



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΠΕΑΕΚ
ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ
ΣΥΓΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΤΑΜΕΙΟ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ



Η ΠΑΙΔΕΙΑ ΣΤΗΝ ΚΟΡΥΦΗ
Επιχειρησιακό Πρόγραμμα
Εκπαίδευσης και Αρχικής
Επαγγελματικής Κατάρτισης

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ
ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«ΜΕΛΕΤΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΩΝ
ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΣΕ ΙΧΘΥΗΡΑ ΑΠΟΘΗΚΕΥΜΕΝΑ ΥΠΟ
ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ»



ΚΩΝΣΤΑΝΤΕΛΙΑ ΒΑΣΙΛΙΚΗ

ΒΟΛΟΣ 2008

**«Μελέτη Μεταβολής των Φυσικοχημικών Παραμέτρων σε Ιχθυηρά
Αποθηκευμένα υπό Τροποποιημένη Ατμόσφαιρα»**

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

- **Αρβανιτογιάννης Ιωάννης:** Αναπληρωτής Καθηγητής Ασφάλειας και Διασφάλισης ποιότητας τροφίμων, τμήματος Ιχθυολογίας και Υδάτινου περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, **Επιβλέπων**.
- **Παναγιωτάκη Παναγιώτα:** Επίκουρος Καθηγήτρια Υδατοκαλλιεργειών, τμήματος Ιχθυολογίας και Υδάτινου περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, **Μέλος**.
- **Μποζιάρης Ιωάννης:** Επίκουρος Καθηγητής Υγιεινής και Συντήρησης Ιχθυηρών, τμήματος Ιχθυολογίας και Υδάτινου περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, **Μέλος**.

***Στους γονείς μου
Ιωάννη και Σοφία***

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Πριν ξεκινήσω την παρουσίαση αυτής της μελέτης, θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες σε όλους αυτούς τους ανθρώπους που συνέβαλλαν στο να φέρω εις πέρας την πειραματική μου διατριβή. Επιπρόσθετα, θέλω να ευχαριστήσω όλους εκείνους τους ανθρώπους, που ως «πάνελ», βοήθησαν στο να εκτιμηθούν τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά της γαρίδας (*M. kerathurus*) για να μπορέσω στη συνέχεια να κάνω ποιοτική αξιολόγηση των συμπερασμάτων όσον αφορά τον τρόπο συντήρησης τόσο υπό τροποποιημένη ατμόσφαιρα όσο και σε συνθήκες ατμόσφαιρας: τον Στρατάκο Αλέξανδρο, τον Τούση Λουκά, τον Παπουτσή Γεώργιο, τη Χατζηπλή Αικατερίνη, τη Γιαννακοπούλου Λουκία, τον Μπαντίδο Ευστάθιο, τη Σολωμού Αλεξάνδρα, τη Χατζηπλή Ελένη και τέλος τη Δεσποτοπούλου Άννα. Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Μήντσιο Ιωάννη για την άμεση και ανιδιοτελή βοήθειά του, συγκεκριμένα για την προμήθεια εργαστηριακού υλικού, καθώς επίσης τους κυρίους Μπόσσινα Κωνσταντίνο και Μπουλετή Αχιλλέα για την αμέριστη συμπαράστασή τους κατά τη διάρκεια του πειράματος. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την κ. Τσερκέζου Περσεφόνη για την πολύτιμη βοήθεια της στο τρόπο χρήσης των στατιστικών μεθόδων για την στατιστική ανάλυση των δεδομένων του πειράματος. Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω την κα. Βασιλειάδου Σοφία για την πολύτιμη βοήθεια και συμπαράστασή της καθ' όλη τη διάρκεια της διατριβής. Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Επιβλέποντα Καθηγητή της εργασίας αυτής, τον Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Ι. Αρβανιτογιάννη για την πολύτιμη βοήθειά του, τόσο κατά τη διεξαγωγή του πειράματος όσο και κατά τη συγγραφή της παρούσας διατριβής και τα μέλη της

εξεταστικής επιτροπής αποτελούμενα από την Επίκουρο Καθηγήτρια κα Π. Παναγιωτάκη και τον Επίκουρο Καθηγητή κ. Ι. Μποζιάρη για την επίβλεψη και την επίδειξη των μικροβιολογικών χαρακτηριστικών.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στην οικογένεια μου για την αμέριστη συμπαράσταση, βοήθεια και προ πάντων κατανόηση και ανοχή όλο το χρονικό διάστημα των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα αλιεύματα αποτελούσαν ανέκαθεν σημαντική πηγή πρωτεϊνών υψηλής βιολογικής αξίας για τους διάφορους λαούς. Η βιολογική αξία που έχουν τα αλιεύματα είναι υψηλή, γι' αυτό τα καθιστά πολύτιμη τροφή, η οποία αξίζει μεγαλύτερη διάδοση και εκτίμηση.

