συγκεκριμένη τάση, ενώ οι Sørheim et al. (1997) παρατήρησαν αύξηση του κόκκινου χρώματος σε κρέας από χοιρινό συντηρούμενο σε 100% διοξείδιο του άνθρακα σε περιέκτη και με υψηλή περατότητα σε οξυγόνο. Οι ίδιοι ερευνητές αναφέρουν ότι τα δείγματα που συντηρήθηκαν σε 99% CO<sub>2</sub>/1% CO εμφάνισαν μείωση της παραμέτρου  $a^*$ . Όσον αφορά την παράμετρο  $L^*$ , και εκεί τα αποτελέσματα είναι αντιφατικά. Οι Vianna et al. (2005) αναφέρουν ότι σε μελέτη χοιρινού κρέατος το οποίο συντηρήθηκε σε κενό, 100% οξυγόνο, 100% μονοξείδιο του άνθρακα και 100% διοξείδιο του άνθρακα η φωτεινότητα των δειγμάτων αυξήθηκε, ενώ αντίθετα στα δείγματα που συντηρήθηκαν σε 99% CO<sub>2</sub>/1% CO οι τιμές του  $L^*$  παρέμειναν σε σταθερά επίπεδα. Οι Soldatou et al. (2009) υποστηρίζουν ότι οι μεταβολές του  $L^*$  ήταν ακονόνιστες, ενώ τέλος, οι Insausti et al. (2001) αναφέρουν σταδιακή αύξηση της παραμέτρου  $L^*$ . Σύμφωνα με τους MacDougall, (1982), οι μεταβολές στις τιμές του  $L^*$  αποδίδονται στις αλλαγές που λαμβάνουν χώρα στη δομή του κρέατος κατά την ωρίμανση, και ιδιαίτερα στη μετουσίωση των πρωτεϊνών. Κλείνοντας, λίγα είναι γνωστά για την παράμετρο  $b^*$ . Οι Wulf et al. (1997) συσχέτισαν το τελικό pH με την παράμετρο αυτή, κάτι με το οποίο διαφωνούν οι Insausti et al. (2001). Οι τελευταίοι, σε μελέτη που έκαναν σε κρέας από βοειδή αναφέρουν αύξηση του  $b^*$ , κάτι με το οποίο συμφωνεί η έρευνα των Ahn et al. (1998) σε χοιρινό κρέας συσκευασμένο σε κενό.

Στα συσκευασμένα δείγματα των 4°C, ο αποχρωματισμός εμφανίστηκε αρχικά στην εσωτερική επιφάνεια του κρέατος. Αυτό οφείλεται αφ' ενός στο χαμηλότερο ρυθμό διάλυσης του διοξειδίου του άνθρακα στην υδατική φάση του κρέατος στις χαμηλότερες θερμοκρασίες και αφ' ετέρου στο μικρότερο ρυθμό ανάπτυξης των βακτηρίων, με αποτέλεσμα η κατανάλωση του οξυγόνου στην επιφάνεια του κρέατος να γίνεται με χαμηλότερους ρυθμούς. Αντίθετα, οι ταχύτεροι ρυθμοί ανάπτυξης των



αερόβιων μικροοργανισμών στα συσκευασμένα δείγματα των 10°C καθώς και στα αερόβια δείγματα και των δύο θερμοκρασιών συντήρησης, οδήγησαν στην ταχύτερη κατανάλωση του οξυγόνου, με αποτέλεσμα γρήγορα να μειωθεί η σχετική πίεση του αερίου αυτού στην επιφάνεια του κρέατος, συνθήκες που ευνόησαν το σχηματισμό της καστανο-κόκκινης μεταμυογλοβίνης.

Σε γενικές γραμμές, οι μεταβολές των παραμέτρων του χρώματος ήταν πιο ομαλές για τα συσκευασμένα δείγματα των 4°C. Τα δείγματα αυτά εμφάνισαν μείωση των τιμών της παραμέτρου  $a^*$ , η οποία είναι σύμφωνη με τη βιβλιογραφία. Η έντονη πτώση των τιμών της παραμέτρου αυτής προς τις τελευταίες ημέρες συντήρησης συπτίπτει με τη βαθμιαία εμφάνιση εντονότερου καστανού χρώματος. Στο κενό των 4°C, οι σχετικά σταθερές τιμές του  $a^*$  συμφωνούν με τη μεγαλύτερη σταθερότητα του χρώματος που έδειξαν τα δείγματα αυτά. Οι τελικές τιμές του  $a^*$  ήταν μεγαλύτερες στα δείγματα του κενού των 4°C από ότι στα δείγματα των τροποποιημένων ατμοσφαιρών, γεγονός που δείχνει τη μεγαλύτερη ικανότητα της συσκευασίας να διατηρεί το χρώμα του κρέατος.

Στα υπόλοιπα δείγματα, και κυρίως στα δείγματα του αέρα οι μεταβολές όλων των παραμέτρων του χρώματος ήταν, ως επί των πλείστον, ακανόνιστες, χωρίς να έχουν κάποια συγκεκριμένη τάση, με αποτέλεσμα να μη μπορεί να γίνει κάποια σύνδεση των μεταβολών τους με τις αλλαγές που παρατηρήθηκαν στο χρώμα του κρέατος κατά της διάρκεια της συντήρησης του. Το φαινόμενο αυτό ήταν πιο έντονο στα δείγματα του αέρα, γεγονός στο οποίο μπορεί να συνέβαλε η δυσκολία χειρισμού των δειγμάτων αυτών. Στα δείγματα του κιμά και των βόειων κομματιών, οι μεταβολές του  $L^*$  και του  $a^*$  ήταν ομαλές.

Όσον αφορά τις υπόλοιπες παραμέτρους, το  $L^*$  εμφάνισε αύξηση στα δείγματα των τροποποιημένων ατμοσφαιρών των 4°C. Αν και τα δείγματα του αέρα δεν εμφάνισαν κάποια συγκεκριμένη τάση όσον αφορά τις μεταβολές της παραμέτρου αυτής, η τελική τους τιμή ήταν, σε γενικές γραμμές, μικρότερη των δειγμάτων των τροποποιημένων ατμοσφαιρών. Το ίδιο συμπέρασμα μπορεί να ειπωθεί και για τα δείγματα των 10°C. Το συμπέρασμα αυτό συμφωνεί με τους Lanari et al. (1995) και Cayuela et al. (2004), οι οποίοι το απέδωσαν στον περιορισμό της επιφανειακής ξήρανσης των προϊόντων που είναι συσκευασμένα σε υλικά με χαμηλή περατότητα σε υδρατμούς. Ανάμεσα στα δείγματα των τροποποιημένων ατμοσφαιρών, τα δείγματα των 4°C εμφάνισαν τις μεγαλύτερες τιμές του  $L^*$ . Το γεγονός αυτό δείχνει ότι ο συνδυασμός θερμοκρασίας και συσκευασίας είχε καλύτερη επίδραση στη φωτεινότητα του κρέατος.

Συμπερασματικά, η αποτελεσματικότητα των τροποποιημένων ατμοσφαιρών εξαρτάται από μια σειρά παραγόντων, όπως το αρχικό μικροβιολογικό φορτίο, το pH, τη θερμοκρασία συντήρησης, τη συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα και την περατότητα του φιλμ συσκευασίας σε οξυγόνο (Tsigarida et al., 2000; Tsigarida and Nychas, 2001). Δεδομένου ότι οι παραπάνω παράγοντες είναι εξασφαλισμένοι, οι τροποποιημένες ατμοσφαιρες παρατείνουν το χρόνο ζωής των προϊόντων

ελέγχοντας την εξέλιξη του μικροβιολογικού φορτίου και διατηρώντας την εμφάνιση και οσμή για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Οι ευεργετικές επιδράσεις της τεχνολογίας των τροποποιημένων ατμοσφαιρών επιβεβαιώνονται και από την παρούσα μελέτη. Πράγματι, αξιολογώντας τα μικροβιολογικά και οργανοληπτικά δεδομένα, η συσκευασία σε τροποποιημένες ατμόσφαιρες και κενό παρέτεινε στους 4°C τον χρόνο ζωής των δειγμάτων κατά 4-6 περίπου ημέρες. Έτσι, τα συσκευασμένα στις τροποποιημένες ατμόσφαιρες δείγματα των 4°C διατήρησαν μέχρι την 9<sup>η</sup>-10<sup>η</sup> ημέρα τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά τους, σε αντίθεση με τα υπόλοιπα δείγματα, όπου η εμφάνιση της αλλοίωσης έγινε ταχύτατα (από την 4<sup>η</sup> περίπου ημέρα συντήρησης). Η σύγκριση ανάμεσα στις τροποποιημένες ατμόσφαιρες και το κενό έδειξε ότι, αν και η μικροβιολογική επίδραση (αναστολή) και των δύο ειδών συσκευασίας πάνω στις ψευδομονάδες ήταν περίπου η ίδια, καλύτερη αποδείχτηκε η συντήρηση σε κενό, καθώς κατάφερε να διατηρήσει το χρώμα και την εμφάνιση του κρέατος για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα (3-4 ημέρες επιπλέον).

**Πίνακας 1:** Μικροβιολογικές αναλύσεις σε κομμάτια μοσχου (ΤΑ και αέρας στους 4°C).

	TIME	PCA	CFC	MRS	STAA	VRBGA	YGC	BP	pH
<b>ΤΑ 4°C</b>	0	4,2 ± 0,1	4,1 ± 0,4	3,5 ± 0,2	3,5 ± 0,2	1,9 ± 0,2	2,3 ± 0,6	2,7 ± 0,5	5,82 ± 0,11
	4	5,1 ± 0,0	4,9 ± 0,3	4,2 ± 0,2	5,0 ± 0,2	0,9 ± 1,2	2,5 ± 0,4	2,7 ± 0,2	5,76 ± 0,03
	8	6,1 ± 0,3	5,0 ± 0,8	5,7 ± 0,2	6,1 ± 0,3	2,7 ± 0,7	2,8 ± 0,1	2,1 ± 0,6	5,59 ± 0,05
	12	7,3 ± 0,4	6,4 ± 0,4	6,0 ± 0,7	7,2 ± 0,6	4,2 ± 1,6	2,9 ± 0,5	2,3 ± 0,0	5,74 ± 0,02
	16	7,4 ± 0,1	6,2 ± 0,1	6,7 ± 0,0	7,4 ± 0,1	1,9 ± 0,8	2,4 ± 0,2	2,3 ± 0,2	5,65 ± 0,12
	18	7,7 ± 0,2	6,8 ± 0,7	6,8 ± 0,4	7,7 ± 0,3	2,7 ± 0,1	1,9 ± 0,2	2,2 ± 0,2	5,58 ± 0,04
<b>ΑΕΡΑΣ 4°C</b>	0	4,2 ± 0,1	4,1 ± 0,4	3,5 ± 0,2	3,5 ± 0,2	1,9 ± 0,2	2,3 ± 0,6	2,7 ± 0,5	5,82 ± 0,11
	4	7,3 ± 0,4	7,6 ± 0,3	5,9 ± 0,1	7,1 ± 0,2	3,3 ± 0,3	2,9 ± 1,3	2,6 ± 0,0	5,79 ± 0,16
	6	7,8 ± 0,4	7,6 ± 0,6	6,3 ± 0,0	7,5 ± 0,1	3,6 ± 0,9	3,8 ± 0,3	2,9 ± 0,2	5,58 ± 0,03
	8	8,2 ± 0,3	8,2 ± 0,4	7,1 ± 0,3	7,5 ± 0,6	4,4 ± 1,1	4,2 ± 0,5	2,9 ± 0,1	5,59 ± 0,06
	10	7,9 ± 0,4	7,7 ± 1,1	6,3 ± 0,5	6,8 ± 1,0	4,6 ± 1,4	4,4 ± 0,3	2,5 ± 0,3	6,03 ± 0,30
	12	8,0 ± 0,3	8,2 ± 0,3	6,3 ± 0,2	6,8 ± 0,1	4,8 ± 0,6	4,4 ± 0,4	0,8 ± 1,2	5,95 ± 0,21

**Πίνακας 2:** Μικροβιολογικές αναλύσεις σε κομμάτια μοσχου (ΤΑ και αέρας στους 10°C).

	TIME	PCA	CFC	MRS	STAA	VRBGA	YGC	BP	pH
<b>ΤΑ 10°C</b>	0	4,2 ± 0,1	4,1 ± 0,4	3,5 ± 0,2	3,5 ± 0,2	1,9 ± 0,2	2,3 ± 0,6	2,7 ± 0,5	5,82 ± 0,11
	4	7,2 ± 0,5	6,6 ± 0,6	6,4 ± 0,3	7,3 ± 0,3	3,3 ± 1,4	3,5 ± 1,1	3,0 ± 1,1	5,70 ± 0,19
	6	7,5 ± 0,2	6,7 ± 0,2	6,5 ± 0,5	7,6 ± 0,1	4,0 ± 0,5	3,6 ± 0,6	3,0 ± 0,5	5,48 ± 0,04
	8	8,3 ± 0,2	8,1 ± 0,1	7,3 ± 0,2	8,1 ± 0,1	5,9 ± 0,0	4,5 ± 0,5	3,4 ± 0,3	5,68 ± 0,02
	10	8,1 ± 0,4	8,2 ± 0,3	7,3 ± 0,5	7,5 ± 0,2	8,2 ± 0,9	4,0 ± 1,4	3,2 ± 0,1	6,24 ± 0,00
	12	9,0 ± 0,6	9,3 ± 0,2	7,7 ± 0,3	8,3 ± 0,2	7,9 ± 0,1	4,4 ± 0,3	4,2 ± 0,5	6,50 ± 0,14
<b>ΑΕΡΑΣ 10°C</b>	0	4,2 ± 0,1	4,1 ± 0,4	3,5 ± 0,2	3,5 ± 0,2	1,9 ± 0,2	2,3 ± 0,6	2,7 ± 0,5	5,82 ± 0,11
	4	8,5 ± 0,3	8,6 ± 0,3	7,5 ± 0,5	7,8 ± 0,4	5,9 ± 0,5	4,2 ± 1,0	3,4 ± 0,6	5,75 ± 0,23
	6	8,4 ± 0,8	8,4 ± 0,6	7,4 ± 0,3	7,1 ± 1,1	7,0 ± 0,8	4,9 ± 0,7	3,1 ± 0,6	5,73 ± 0,31
	8	8,8 ± 0,4	8,9 ± 0,1	7,5 ± 0,3	6,9 ± 0,1	7,3 ± 0,2	5,4 ± 0,0	2,8 ± 0,5	5,70 ± 0,09
	10	8,8 ± 0,2	9,0 ± 0,0	7,5 ± 0,3	6,6 ± 0,6	7,7 ± 0,8	5,8 ± 0,4	2,8 ± 0,1	5,92 ± 0,28
	12	8,6 ± 0,0	8,9 ± -0,0	7,2 ± 0,0	6,7 ± 0,1	8,0 ± 0,5	6,1 ± 0,0	2,7 ± 0,4	6,09 ± 0,12