Η ερευνητική αυτή εργασία είχε ως σκοπό την εκτίμηση της ποιότητας της *Melicertus kerathurus* και τη διερεύνηση τυχόν προβλημάτων που προκύπτουν κατά τη συντήρηση της σε σχέση κυρίως με τα οργανοληπτικά και μικροβιολογικά χαρακτηριστικά, αλλά και με τις φυσικοχημικές ιδιότητες (μηχανικές και μέτρηση χρώματος) του τελικού προϊόντος. Μετά την αφαίρεση του κεφαλοθώρακα και την αποκελυφοποίηση, με ασηπτικές συνθήκες, τα δείγματα συσκευάζονταν τόσο σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα (60% CO₂: 40% N₂ και 92.9%N₂:5.1% CO₂:2% O₂) όσο και στον ατμοσφαιρικό αέρα (μάρτυρας) για 5 ημέρες στους 3°C. Τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά εκτιμήθηκαν από ομάδα δοκιμαστών, ενώ οι μικροβιολογικές εξετάσεις έγιναν αμέσως μετά την έξοδο των γαρίδων από την συντήρηση και την αφαίρεση της συσκευασίας και πριν από το βρασμό. Οι μικροβιολογικές εξετάσεις περιελάμβαναν τον προσδιορισμό: i) της ολικής μεσόφιλης χλωρίδας, των βακτηρίων που παράγουν H₂S (κυρίως *Shewanella putrefaciens*), iii) των *Pseudomonas* spp., και iv) του *Brochothrix thermosphacta*. Όσον αφορά τις μηχανικές ιδιότητες, πραγματοποιήθηκε μέτρηση της σκληρότητας του εδώδιμου μέρους των γαρίδων και παράλληλα έγινε μέτρηση των τριών χρωματομετρικών παραγόντων (L*, a* και b*).

Η στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων έγινε με την ανάλυση των κύριων συνιστωσών (Principal Component Analysis), καθώς και με τη χρήση της ανάλυσης της ομοιομορφίας των ομάδων (Cluster Analysis) και της διακριτικής ανάλυσης (Discriminant Analysis). Η διάρκεια ζωής του προϊόντος όπως εκτιμήθηκε από τα οργανοληπτικά και τα μικροβιολογικά χαρακτηριστικά ήταν 4 ημέρες στους 3°C σε σύγκριση με το μάρτυρα που είχε διάρκεια ζωής 3 ημέρες.

Λέξεις κλειδιά: τροποποιημένη ατμόσφαιρα, MAP, διάρκεια ζωής, γαρίδες, *Melicertus kerathurus*.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	11
1.1. Γενικά	11
1.2. Συντήρηση των αλιευμάτων υπό τροποποιημένες ατμόσφαιρες	13
1.3. Συσκευασία και συνδυασμένες μέθοδοι.....	15
1.3.2. Το Οξυγόνο (O ₂):.....	21
1.3.3. Το Άζωτο (N ₂):.....	22
1.3.4. Το Μονοξείδιο του Άνθρακος (CO).....	22
1.3.5. Μίγματα Αερίων	22
1.4. Η επίδραση της MAP στα ψάρια	24
1.5. Η επίδραση της MAP στους παθογόνους μικροοργανισμούς	24
1.6. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της MAP.....	29
1.6.1. Πλεονεκτήματα της συσκευασίας αυτής	30
1.6.2. Μειονεκτήματα της συσκευασίας MAP	31
1.7. Γαρίδες.....	33
1.7.1. Μορφολογία, εξάπλωση και βιολογία του είδους <i>Melicertus kerathurus</i>	35
1.8. Στατιστική ανάλυση δεδομένων	40
1.8.1. Ανάλυση κύριων συνιστωσών (Principal Components Analysis, PCA).....	41
1.8.2. Ανάλυση κατά ομάδες (Cluster Analysis)	41
1.8.3. Διακριτική ανάλυση (Discriminant Analysis, DA).....	42
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	43
2.1. Γενικά	43
2.2. Μηχανολογικός εξοπλισμός	44

2.3. Πειραματικό Σχεδιασμό	46
2.3.1. Μέθοδος προσδιορισμού μηχανικών ιδιοτήτων	46
2.3.2. Η μέτρηση του χρώματος-Χρωματομετρία	51
2.3.2.1. Το χρωματικό μοντέλο CIELab	53
2.3.3. Οργανοληπτική εξέταση	57
2.3.4. Μικροβιολογικά υλικά και χημικά	66
2.3.4.1. Μικροβιολογική εξέταση	66
2.3.4.2. Ολική μεσόφιλη χλωρίδα (OMX-total viable counts)	68
2.3.4.3. Ψευδομονάδες (<i>Pseudomonas</i> spp.)	69
2.3.4.4. <i>Brochothrix thermosphacta</i>	69
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	70
3.1. Γενικά	70
3.2. Ερμηνεία αποτελεσμάτων με χρήση της PCA	71
3.2. Ερμηνεία αποτελεσμάτων με χρήση της Cluster Analysis	115
3.3. Ερμηνεία αποτελεσμάτων με χρήση της Discriminant Analysis	128
3.4. Μικροβιακή ανάπτυξη	132
3.4.1. Ολική μεσόφιλη χλωρίδα (O.M.X.), (total viable counts)	132
3.4.3. Ψευδομονάδες (<i>Pseudomonas</i> spp.)	133
3.4.4. <i>Brochothrix thermosphacta</i>	134
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	136
4.1. Μηχανικές ιδιότητες	136
4.2. Οπτικές ιδιότητες	138
4.3. Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά	143

4.4. Βακτηριακή ανάπτυξη	144
4.4.1 Βακτηριακός πληθυσμός	144
5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	150
5.1. ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	150
5.2. ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	163
5.3. ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	165
6. ABSTRACT.....	166

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Γενικά

Στα πρόσφατα χρόνια, το ενδιαφέρον αναφορικά με τα ήπια συντηρημένα τρόφιμα, καθώς επίσης με τη σταθερότητα στις συνθήκες συντήρησης (T, RH) για να διασφαλιστεί η υγιεινή των προϊόντων και η επαρκής διάρκεια ζωής για τη διακίνησή τους έχει αυξηθεί (Gould, 2000).

Τεχνολογία τροφίμων (Food Technology, Lebensmitteltechnologie) είναι η επιστήμη εκείνη, η οποία έχει ως αντικείμενό της, αφ' ενός μεν την μελέτη της συντήρησης, συσκευασίας, διακίνησης και αξιοποίησης των κλασσικών τροφίμων και τη διερεύνηση των τρόπων και μεθόδων παραγωγής νέων ειδών τροφίμων, αφετέρου δε την μελέτη των μεταβολών των οργανοληπτικών ιδιοτήτων των τροφίμων που προκαλούνται τόσο στις πρώτες ύλες όσο και στα έτοιμα τρόφιμα από την εφαρμογή σε αυτά των μεθόδων επεξεργασίας, συντήρησης, διακίνησης και συσκευασίας. Με την τεχνολογία επιτυγχάνεται η πλήρης αξιοποίηση της πρωτογενούς παραγωγής και γίνεται δυνατό τα προϊόντα που παράγονται να καταναλωθούν και πέρα από τα χρονικά και τοπικά όρια της παραγωγής τους (Γεωργάκης, 1986).

Τα τρόφιμα, ανάλογα με τη βασική τους προέλευση (ζωική ή φυτική) παρουσιάζουν ιδιομορφίες ως προς την αποτελεσματικότητα της εφαρμογής πάνω σε αυτά των τεχνολογικών μεθόδων (ψύξη, θέρμανση, αλάτιση κ.τ.λ) και ακόμη, διαφορετική συμπεριφορά και διαφορετικές μεταβολές από τη χρήση των μεθόδων αυτών. Γι' αυτό η τεχνολογία των τροφίμων ζωικής προελεύσεως και η τεχνολογία των τροφίμων

φυτικής προελεύσεως, αλλά ακόμη και μέσα σε κάθε έναν από τους δυο αυτούς τομείς υπάρχουν πλήρεις διαφοροποιήσεις οι οποίες οδηγούν στον καθορισμό «ιδιαιτέρων κλάδων» τεχνολογίας τροφίμων, όπως π.χ. τεχνολογία γάλακτος, κρέατος κτλ. Τα προβλήματα που αφορούν σε κάθε ομάδα τροφίμων είναι διαφορετικά, σε πολλές δε περιπτώσεις είναι αντίθετα μεταξύ τους, ανεξάρτητα από το γεγονός ότι οι γενικές αρχές των μεθόδων που εφαρμόζονται είναι οι ίδιες για όλες τις ομάδες των τροφίμων (Γεωργάκης, 1986). Η τεχνολογία τροφίμων ζωικής προέλευσης είναι εφαρμοσμένη επιστήμη με ευρύτατο πεδίο δράσης τόσο στον ερευνητικό τομέα όσο και στον τομέα πρακτικών εφαρμογών (Γεωργάκης και κ.ά., 2002).