**Πίνακας 3:** Μικροβιολογικές αναλύσεις σε κομμάτια χοιρινά (ΤΑ και αέρας στους 4°C).

	<b>TIME</b>	<b>PCA</b>	<b>CFC</b>	<b>MRS</b>	<b>STAA</b>	<b>VRBGA</b>	<b>YGC</b>	<b>BP</b>	<b>pH</b>
<b>ΤΑ 4°C</b>	0	4,7 ± 0,9	4,4 ± 0,7	-	4,0 ± 0,3	2,1 ± 0,6	2,6 ± 0,1	3,2 ± 0,1	6,03 ± 0,01
	4	5,0 ± 1,2	5,5 ± 0,6	4,0 ± 1,1	4,8 ± 1,5	1,7 ± 1,1	3,5 ± 1,3	2,9 ± 0,9	6,15 ± 0,18
	10	7,6 ± 0,1	7,4 ± 0,0	-	7,7 ± 0,0	3,5 ± 0,3	3,8 ± 0,5	2,4 ± 0,1	5,79 ± 0,11
	12	7,9 ± 0,4	7,6 ± 0,9	6,8 ± 0,7	8,1 ± 0,5	4,0 ± 0,8	3,7 ± 0,1	2,5 ± 0,1	5,89 ± 0,05
	14	8,6 ± 0,3	8,3 ± 0,1	8,0 ± 0,1	8,4 ± 0,0	3,6 ± 0,2	4,6 ± 1,1	2,5 ± 0,1	6,38 ± 0,18
	16	9,2 ± 0,3	9,2 ± 0,4	8,2 ± 0,3	8,9 ± 0,1	5,1 ± 0,1	4,2 ± 0,1	2,7 ± 0,3	6,64 ± 0,16
<b>ΑΕΡΑΣ 4°C</b>	0	4,7 ± 0,9	4,4 ± 0,7	-	4,0 ± 0,3	2,1 ± 0,6	2,6 ± 0,1	3,2 ± 0,1	6,03 ± 0,01
	4	7,0 ± 0,8	7,6 ± 0,5	5,4 ± 1,5	6,4 ± 1,4	3,1 ± 1,0	4,6 ± 0,8	3,0 ± 0,4	5,96 ± 0,09
	10	9,4 ± 0,0	10,3 ± 0,0	-	8,3 ± 0,0	6,5 ± 0,0	5,9 ± 0,0	3,3 ± 0,0	6,48 ± 0,00
	12	10,3 ± 0,0	10,2 ± 0,0	7,9 ± 0,0	8,9 ± 0,0	6,0 ± 0,0	5,9 ± 0,00	2,9 ± 0,0	6,40 ± 0,00

**Πίνακας 4:** Μικροβιολογικές αναλύσεις σε κομμάτια χοιρινά (ΤΑ και αέρας στους 10°C).

	<b>TIME</b>	<b>PCA</b>	<b>CFC</b>	<b>MRS</b>	<b>STAA</b>	<b>VRBGA</b>	<b>YGC</b>	<b>BP</b>	<b>pH</b>
<b>ΤΑ 10°C</b>	0	4,7 ± 0,9	4,4 ± 0,7	-	4,0 ± 0,3	2,1 ± 0,6	2,6 ± 0,1	3,2 ± 0,1	6,03 ± 0,01
	4	7,7 ± 0,6	7,6 ± 0,5	6,1 ± 0,0	7,5 ± 0,3	5,8 ± 0,6	4,7 ± 1,0	3,7 ± 0,6	6,00 ± 0,12
	10	9,3 ± 0,2	9,7 ± 0,1	-	8,8 ± 0,2	7,9 ± 0,2	6,5 ± 0,6	4,5 ± 0,2	6,33 ± 0,07
	12	8,9 ± 0,2	9,9 ± 0,2	7,9 ± 0,5	8,8 ± 0,1	8,0 ± 0,1	5,6 ± 1,4	4,7 ± 0,2	6,30 ± 0,06
<b>ΑΕΡΑΣ 10°C</b>	0	4,7 ± 0,9	4,4 ± 0,7	-	4,0 ± 0,3	2,1 ± 0,6	2,6 ± 0,1	3,2 ± 0,1	6,03 ± 0,01
	4	6,6 ± 0,9	6,1 ± 0,2	6,6 ± 0,8	6,0 ± 0,9	5,3 ± 1,0	3,3 ± 0,7	2,8 ± 0,8	5,91 ± 0,04
	10	8,1 ± 1,3	8,7 ± 1,0	-	7,5 ± 0,4	4,1 ± 5,8	4,6 ± 1,5	2,9 ± 1,2	5,98 ± 0,13
	12	9,3 ± 0,0	9,4 ± 0,3	7,6 ± 0,2	7,1 ± 0,2	8,8 ± 0,1	5,4 ± 0,2	<2.0	6,36 ± 0,05

**Πίνακας 5:** Μικροβιολογικές αναλύσεις σε μπριζόλα χοιρινή (ΤΑ και αέρας στους 4°C).

	<b>TIME</b>	<b>PCA</b>	<b>CFC</b>	<b>MRS</b>	<b>STAA</b>	<b>VRBGA</b>	<b>YGC</b>	<b>BP</b>	<b>pH</b>
<b>ΤΑ 4°C</b>	0	4,3 ± 0,0	4,7 ± 0,2	3,1 ± 0,5	3,8 ± 0,5	2,0 ± 0,5	2,7 ± 0,3	2,7 ± 0,6	5,91 ± 0,10
	4	5,2 ± 0,1	5,5 ± 0,1	3,5 ± 0,2	4,5 ± 0,5	1,8 ± 0,3	2,5 ± 0,2	2,3 ± 0,4	5,72 ± 0,02
	8	6,8 ± 0,3	6,9 ± 0,1	5,2 ± 0,0	7,5 ± 0,8	3,5 ± 0,7	3,3 ± 0,6	3,0 ± 0,0	5,88 ± 0,26
	10	6,9 ± 1,0	7,3 ± 0,4	5,0 ± 1,4	7,1 ± 0,9	3,2 ± 0,5	3,0 ± 0,5	2,8 ± 0,9	5,88 ± 0,09
	12	8,1 ± 0,5	8,2 ± 0,5	7,5 ± 0,3	7,7 ± 0,1	3,8 ± 0,8	4,5 ± 0,5	2,9 ± 0,6	5,76 ± 0,21
	14	8,2 ± 0,4	8,5 ± 0,4	7,8 ± 0,4	8,1 ± 0,5	3,7 ± 0,4	4,0 ± 0,2	2,6 ± 1,2	5,92 ± 0,18
	16	8,2 ± 0,4	8,4 ± 0,4	7,8 ± 0,4	8,1 ± 0,4	4,7 ± 0,1	3,9 ± 0,1	1,2 ± 1,7	5,97 ± 0,17
	18	8,2	8,1	7,9	8,4	4,9	4,2	3,1	5,48
<b>ΑΕΡΑΣ 4°C</b>	0	4,3 ± ,0	4,7 ± 0,2	3,1 ± 0,5	3,8 ± 0,5	2,0 ± 0,5	2,7 ± 0,3	2,7 ± 0,6	5,91 ± 0,10
	4	6,9 ± 0,4	7,2 ± 0,4	5,4 ± 0,5	6,6 ± 0,3	3,4 ± 1,1	3,3 ± 0,3	2,9 ± 0,4	5,73 ± 0,07
	6	7,9 ± 0,4	7,9 ± 0,4	6,8 ± 0,5	7,6 ± 0,6	4,5 ± 0,1	4,4 ± 0,2	1,6 ± 2,2	5,66 ± 0,04
	8	8,4 ± 0,0	8,3 ± 0,1	6,8 ± 0,1	7,8 ± 0,2	4,9 ± 0,2	4,8 ± 0,2	2,8 ± 0,1	5,93 ± 0,01
	10	8,1 ± 0,6	8,1 ± 0,7	6,0 ± 0,3	6,9 ± 0,3	4,9 ± 0,6	4,6 ± 0,1	1,4 ± 2,0	5,87 ± 0,08
	12	8,6 ± 0,2	8,6 ± 0,1	7,5 ± 0,1	7,4 ± 0,0	5,5 ± 1,3	5,6 ± 0,2	3,0 ± 0,2	6,21 ± 0,09

Πίνακας 6: Μικροβιολογικές αναλύσεις σε μπριζόλα χοιρινή (ΤΑ και αέρας στους 10°C).