Ως συντήρηση ορίζεται η λήψη μέτρων που συμβάλλουν στη σταθεροποίηση των τροφίμων σε σχέση με τους παράγοντες που προκαλούν την ποιοτική υποβάθμιση ή αλλοίωσή τους. Στόχος των διεργασιών συντήρησης είναι η επιβράδυνση των αντιδράσεων καταβολισμού, ο περιορισμός της ανάπτυξης μικροοργανισμών, καθώς και ο περιορισμός απώλειας υγρασίας από το προϊόν.

Η συντήρηση των τροφίμων βασίζεται κυρίως σε δυο βασικές αρχές:

- στην καταστροφή, αδρανοποίηση ή απομάκρυνση ενός ή όλων των παραγόντων που συμβάλλουν στην υποβάθμιση και αλλοίωση των τροφίμων, και
- στη δημιουργία κατάλληλων συνθηκών στο τρόφιμο ή στο περιβάλλον του τροφίμου για να περιοριστεί η δράση των παραγόντων αυτών.

Επειδή οι αλλοιώσεις των τροφίμων προκαλούνται κυρίως από μικροοργανισμούς και ένζυμα, οι περισσότερες μέθοδοι συντήρησης στηρίζονται στη λήψη μέτρων για την αντιμετώπιση τους.

Οι μέθοδοι συντήρησης διακρίνονται σε φυσικές, χημικές και βιολογικές. Οι μέθοδοι που συνήθως χρησιμοποιούνται για τη συντήρηση των νωπών προϊόντων είναι η συντήρηση σε ψυκτικούς θαλάμους, η αποθήκευση σε ελεγχόμενη ατμόσφαιρα, η επικάλυψη των προϊόντων με βιοαποικοδομήσιμες ή εδώδιμες μεμβράνες, η συσκευασία υπό κενό ή τροποποιημένη ατμόσφαιρα και η χρήση ενεργούς συσκευασίας (Αρβανιτογιάννης, 2001β).

1.2. Συντήρηση των αλιευμάτων υπό τροποποιημένες ατμόσφαιρες

Η χρήση της τροποποιημένης ατμόσφαιρας ήδη άρχισε να κυριαρχεί και να γίνεται ένα τεχνολογικό εργαλείο στη συντήρηση και στη διατήρηση των αλιευμάτων (Βαρελτζής, 1999; Sivertsvik, 2002).

Η τροποποιημένη ατμόσφαιρα (Modified Atmosphere Packaging-MAP) στα τρόφιμα εφαρμόστηκε αρχικά στη Βόρεια Αμερική και από εκεί διαδόθηκε ευρύτατα, καθώς η βιομηχανία τροφίμων προσπάθησε να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις των καταναλωτών για φρέσκα, κατεψυγμένα προϊόντα με παρατεταμένη διάρκεια ζωής (Farber, 1991; Sivertsvik, 2002).

Η έννοια της Συσκευασίας υπό Τροποποιημένη Ατμόσφαιρα αναφέρεται ως *«συσκευασία ενός ευπαθούς προϊόντος σε ατμόσφαιρα η οποία έχει τροποποιηθεί, έτσι*

ώστε η σύνθεσή της να είναι διαφορετική από αυτή του αέρα» (Hintlian, and Hotchkiss, 1986).

Οι τροποποιημένες ατμόσφαιρες διευκολύνουν τη διανομή των αλιευμάτων από τους ψυκτικούς θαλάμους στις υπεραγορές (Dalgaard and Jorgensen 2000; Lopez-Caballero *et al.*, 2002).

Μετά τον 2^ο Παγκόσμιο πόλεμο σημειώθηκαν σημαντικές αλλαγές στη συσκευασία τροφίμων αφού οι λιανοπωλητές των τροφίμων αντικαταστάθηκαν κατά κύριο λόγο από τις υπεραγορές. Η διακίνηση μεγάλων ποσοτήτων τροφίμων από αυτά σε συνδυασμό με τις διαρκώς αυξανόμενες απαιτήσεις του καταναλωτή για πιο ασφαλή και υγιεινά τρόφιμα ήταν οι κυριότεροι λόγοι για την επινόηση μεθόδων που αποσκοπούν στην παράταση της διάρκειας ζωής των φρέσκων προϊόντων. Έτσι προτάθηκε η εισαγωγή της συντήρησης υπό MAP (Αρβανιτογιάννης, 2001β).

Η MAP σε συνδυασμό με τη συντήρηση υπό ψύξη είναι μία μέθοδος διατήρησης τροφίμων και χρησιμοποιείται για μία μεγάλη ποικιλία τροφίμων (φρέσκο κρέας, πουλερικά, ιχθείς, λουκάνικα, τυριά, αρτοσκευάσματα, καφέδες, ξηρούς σπόρους, σούπες σε σκόνη, φρούτα και λαχανικά) (Brody, 1989; Sivertsvik 2002). Η χρήση της MAP εμπλουτισμένη με διοξείδιο του άνθρακος φαίνεται να παρατείνει τη διάρκεια ζωής των τροφίμων καθυστερώντας τη μικροβιακή ανάπτυξη (Stiles, 1991).

Παρ' όλα αυτά θα πρέπει να τονιστεί ότι τα πρώτα βήματα στη μέθοδο αυτή ανάγονται στη δεκαετία 1920 –1930, όταν χρησιμοποιήθηκε για την παράταση της διάρκειας ζωής του κρέατος, των ιχθύων και των φρούτων (Αρβανιτογιάννης, 2001β). Η πρώτη μορφή MAP που εφαρμόστηκε εμπειρικά και χρησιμοποιείται ακόμη και

τώρα για νωπά κρέατα, σκληρά τυριά και αλεσμένο καφέ είναι η συσκευασία υπό κενό (Sous vide,SV).

Αντενδείκνυται η χρησιμοποίηση της SV για μαλακά προϊόντα ή αρτοσκευάσματα, αφού το κενό προκαλεί μη αναστρέψιμη παραμόρφωση του προϊόντος (Αρβανιτογιάννης, 2001β). Περισσότεροι από 1.000 τόνοι σολομού μεταφέρθηκαν από το Anchorage της Αλάσκας στο Seattle της πολιτείας Washington των Η.Π.Α το καλοκαίρι του 1978 με τη μέθοδο MAP. Η διάρκεια της μεταφοράς ήταν 10 ημέρες και το προϊόν ήταν πολύ καλής ποιότητας, όταν έφθασε στον προορισμό του (Veranth *et al.*, 1979; Parry, 1993).

1.3. Συσκευασία και συνδυασμένες μέθοδοι

Η συντήρηση των τροφίμων βασίζεται σε συνδυασμένες μεθόδους, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ποιοτική βελτίωση των συμβατικών προϊόντων ή ακόμη και την ανάπτυξη νέων προϊόντων. Επιπρόσθετα, εξασφαλίζουν σταθερότητα και ασφάλεια στα τρόφιμα, δίνοντας πολύ καλά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά (Leistner, 1992).

Κατά τις τελευταίες τρεις δεκαετίες υπήρξε αύξηση σε προϊόντα τροφίμων συσκευασμένα σε αέριο, στις υπεραγορές. Αυτή η αύξηση έχει επιφέρει βελτιώσεις στη βιομηχανία της συσκευασίας, γεγονός το οποίο έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη πολυμερών υψηλής διαπερατότητας και εξοπλισμό συσκευασίας θερμικού κλεισίματος. Η συσκευασία με αέριο αποτελεί μια προέκταση της τεχνολογίας, της υπό κενού συσκευασίας. Η συσκευασία τροφίμων υπό τροποποιημένες ατμόσφαιρες χρησιμοποιεί

διαφορετικές συστάσεις αερίων όπως για παράδειγμα CO₂, N₂ και O₂, με το CO₂ όντας πιθανότατα το πιο κοινό και αποτελεσματικό αέριο, είτε συνδέεται με άλλο αέριο είτε όχι (Wolfe, 1980).

Υπάρχουν αρκετές τεχνικές, σύμφωνα με τις οποίες, μπορεί να τροποποιηθεί η σύσταση του αέρα, σε ένα προϊόν και συχνά δημιουργείται μία σύγχυση, για την ορολογία που χρησιμοποιείται. Ωστόσο, σύμφωνα με τους Siliker και Wolfe (1980), δύο από τις πιο σχετικές τεχνικές που εφαρμόζονται στους ιχθείς και γενικότερα στα αλιεύματα είναι:

- **MAP:**

ο αέρας που βρίσκεται μέσα στη συσκευασία αντικαθίσταται από καθορισμένη σύσταση αερίου ή από ένα μείγμα αερίων που διαφέρει από την σύνθεση του ατμοσφαιρικού αέρα. Η αναλογία του κάθε αερίου προσδιορίζεται με βάση το μείγμα που εισάγεται μέσα στη συσκευασία χωρίς να γίνεται κανένας περαιτέρω έλεγχος κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης (Silliker and Wolfe, 1980).

- **Συσκευασία υπό κενό:**

το προϊόν τοποθετείται μέσα σε ένα είδος συσκευασίας με χαμηλή διαπερατότητα στο οξυγόνο, ο αέρας εξαντλείται και η συσκευασία σφραγίζεται. Ο αέρας στη συσκευασία υπό κενό μειώνεται, αλλά είναι πιθανό αυτό ν' αλλάξει κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης. Το CO₂ μπορεί να αναστείλει την ανάπτυξη ανεπιθύμητων μικροοργανισμών (Silliker & Wolfe, 1980).