	TIME	PCA	CFC	MRS	STAA	VRBGA	YGC	BP	pH
<b>ΤΑ 10°C</b>	0	4,3 ± 0,0	4,7 ± 0,2	3,1 ± 0,5	3,8 ± 0,5	2,0 ± 0,5	2,7 ± 0,3	2,7 ± 0,6	5,91 ± 0,10
	4	7,4 ± 0,3	7,3 ± 0,2	6,4 ± 0,3	7,4 ± 0,3	5,0 ± 0,3	3,8 ± 0,7	2,5 ± 0,2	5,77 ± 0,20
	6	8,3 ± 0,2	8,6 ± 0,0	7,2 ± 0,5	8,2 ± 0,0	5,9 ± 0,7	4,6 ± 0,1	3,3 ± 0,2	5,66 ± 0,12
	8	8,2 ± 0,5	8,3 ± 0,6	7,1 ± 0,5	7,9 ± 0,2	6,7 ± 0,8	4,3 ± 1,2	3,2 ± 0,4	5,96 ± 0,30
	10	8,7 ± 0,2	8,7 ± 0,1	7,0 ± 0,2	8,3 ± 0,2	7,0 ± 0,7	4,5 ± 0,2	0,0 ± 0,0	6,10 ± 0,07
	12	8,4 ± 0,1	8,7 ± 0,2	8,0 ± 0,2	8,3 ± 0,1	6,8 ± 0,2	4,4 ± 0,7	3,2 ± 0,6	5,88 ± 0,01
<b>ΑΕΡΑΣ 10°C</b>	0	4,3 ± 0,0	4,7 ± 0,2	3,1 ± 0,5	3,8 ± 0,5	2,0 ± 0,5	2,7 ± 0,3	2,7 ± 0,6	5,91 ± 0,10
	4	8,5 ± 0,5	8,7 ± 0,5	7,5 ± 0,1	8,0 ± 0,0	7,2 ± 0,0	4,7 ± 0,2	3,3 ± 0,3	5,71 ± 0,02
	6	8,6 ± 0,2	8,5 ± 0,0	7,3 ± 0,3	7,8 ± 0,2	7,3 ± 0,2	4,9 ± 0,1	<2.0	5,55 ± 0,01
	8	9,0 ± 0,3	8,8 ± 0,2	7,7 ± 0,4	7,4 ± 0,3	7,9 ± 0,6	5,5 ± 0,3	<2.0	6,21 ± 0,47
	10	9,1 ± 0,1	8,9 ± 0,2	7,1 ± 0,0	6,9 ± 0,2	8,3 ± 0,0	5,6 ± 0,3	<2.0	6,07 ± 0,21
	12	9,0 ± 0,2	9,1 ± 0,1	8,3 ± 0,5	6,9 ± 0,1	7,4 ± 1,7	5,5 ± 0,1	<2.0	6,33 ± 0,50



**Πίνακας 7:** Μικροβιολογικές αναλύσεις σε κιμά χοιρινό (ΤΑ και αέρας στους 4°C).

	<b>TIME</b>	<b>PCA</b>	<b>CFC</b>	<b>MRS</b>	<b>STAA</b>	<b>VRBGA</b>	<b>YGC</b>	<b>BP</b>	<b>pH</b>
<b>ΤΑ 4°C</b>	0	5,3 ± 0,4	4,8 ± 0,4	4,9 ± 0,0	4,5 ± 0,1	3,8 ± 0,7	4,6 ± 0,1	3,2 ± 0,1	5,73 ± 0,01
	3	5,9 ± 0,4	5,0 ± 0,3	4,5 ± 1,5	4,7 ± 0,3	4,3 ± 0,4	4,7 ± 0,2	3,2 ± 0,1	5,71 ± 0,01
	6	7,0 ± 0,6	5,8 ± 0,4	6,2 ± 0,2	6,1 ± 0,4	5,2 ± 2,1	5,0 ± 0,3	3,1 ± 0,3	5,75 ± 0,04
	8	7,1 ± 0,2	6,6 ± 0,5	6,6 ± 0,1	6,6 ± 0,2	4,4 ± 0,9	4,7 ± 0,5	3,2 ± 0,6	5,62 ± 0,03
	10	7,6 ± 0,7	7,3 ± 1,2	6,3 ± 0,4	6,8 ± 0,1	3,8 ± 0,3	4,7 ± 1,1	2,8 ± 0,1	5,52 ± 0,01
	12	7,8 ± 0,8	6,5 ± 0,3	6,2 ± 1,1	6,8 ± 0,1	4,5 ± 0,2	5,7 ± 0,2	3,0 ± 1,3	5,48 ± 0,17
<b>ΑΕΡΑΣ 4°C</b>	0	5,3 ± 0,4	4,8 ± 0,4	4,9 ± 0,0	4,5 ± 0,1	3,8 ± 0,7	4,6 ± 0,1	3,2 ± 0,1	5,73 ± 0,01
	3	5,3 ± 0,3	5,2 ± 0,3	4,7 ± 0,6	4,7 ± 0,3	4,3 ± 1,0	4,5 ± 0,1	3,3 ± 0,1	5,76 ± 0,04
	6	7,4 ± 0,1	7,8 ± 0,0	7,2 ± 0,3	7,0 ± 0,8	5,9 ± 0,3	5,3 ± 0,2	2,9 ± 0,2	5,71 ± 0,06
	8	8,1 ± 0,2	7,8 ± 0,3	7,6 ± 0,4	6,7 ± 0,7	6,4 ± 0,5	5,4 ± 0,9	3,2 ± 0,6	5,58 ± 0,01
	10	8,9 ± 0,2	8,3 ± 0,6	7,7 ± 0,4	7,3 ± 0,3	6,7 ± 0,5	6,9 ± 1,4	2,7 ± 0,5	5,72 ± 0,02
	12	8,4 ± 0,4	7,5 ± 0,7	6,4 ± 0,8	6,2 ± 0,3	6,6 ± 0,1	5,5 ± 1,1	3,1 ± 1,0	5,45 ± 0,22

Πίνακας 8: Μικροβιολογικές αναλύσεις σε κιμά χοιρινό (ΤΑ και αέρας στους 10°C).

	TIME	PCA	CFC	MRS	STAA	VRBGA	YGC	BP	pH
<b>ΤΑ 10°C</b>	0	5,3 ± 0,4	4,8 ± 0,4	4,9 ± 0,0	4,5 ± 0,1	3,8 ± 0,7	4,6 ± 0,1	3,2 ± 0,1	5,73 ± 0,01
	3	7,2 ± 0,1	6,7 ± 0,4	6,2 ± 1,3	7,1 ± 0,4	5,6 ± 0,4	5,7 ± 0,7	3,4 ± 0,1	5,65 ± 0,01
	6	8,1 ± 0,1	7,4 ± 0,4	7,8 ± 0,2	7,8 ± 0,4	7,4 ± 0,2	6,4 ± 0,2	3,3 ± 0,4	5,56 ± 0,12
	8	8,7 ± 0,2	7,8 ± 0,4	8,0 ± 0,3	8,0 ± 0,1	7,9 ± 1,2	7,0 ± 0,3	3,4 ± 0,6	5,76 ± 0,21
	10	8,6 ± 1,3	8,5 ± 1,6	8,1 ± 0,9	8,0 ± 0,9	8,0 ± 1,5	6,9 ± 0,5	3,2 ± 1,0	6,06 ± 0,63
	12	8,8 ± 0,9	8,4 ± 1,4	7,8 ± 0,6	7,7 ± 0,3	7,9 ± 0,9	7,2 ± 0,6	3,2 ± 0,9	5,93 ± 0,33
<b>ΑΕΡΑΣ 10°C</b>	0	5,3 ± 0,4	4,8 ± 0,4	4,9 ± 0,0	4,5 ± 0,1	3,8 ± 0,7	4,6 ± 0,1	3,2 ± 0,1	5,73 ± 0,01
	3	8,2 ± 0,3	8,1 ± 0,4	6,6 ± 1,5	7,5 ± 0,6	6,8 ± 0,6	6,5 ± 0,7	3,3 ± 0,2	5,64 ± 0,08
	6	8,4 ± 0,2	8,3 ± 0,1	7,7 ± 0,2	6,8 ± 0,7	7,9 ± 0,1	6,1 ± 0,7	2,7 ± 0,0	5,51 ± 0,07
	8	8,8 ± 0,4	8,7 ± 0,5	8,0 ± 0,4	7,0 ± 0,3	8,0 ± 0,3	5,9 ± 1,3	2,8 ± 0,3	5,70 ± 0,05
	10	9,5 ± 1,1	9,4 ± 0,9	8,5 ± 0,1	6,9 ± 0,1	8,5 ± 0,3	6,7 ± 1,5	2,6 ± 0,9	6,17 ± 0,38
	12	8,9 ± 0,2	8,7 ± 0,4	7,4 ± 0,2	6,2 ± 0,2	7,7 ± 0,6	6,6 ± 1,3	2,7 ± 0,8	5,73 ± 0,35

**Πίνακας 9:** Μικροβιολογικές αναλύσεις σε κιμά χοιρινό (κενό στους 4 και 10°C).

ΠΡΟΪΟΝ	TIME	PCA	CFC	MRS	STAA	VRBGA	YGC	BP	pH
<b>ΚΕΝΟ 4°C</b>	0	5,0	5,1	4,9	4,6	4,3	4,5	3,2	5,72
	3	5,2	4,9	4,9	4,8	5,1	4,3	2,7	5,76
	6	8,2	7,2	7,7	5,1	7,4	4,3	3,0	5,72
	8	7,6	5,8	7,6	4,8	5,8	4,4	3,2	5,58
	10	8,2	6,2	7,6	6,0	6,5	4,7	3,4	5,48
	12	8,7	6,5	7,1	6,7	6,6	3,9	3,0	5,23
<b>ΚΕΝΟ 10°C</b>	0	5,0	5,1	4,9	4,6	4,3	4,5	3,2	5,72
	3	7,6	6,0	8,3	4,9	6,9	4,5	2,8	5,70
	6	7,7	5,9	6,8	5,1	4,7	4,3	3,1	5,44
	8	8,1	7,3	7,9	5,2	7,5	4,5	3,5	5,40
	10	8,5	7,6	8,0	8,0	7,4	4,8	3,6	5,38
	12	8,3	7,1	7,8	4,7	7,3	4,1	3,6	5,16

**Πίνακας 10:** Αέρια σύσταση περιέκτη. Δείγμα: κομμάτια μόσχου.

TIME (D)	TA 4°C		TA 10°C	
	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>
0	59,600	20,800	59,600	20,800
6			24,700	51,200
8	57,900	22,700		
12			0,000	78,100
18	5,200	70,000		

**Πίνακας 11:** Αέρια σύσταση περιέκτη. Δείγμα: κομμάτια χοιρινά.

TIME (D)	TA 4°C		TA 10°C	
	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>
0	59,1	21,5	59,100	21,500
6			35,700	39,300
8	54,9	25,1		
12			0,144	74,200
16	39	37,1		

Πίνακας 12: Αέρια σύσταση περιέκτη. Δείγμα: μπριζόλα χοιρινή.

ΤΙΜΕ	ΤΑ 4°C		ΤΑ 10°C	
	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>
0	60,300	21,500	60,300	21,500
4	61,000 ± 0,141	21,850 ± 0,354	54,150 ± 2,051	27,350 ± 3,465
8	58,550 ± 0,354	23,750 ± 0,071	40,100 ± 3,111	41,350 ± 8,839
10	53,850 ± 0,778	27,200 ± 1,414	7,920 ± 1,739	68,900 ± 0,707
12	47,900 ± 2,546	32,050 ± 4,596	0,018 ± 0,023	77,900 ± 0,707
14	34,750 ± 11,950	45,850 ± 8,697	1,250 ± 1,768	72,350 ± 2,899
16	9,625 ± 9,581	68,300 ± 11,314		
18	0,000	77,700		

**Πίνακας 13:** Αέρια σύσταση περιέκτη. Δείγμα: κιμάς χοιρινός.

TIME (D)	TA 4°C		TA 10°C	
	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>
0	61,6	21,0	61,6	21,0
6	50,5	27,0	9,42	69,2
12	40,6	38,6	0,0	77,7

- **Ahn D.U., Olson O.G., Jo C., Chen X. and Nu Cand Lee J.I. (1998).** Effect of muscle type, packaging and irradiation on lipid oxidation, volatile production and color in raw pork patties. *Meat Science* 49 (I): 27-39.
- **Anonymous. (1985).** Subcommittee on Microbiological Criteria: Committee on Food Protection; Food and Nutrition Board National Research Council, an Evaluation of the Role of the Microbiological Criteria for Foods and Food Ingredients. National Academy Press, Washington, DC.
- **Blakistone B.A. (1998).** Principles and applications of modified atmosphere packaging of foods. Second Edition. Blackie Academic and Professional, Washington DC, USA.
- **Blickstad E. and Molin G. (1984).** Growth and end-product formation in fermenter cultures of *Brochothrix thermosphacta* ATCC11509<sup>T</sup> and two psychotropic *Lactobacillus* spp. in different gaseous atmospheres. *J. Appl. Bacteriol.* 57: 213-220.
- **Borch E. and Molin G. (1989).** The aerobic growth and product formation of *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Brochothrix* and *Carnobacterium* in batch cultures. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 30: 81-88.
- **Borch E., Berg H. and Holst O. (1991).** Heterolactic fermentation by a homofermentative *Lactobacillus* spp. during glucose limitation in anaerobic continuous culture with complete cell recycle. *J. Appl. Bacteriol.* 71: 265-269.
- **Borch E. and Agerhem H. (1992).** Chemical, microbial and sensory changes during the anaerobic cold storage of beef inoculated with a homofermentative *Lactobacillus* spp. or a *Leuconostoc* spp. *Intern. J. of Food Microbiol.* 15: 99-108.
- **Caryela J.M., Gil M. D., Banon S. and Garrido M.D. (2004).** Effect of modified atmosphere packaging on the quality of pork loin. *Eur. Food Res. Technol.* 219: 316-320.
- **Catalá R. and Gavara R. (1996).** Review: Alternative high barrier polymers for food packaging. *Food Sci. Techn. Intern.* 2: 281-291.
- **Chan W.K.M., Hakkarainen K., Faustman C., Schaefer D.M., Scheller K.K. and Liu Q. (1995).** Color stability and microbial growth relationships in beef as affected by endogenous  $\alpha$ -tocopherol. *J. Food Science* 60(5): 966-971.
- **Chouliara E., Karatapanis A., Savvaidis I.N. and Kontominas M.G. (2007).** Combined effect of oregano essential oil and modified atmosphere packaging on shelf-life extension of fresh chicken breast meat, stored at 4°C.
- **Cogan J.F., Walsh D. and Condon S. (1989).** Impact of aeration on the metabolic end-products formed from glucose and galactose by *Streptococcus lactis*. *J. Appl. Bacteriol.* 66: 77-84.
- **Condon S. (1987).** Responses of lactic acid bacteria to oxygen. *FEMS Microbiology Reviews* 46: 269-280.
- **Cselovszky J., Wolf G. and Hammes W.P. (1992).** Production of formate, acetate and succinate by anaerobic fermentation of *Lactobacillus pentosus* in the presence of citrate. *Appl. Microbiol. Biotechn.* 37: 94-97.