Τα τρία βασικά αέρια, που χρησιμοποιούνται εμπορικά στη συντήρηση υπό τροποποιημένες ατμόσφαιρες είναι: **διοξείδιο του άνθρακος (CO₂)**, **άζωτο (N₂)** και **οξυγόνο (O₂)**. Το CO₂ είναι διαλυτό, όχι μόνο στο νερό, αλλά και στα λιπίδια, όντας ο βασικός υπεύθυνος για τη βακτηριοστατική επίδραση στις τροποποιημένες ατμόσφαιρες. Οι γενικές του επιδράσεις στους μικροοργανισμούς, αποτελούν μια αύξηση της διάρκειας της φάσης προσαρμογής και μία μείωση του ρυθμού ανάπτυξης, κατά τη διάρκεια του λογαριθμικού σταδίου (Farber, 1991). Η βακτηριοστατική επίδραση, επηρεάζεται από τη συγκέντρωση του CO₂, τον αρχικό βακτηριακό πληθυσμό, τη θερμοκρασία αποθήκευσης και τη διαδικασία συσκευασίας του προϊόντος (Reddy *et al.*, 1992).

Ήδη από το 1930 έχει αποδεχθεί ότι περιεκτικότητα της ατμόσφαιρας που περιβάλλει το ψάρι σε CO₂ 10-20% καταστέλλει την ανάπτυξη βακτηρίων *Pseudomonas* spp. αλλά και άλλων βακτηρίων που προκαλούν αλλοίωση, με την προϋπόθεση ότι το προϊόν συντηρείται σε θερμοκρασία $\leq 4^{\circ}\text{C}$ (Garthwaite, 1997).

Ο Coyne (1932, 1933) ήταν ένας από τους πρώτους ερευνητές που μελέτησε και εφάρμοσε τα συστήματα MAP στη συντήρηση των αλιευμάτων. Αρχικά εργάστηκε με στελέχη βακτηρίων, που απομόνωνε από διάφορα αλιεύματα και διαπίστωσε ότι το CO₂ επιβράδυνε την ανάπτυξή τους περισσότερο απ' ό,τι οι ατμόσφαιρες αέρα ή αζώτου. Επίσης παρατήρησε ότι η αναστολή ανάπτυξης των βακτηρίων ήταν μεγαλύτερη, όταν οι καλλιέργειες μεταφέρονταν από την ατμόσφαιρα CO₂, αφού παρέμειναν σ' αυτήν για ένα χρονικό διάστημα, σε ατμόσφαιρα αέρα. Η παρατήρηση αυτή τον οδήγησε στη μείωση της συγκέντρωσης του CO₂ στο 25%, ποσοστό που ανέστειλε σχεδόν απόλυτα

την ανάπτυξη των μικροοργανισμών, γεγονός που δεν συνέβαινε όταν το ποσοστό του CO₂ ήταν 100%.

Η σύνθεση των αερίων ποικίλλει ανάλογα με το είδος του ψαριού ως προς τη λιποπεριεκτικότητα. Το οξυγόνο διατηρεί το βασικό μεταβολισμό και ελαχιστοποιεί την ανάπτυξη αναερόβιων μικροοργανισμών, το διοξείδιο του άνθρακα αναχαιτίζει τη δραστηριότητα βακτηρίων και μυκήτων, ενώ το άζωτο είναι χημικά ανενεργό και αποτρέπει την οξείδωση, την ανάπτυξη μυκήτων και τη ρύπανση από έντομα. Για άπαχα ψάρια έχει προταθεί μίγμα 30% O₂: 40% CO₂:30% N₂. (Marcilene *et al.*, 2003).

Για τη συσκευασία λιπαρών ή καπνιστών ψαριών χρησιμοποιούνται υψηλότερες συγκεντρώσεις CO₂, απουσία οξυγόνου (40% N₂ και 60% CO₂). Η απουσία του οξυγόνου επιβραδύνει την οξειδωτική τάγγιση στο ψάρι (Özogul & Özogul ., 2006).

1.3.1. Το Διοξείδιο του Άνθρακος (CO₂)

Το CO₂ έχει ισχυρό ανασταλτικό αποτέλεσμα στη βακτηριακή ανάπτυξη αν και ο πραγματικός μηχανισμός δεν είναι ακόμη κατανοητός. Είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικό απέναντι στους θετικά κατά Gram μικροοργανισμούς και των αερόβιων βακτηρίων (*Pseudomonas* spp.) (αποχρωματισμός και αλλοίωση οσμών σε κρέας, πουλερικά και ιχθυηρά). Ωστόσο το CO₂ δεν παρεμποδίζει την ανάπτυξη όλων των μικροοργανισμών. (Αρβανιτογιάννης, 2001β; Farber, 1991).