- **Dainty R.H. and Hibbard C.M. (1980).** Aerobic metabolism of *Brochothrix thermosphacta* growing on meat surfaces and in laboratory media. J. Appl. Bacteriol. 48: 387-396.
- **Dainty R.H., Edwards R.A. and Hibbard C.M. (1985).** Time course of volatile compound formation during refrigerated storage of naturally contaminated beef in air. J. Appl. Bacteriol. 59: 303-309.
- **Dainty R.H., Edwards R.A., Hibbard C.M. and Ramantanis S.V. (1986).** Bacterial sources of putrescine and cadaverine in chill stored vacuum-packaged beef. J. Appl. Bacteriol. 61: 117-123.
- **Dalgaard P., Gram L. and Huss H.H. (1993).** Spoilage and shelf-life of cod fillets packed in vacuum or modified atmospheres. Int. J. Food Microbiol. 19: 283-294.
- **Davies A. and Board R. (1998).** The microbiology of meat and poultry. Blackie Academic and Professional, London, UK.
- **Dransfield E. and MacFie H.J.M. (1980).** Precision in the measurement of meat texture. J. Science of Food and Agriculture 31: 62-66.
- **Dransfield E., Jones R.C.D. and MacFie H.J.M. (1981).** Tenderising in m. longissimus dorsi of beef, veal, rabbit, lamb and pork. Meat Science 5: 139-147.
- **Dransfield E. (1994).** Tenderness of meat, poultry and fish. In: Pearson A.M. and Dutson T.R. (eds) Quality Attributes and their Measurement in Meat, Poultry and Fish Products. Blackie Academic and Professional (Chapman and Hall), London, pp. 289-315.
- **Drosinos E.H. (1994).** Microbial association of minced lamb and their ecophysiological attributes. Ph.D thesis, University of Bath, UK.
- **Drosinos E.H. and Board R.G. (1995a).** Microbial and physicochemical attributes of minced lamb: sources of contamination with pseudomonas. Food Microbiol. 12: 189-197.
- **Drosinos E.H. and Board R.G. (1995b).** Attributes on microbial associations of meat growing as xenic batch cultures in a meat juice at 4°C. Int. J. Food Microbiol. 26: 279-293.
- **Drosinos E.H. and Nychas G-J-E. (1997).** Production of acetate and lactate in relation to glucose content during modified atmosphere storage of gilt-head seabream (*Sparus aurata*) at 0 ± 1°C. Food Research Intern. 30: 711-717.
- **Edwards R.A., Dainty R.H. and Hibbard C.M. (1987).** Volatile compounds produced by meat pseudomonas and related reference strains during growth of in air at chill temperatures. J. App. Bacteriol. 62: 403-412.
- **Ercolini D., Russo F., Torrieri E., Masi P. and Villani F. (2006).** Changes in the spoilage-related microbiota of beef during refrigerated storage under different packaging conditions. Appl. Environ. Microbiol. 72: 4663-4671.
- **Farber J. (1991).** Microbiological aspects of modified-atmopshere-packaging technology-A review. J. Food Protection 54: 58-70.

- **Floros J.D. and Matsos K.I. (2005).** Introduction to modified atmosphere packaging. *Innovations in Food Packaging*: 159-172.
- **García-López M.L., Prieto M. and Otero A. (1998).** The physiological attributes of Gram-negative bacteria associated with spoilage of neat and meat products. In the *Microbiology of Meat and Poultry* ed. Board, R.G. and Davies A.R. pp 1-32. London: Blackie Academic and Professional.
- **Garvie E.I. (1980).** Bacterial lactate dehydrogenase. *Microbiol. Rev.* 44: 106-139.
- **Γεωργάκης Σπ.Α. (1986).** Τεχνολογία τροφίμων ζωικής προέλευσης. University Studio Press, Θεσσαλονίκη.
- **Γεωργάκης Σπ.Α. (2005).** Το κρέας και τα προϊόντα του. Εκδόσεις Συγχρονη Παιδεία, Θεσσαλονίκη
- **Gill C.O. and Newton K.G. (1977).** The development of aerobic spoilage flora on meat stored at chill temperatures. *J. Appl. Bacteriol.* 43: 189-95.
- **Gill C.O. (1986).** The control of microbial spoilage in fresh meats. In: Pearson A.M. and Dutson T.R. (Eds). *Advances in meat Researchs: Meat and Poultry Microbiology* MacMillan, New York. Pp 49-88.
- **GIRA (1997).** World Meat Facts Books. International Meat Secretariat-GIRA, Geneva, Switzerland, 45pp.
- **Gram L. and Huss H.H. (1996).** Microbiological spoilage of fish and fish products. *Food Microbiology* 33: 121-137.
- **Hitchener B.J., Egan A.F. and Rogers P.J. (1979).** Energetics of *Microbacterium thermosphactum* in glucose-limited continuous culture. *Appl. Environ. Microbiol.* 37: 1047-1052.
- **Hood D.E. (1971).** Technical aspects of vacuum packaging and pre-packaging of fresh meat, In *Beef Processing and Marketing Conference Proceedings*. The Agricultural Institute, Dublin, pp 24-42.
- **Hotchkiss J.H. (1988).** Experimental approaches to determining the safety of food packaged in modified atmospheres. *Food Technol.* 42: 55-64.
- **Inns R. (1987).** Modified atmosphere packaging. In: *Modern Processing, Packaging and Distribution Systems for Food*, Vol. 4 (F.A. Paine, ed), pp. 36-51. Blackie, Glasgow, UK.
- **Insausti K., Beriain M., Purroy A., Alberti P., Lizaso L. and Hernandez B. (1999).** Color stability of beef from different Spanish native cattle breeds stored under vacuum and modified atmosphere.
- **Insausti K., Beriain M., Purroy A., Alberti P., Gorraiz C. and Alzueta M.J. (2001).** Shelf-life of beef from local Spanish cattle breeds stored under modified atmosphere. *Meat Science* 57: 273-281.
- **Jayasingh P., Cornforth D.P., Carpenter C., E. and Whittier D. (2001).** Evaluation of carbon monoxide treatment in modified atmosphere packaging or vacuum packaging to increase color stability of fresh beef. *Meat Science* 59: 317-324.

- **Kakouri A. and Nychas G.-J.E. (1994).** Storage of poultry meat under modified atmospheres or vacuum packs: possible roles of microbial metabolites as indicator of spoilage. *J. Appl. Bacteriol.* 76: 163-172.
- **Kandler O. (1983).** Carbohydrate metabolism in lactic acid bacteria. *Antonie van Leeuwenhoek* 49: 209-224.
- **Kennedy C., Buckley D.J. and Kerry J.P. (2004).** Display life of sheep meats retail packaged under atmospheres of various volumes and compositions. *Meat Science* 68: 649-658.
- **Kennedy C., Buckley D.J. and Kerry J.P. (2005).** Influence of different gas compositions on the short-term, storage stability of mother-packed retail-ready lamb packs.
- **Korkeala H., Alanko T., Mäkelä P. and Lindroth S. (1990).** Lactic acid and pH as quick indicators of spoilage in vacuum-packed cooked ring sausages. *Intern. J. Food Microbiol.* 10: 245-254.
- **Kotzekidou P. and Bloukas J.G. (1996).** Effect of protective cultures and packaging film permeability on shelf-life of sliced-packed cooked ham. *Meat Science* 42: 333-345.
- **Koutsoumanis K.P., Stamatiou A.P., Drosinos E.H., Nychas G.-J.E. (2008).** Control of spoilage microorganisms in minced pork by a shelf-developed modified atmosphere induced by the respiratory activity of meat microflora. *Food Microbiol.* 25: 915-921.
- **Labadie J. (1999).** Consequences of packaging on bacterial growth. Meat is an ecological niche. *Meat Science* 52(I): 299-305.
- **Lambert A.D., Smith J.P. and Dodds K.I. (1991).** Shelf life extension and microbiological safety of fresh meat-A review. *Food Microbiol.* 8: 267-297.
- **Lambropoulou K.A. (1995).** The role of glucose in meat. M.\sc. Thesis, University of Humberside, UK.
- **Lambropoulou K.A., Drosinos E.H. and Nychas G.J.E. (1996).** The effect of glucose supplementation on the spoilage microflora and chemical composition of minced beef stored aerobically or under a modified atmosphere at 4°C. *Food Microbiol.* 30: 281-291.
- **Lanari M.C., Schaefer D.M and Scheller K.K.(1995).** Dietary vitamin E supplementation and discoloration of pork bone and muscle following modified atmosphere packaging. *Meat Science* 41: 237-250.
- **Law B.A. and Kolstad J. (1983).** Proteolytic systems in lactic acid bacteria. *Antonie van Leeuwenhoek* 49: 225-245.
- **Lee M., Sebranek J. and Parrish F.C. (1996).** Accelerated post-mortem aging of beef utilizing electron beam irradiation and modified atmosphere packaging. *J. Food Science* 61: 133.

- **Luno M., Roncalès P., Djenane D. and Beltran J.A. (2000).** Beef shelf life in low O<sub>2</sub> and high CO<sub>2</sub> atmosphere containing different low CO<sub>2</sub> concentrations. *Meat Science* 55: 413-419.
- **MacDougall D.B. (1982).** Changes in the color and opacity of meat. *Food Chemistry* 9: 75-88.
- **Marshall V.M. (1992).** Inoculated ecosystems in a milk environment. In *Ecosystems: Microbes: Food ed Board R.G., Jones D., Kroll R.G. and Pettipher G.L.* pp. 127S-135S., Society for Applied Bacteriology Symposium Series No. 21, Oxford: Blackwell scientific Publications.
- **McMullen L.M. and Stiles M.E. (1991).** Changes in microbial parameters and gas composition during modified atmosphere of fresh pork loin cuts. *J. Food Protection* 54: 778-783.
- **Moleyar V. and Narasimham P. (1994).** Modified atmosphere packaging of vegetables-an appraisal. *J. Food Science Technol.* 31 (4): 267-278.
- **Molin G. and Ternström A. (1986).** Phenotypically based taxonomy of psychotropic *Pseudomonas* isolated from spoiled meat, water and soil. *Intern. J. System. Bacteriol.* 36: 257-274.
- **Μπούρμπος Β.Α. (2001).** Η οικολογική γεωργία στην αειφορική ανάπτυξη. Επιμέλεια έκδοσης Παπαναγιώτου Ε. και συν.
- **Murphy M.G. and Condon S. (1984a).** Correlation of oxygen utilization and H<sub>2</sub>-O<sub>2</sub> accumulation with oxygen induced enzymes in *Lactobacillus plantarum* cultures. *Arch. Microbiol.* 138: 44-48.
- **Murphy M.G. and Condon S. (1984b).** Comparison of aerobic and anaerobic growth of *Lactobacillus plantarum* in a glucose medium. *Arch. Microbiol.* 138: 49-53.
- **Murphy M.G., O'Connor L., Walsh D. and Condon S. (1985).** Oxygen dependent lactate utilization by *Lactobacillus plantarum*. *Arch. Microbiol* 141: 75-79.
- **Nassos P.S., King A.D. Jr and Stafford A.E. (1983).** Relationship between lactic acid concentration and bacterial spoilage in ground beef. *Appl. Environ. Microbiol.* 46: 894-900.
- **Nassos P.S., King A.D. Jr and Stafford A.E. (1988).** Lactic acid concentration as an indicator of acceptability in refrigerated or freeze-thawed ground beef. *Appl. Environ. Microbiol.* 54: 822-823.
- **Newton K.G. and Rigg W.J. (1979).** The effect of film permeability on the storage life and microbiology of vacuum packed meat. *J. Appl. Bacteriol.* 47: 433-441.
- **Nychas G.-J.E. (1984).** Microbial growth in minced meat. Ph.D thesis, University of Bath, Bath, U.K.
- **Nychas G.J and Arkoudelos J.S. (1990).** Microbiological and physicochemical changes in minced meats under carbon dioxide, nitrogen or air at 3°C. *Intern. J. Food Science and Technology* 25: 389-398.