Σύμφωνα με τους (Daniels *et al.*, 1985; Farber, 1991):

αρκετές θεωρίες μπορούν να επεξηγήσουν τους τρόπους, όπου το CO₂ επηρεάζει τα βακτηριακά κύτταρα, οι πιο σημαντικοί είναι:

- Μεταβολή στη λειτουργία της κυτταρικής μεμβράνης, συμπεριλαμβανομένου την επίδραση των θρεπτικών
- Άμεση αναστολή των ενζύμων ή μείωση των ενζυματικών αντιδράσεων
- Διαπέραση των βακτηριακών μεμβρανών, οδηγώντας σε αλλαγές στο ενδοκυτταρικό pH
- Άμεσες μεταβολές στις φυσικοχημικές ιδιότητες των πρωτεϊνών

Είναι πιθανό, ο συνδυασμός όλων των παραπάνω δραστηριοτήτων, να κρίνει τη βακτηριοστατική επίδραση.

Το μέγιστο επιθυμητό αποτέλεσμα της αντιμικροβιακής δράσης των τροποποιημένων ατμοσφαιρών επιτυγχάνεται με τη συντήρηση των προϊόντων σε χαμηλές θερμοκρασίες, επειδή η διαλυτότητα του CO₂ μειώνεται καθώς η θερμοκρασία συντήρησης αυξάνεται.

Ο μηχανισμός δράσης του διοξειδίου του άνθρακα στους διάφορους ιστούς και τους οργανισμούς δεν είναι ακόμη επακριβώς γνωστός. Έχει αποδειχθεί ότι το CO₂ μειώνει το ενδοκυτταρικό pH των ιστών. Σε όλες τις περιπτώσεις που μελετήθηκαν, η έκθεση των ιστών στο CO₂ είχε ως αποτέλεσμα την ταχεία πτώση της τιμής του pH του ενδοκυτταρικού περιβάλλοντος, η οποία βρέθηκε ότι εξαρτάται από το είδος των ιστών, τη διαπερατότητα των κυτταρικών μεμβρανών, την ποσότητα του CO₂ που υπάρχει στο περιβάλλον και από την παρουσία ή απουσία διττανθρακικών αλάτων (Turin and Warner, 1977; Parry, 1993).

Η παρουσία του CO_2 και του HCO_3^- επιδρά αποφασιστικά στις ιδιότητες της κυτταρικής μεμβράνης. Επίσης έχει αποδειχθεί ότι η παρουσία CO_2 επιταχύνει τη δράση της αδενοσινοτριφωσφατάσης ATPase των μιτοχονδρίων (Βαρελτζής, 1999).

Προβλήματα που μπορεί να προκύψουν από την παρουσία μεγάλων ποσοτήτων CO_2 είναι η κατάρρευση της συσκευασίας (παρουσία υψηλών ποσοτήτων υγρασίας ή λίπους επιταχύνεται), ο αποχρωματισμός και η έντονα όξινη γεύση (Αρβανιτογιάννης, 2001β).

Για τη συσκευασία χρησιμοποιούνται διάφορες πολυμερείς ύλες (πλαστικές σακούλες ή περιέκτες) με μικρή διαπερατότητα στα χρησιμοποιούμενα αέρια. Η παροχή των αερίων στη συσκευασία επιτυγχάνεται με απλές μηχανές ή με συστήματα συνεχούς λειτουργίας. Επιβάλλεται, ο συνεχής έλεγχος και του μίγματος των αερίων αλλά και της αναλογίας του όγκου των ψαριών προς τον όγκο του μίγματος των αερίων (ελάχιστη αναλογία 1/3: ψάρια / αέριο). Ο έλεγχος των αερίων στο μίγμα γίνεται με δειγματοληψία σε τακτά χρονικά διαστήματα και ανάλυση με τεχνικές αέρας χρωματογραφίας (Gathwaite, 1992).

Το διοξείδιο του άνθρακα διαπερνά τις μεμβράνες συσκευασίας έως 30 φορές πιο γρήγορα από ό,τι το άζωτο και περισσότερο λιπο- και υδατοδιαλυτό, με τη διαλυτότητά του να αυξάνεται καθώς η θερμοκρασία μειώνεται. Οι παράγοντες αυτοί οδηγούν σε μείωση της πίεσης στο εσωτερικό της συσκευασίας που έχει αποτέλεσμα την τάση της συσκευασίας να «ξεφουσκώνει», οπότε τα τοιχώματά της συρρικνώνονται και εφάπτονται στο προϊόν.