- **Nychas G-J.E., Robinson A. and Board R.G. (1991).** Microbiological and physico-chemical evaluation of ground beef from retail shops. *Fleischwirtschaft* 71: 1057-1059.
- **Nychas G-J.E. (1994).** Modified atmosphere packaging of meats. In: *Minimal Processing of Foods and Process Optimization an Interface*, ed Singh R.P. and Oliveira F.A.R. CRC Press Inc, London, UK, pp 417-435.
- **Nychas G-J.E. and Tassou C.C. (1997).** Spoilage process and proteolysis in chicken as detected by HPLC. *J. Sci. Food Agric.* 74: 199-208.
- **Nychas G.J.E., Drosinos E. and Board R.G. (1998).** Chemical changes in stored meat. In the *Microbiology of Meat and Poultry* ed. Board, R.G. and Davies A.R. pp 288-326. London: Blackie Academic and Professional.
- **Nychas G-J.E and Skandamis P.N. (2005).** Fresh meat spoilage and modified atmosphere packaging. In: *Improving the safety of fresh meat* ed. Sofos J.N., pp. 461-502.
- **Nychas G.-J.E., Marshall D. and Sofos J. (2007).** Meat poultry and seafood. In. M.P. Doyle, L.R. Beuchar and Montville T.J., *Food Microbiology Fundamentals and Frontiers*, (Chapter 6). ASM press.
- **Nychas G.J.E., Skandamis P.N., Tassou C.C., Koutsoumanis K.P. (2008).** Meat spoilage during distribution. *Meat science* 78: 77-89.
- **Nortjé G.L. and Shaw B.G. (1989).** The effect of ageing treatment on the microbiology and storage characteristics of beef in modified atmosphere packs containing 25% CO<sub>2</sub> plus 75% O<sub>2</sub>. *Meat Science*, 66: 409-413.
- **Ordóñez J.A., de Pablo B., de Castro B.P., Asensio M.A. and Sanz B. (1991).** Selected chemical and microbiological changes in refrigerated pork stored in carbon dioxide and oxygen enriched atmospheres. *J. Agric. Food Chem.* 39: 668-672.
- **Phillips C.A. (1996).** Review: Modified Atmosphere and its effects on the microbiological quality and safety of produce. *Intern. J. Food Science and Technol.* 31: 463-479.
- **Parry R.T. (1993).** Introduction, in *Principles and Applications of Modified Atmosphere Packaging of Food*, 1<sup>st</sup> edn (ed R.T. Parry). Blackie (Chapman & Hall), pp. 1-18.
- **Paul A.A., Southgate D.A.T. and Russell J. (1980).** First Supplement to *McCance and Widdowson. The composition of foods*, HMSO, London.
- **Reddy S.G., Chen M.L. and Patel P.J. (1975).** Influence of lactic cultures on the biochemical bacterial and organoleptic changes in brrf. *J. Food Science* 40: 314-318.
- **Robach D. L. and Costilow R.M. (1961).** Role of bacteria in the oxidation of myoglobin. *Appl. Microbiol.* 9: 529-536.
- **Romans J.R., Costello W.J., Carlson C.W., Greaser M.L. and Jones K.W. (2001).** *The meat we eat*. Fourteenth Edition. Interstate Publishers, Danville, Illinois.

- **Sahoo J. and Anjaneyulu A.S.R. (1995).** Modified-atmosphere-packaging of muscle foods: Technology, shelf life and safety aspects. *Indian Food Industry* 14: 28-36.
- **Schmitt R.E. and Schmitt-Lorenz W. (1992a).** Formation of ammonia and amines during microbial spoilage of refrigerated broilers. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie* 25: 6-10.
- **Schmitt R.E. and Schmitt-Lorenz W. (1992b).** Degradation of amino acids and protein changes during microbial spoilage of chilled unpacked and packed chicken carcasses. *Lebensm Wiss Technol.* 25: 11-17.
- **Sedewitz B., Schleifer K.H. and Götz F. (1984).** Physiological role of pyruvate oxidase in the aerobic metabolism of *Lactobacillus plantarum*. *Appl. Bacteriol.* 160: 462-465.
- **Sihgn R.K. and Singh N. (2005).** Quality of packaged foods. In J.H. Han (Ed), *Innovations in food packaging* (pp.24-44). Amsterdam: Elsevier Academic Press.
- **Skandamis P.N. and Nychas G-J. E. (2001a).** Effect of oregano essential oil on microbiological and physico-chemical attributes of minced meat stored in air and modified atmospheres. *J. Appl. Microbiol.* 91: 1011-1022.
- **Skandamis P.N. and Nychas G-J. E. (2001b).** Preservation of fresh meat with active and modified atmosphere packaging conditions. *Intern. J. Food Microbiol.* 79: 35-45.
- **Soldatou N., Nerantzaki A., Kontominas M.G. and Savvaidis I.N. (2009).** Physicochemical and microbiological changes of “Souvlaki”-A Greek delicacy lamb meat product: Evaluation of shelf-life using microbial, colour and lipid oxidation parameters. *Food Chemistry* 113: 36-42.
- **Sørheim O., Tore A. and Truls N. (1997).** Technological, hygienic and toxicological aspects of carbon monoxide used in modified-atmosphere packaging of meat. *Trends Food Science and Technol.* 8: 307-312.
- **Sølheim O., Nissen H. and Nesbakken T. (1997).** Technological, hygienic and toxicological aspects of carbon monoxide used in modified-atmosphere packaging of meat. *Trends in Food Science and Technology* 8: 307-312.
- **Sølheim O., Nissen H. and Nesbakken T. (1999).** The storage life of beef and pork packaged in an atmosphere with a low carbon monoxide and high carbon dioxide. *Meat Science* 52: 157-164.
- **Stanbridge L.H. and Davies A.R. (1998).** The microbiology of chill-stored meat. In the *Microbiology of Meat and Poultry* ed. Board R.G. and Davies A.R., pp. 174-219. London: Blackie Academic and Professional.
- **Stiebing A. (1993).** Packaging requirements for meat and meat products. *Fleischwirtsch* 73: 163-166.
- **Stiles, M.E. (1991).** Modified atmosphere packaging of meat, poultry, and their products. *In: Modified atmosphere packaging of food* Eds Ooraikul, B. and Stiles, M.E. pp. 118-147. New York: Ellis Horwood

- **Stringer W.C., Bilskie M.E. and Naumann H.D. (1969).** Microbial profile of fresh beef. *Food Technol.* 23: 97-102.
- **Τσακαλίδου Ε. (2001).** Μαθήματα Βιοχημείας Τροφίμων Ι. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών
- **Thomas T.D., Ellwood D.C. and Longyear V.M.C. (1979).** Change from homo- to heterolactic fermentation by *Streptococcus lactis* resulting from glucose limitation on anaerobic chemostat cultures. *J. Bacteriol.* 138: 109-117.
- **Tsigarida E., Skandamis P. and Nychas G-J. E. (2000).** Behaviour of *Listeria monocytogenes* on meat stored under aerobic, vacuum and modified atmosphere packaging conditions with or without the presence of oregano essential oil at 5°C. *J. App. Microbiol.* 89:901-909.
- **Tsigarida E. and Nychas G-J.E. (2006).** The effect of high barrier packaging films with different oxygen transmission rates on the growth of *Lactobacillus* spp. on meat fillets.
- **Varnam A.H. and Sutherland J.P. (1999).** Το κρέας και τα προϊόντα του. Εκδόσεις ΙΩΝ και ΣΙΑ, Περιστέρι, Αττική.
- **Viana E.S., Gomide L.A.M. and Vanetti M.C.D. (2005).** Effect of modified atmospheres on microbiological, color and sensory properties of refrigerated pork. *Meat Science* 71: 696-705.
- **Warriss P.D. (2000).** Meat Science-An Introductory Text. CABI Publishing, U.K.
- **Wulf D.W., Shenon F.O.C. O'Connor S.F., Tatum J.D. and Smith G.C. (1997).** Using objective measurements of muscle color to predict beef longissimus tenderness. *J. Animal Science* 75: 684-692.
- **Zagory, D. (1995).** Selection of packaging materials for minimally processed foods: technical considerations. In *Food Preservation by Moisture Control. Fundamentals and Applications. Part VI: Advances in minimally processed food packaging* ed. Barbosa-Cánovas, G.V. and Welti-Chanes, J. pp. 793-806. Lancaster-Basel: Technomic Publishing CO, INC
- **Zagory D. (1999).** Effects of post-processing handling and packaging on microbial populations. *Postharvest Biology and Technol.* 15: 313-321.
- **Zakrys P.I., Hogan S.A., O'Sullivan M.G., Allen P. and Kerry J.P. (2008).** Effects of oxygen concentration on the sensory evaluation and quality indicators of beef muscle packed under modified atmosphere.
- **Zamora M.C. and Zaritzky (1985).** Modeling of microbial growth in refrigerated packaged beef. *J. Food Science* 50: 1003-1006.