Η διάλυση του CO₂ στην επιφάνεια του προϊόντος και η παραγωγή ασθενούς ανθρακικού οξέος έχει πολλές φορές ως αποτέλεσμα την πτώση της τιμής του pH και επομένως τη μείωση της ικανότητας συγκράτησης νερού (ΙΣΥ) των πρωτεϊνών. Παρατηρείται λοιπόν έξοδος μικρής ποσότητας οπού από τη συσκευασία που αντιμετωπίζεται με την τοποθέτηση σε αυτήν απορροφητικής κυτταρικής μεμβράνης κάτω από το προϊόν (Βαρελτζής, 1999).

1.3.2. Το Οξυγόνο (O₂):

Τα τρόφιμα αλλοιώνονται εξαιτίας φυσικών, χημικών και μικροβιολογικών παραγόντων. Η παρουσία του O₂ προκαλεί την ανάπτυξη των αερόβιων βακτηρίων και ενδέχεται να αναστείλει την ανάπτυξη των αποκλειστικά αναερόβιων βακτηρίων, παρόλο που οι αναερόβιοι μικροοργανισμοί παρουσιάζουν διαφορετικά επίπεδα ευαισθησίας στο οξυγόνο (Farber, 1991). Το O₂ είναι ίσως το πιο σημαντικό αέριο που χρησιμοποιείται για το μεταβολισμό των αερόβιων μικροοργανισμών και φυτικών ιστών. Επίσης συμμετέχει σε μερικές ενζυμικές αντιδράσεις όπως στην οξυγόνωση της μυογλουβίνης στο κρέας, στην οξείδωση του λίπους και στην οξείδωση ευαίσθητων βιταμινών και αρωμάτων. Η παρουσία οξυγόνου μπορεί να προκαλέσει δυσοσμία, λόγω οξείδωσης, σε ψάρια με υψηλή ποσότητα λιπιδίων. Σε γενικές γραμμές είναι επιθυμητή η απομάκρυνση του O₂ και μόνο σε ορισμένες περιπτώσεις όπως φρούτα, λαχανικά και σε λευκό ψάρι είναι επιθυμητή η παρουσία του (Marcilene *et al*, 2003; Fagan *et al.*, 2004).

1.3.3. Το Άζωτο (N_2):

Είναι ένα αδρανές αέριο, με μικρής διαλυτότητα τόσο στο νερό όσο και στα λίπη. Ακόμη, χρησιμοποιείται για αντικατάσταση του O_2 , ώστε να επιβραδύνει την οξειδωτική τάγγιση και αναστέλλει την ανάπτυξη των αερόβιων μικροοργανισμών (Farber, 1991). Επιπρόσθετα, εξαιτίας της μικρής διαλυτότητας, χρησιμοποιείται ως αέριο πλήρωσης και είναι πιθανό να εμποδίσει την κατάρρευση της συσκευασίας, η οποία προκαλείται από απορρόφηση CO_2 .

1.3.4. Το Μονοξείδιο του Άνθρακος (CO)

Έχει βρεθεί ότι η παρουσία του CO έχει ευεργετικό χαρακτήρα στη διατήρηση του ερυθρού χρώματος του κρέατος εξαιτίας του σχηματισμού καρβοξυμυογλουβίνης. Ωστόσο δεν έχει χρησιμοποιηθεί σε βιομηχανική κλίμακα λόγω του τοξικού χαρακτήρα του. Το CO έχει ελάχιστα ανασταλτικό αποτέλεσμα στη δράση των μικροοργανισμών (Αρβανιτογιάννης, 2001β).

1.3.5. Μίγματα Αερίων

Τα μίγματα αερίων που χρησιμοποιούνται στην συσκευασία MAP εστιάζονται στις ακόλουθες τρεις κατηγορίες:

- ❖ Αδρανές περίβλημα (N_2),
- ❖ Ημιαδρανές περίβλημα (N_2 , CO_2 ή N_2 , CO_2 , O_2),
- ❖ Πλήρως αντιδρών περίβλημα (CO_2 , O_2 ή CO_2).

Η επιλογή της καθεμιάς από τις παραπάνω κατηγορίες αερίων εξαρτάται από τη φύση των προς συσκευασία τροφίμων (Αρβανιτογιάννης, 2001β).

Πίνακας 1.2 Προτεινόμενα μίγματα αερίων για τρόφιμα συσκευασμένα υπό MAP

ΠΡΟΪΟΝ	% O ₂	% CO ₂	% N ₂
Ερυθρό κρέας	60-85	15-40	-
Πουλερικά	-	25	75
Σολωμός	20	60	20
Ψάρια (λευκά)	30	40	30
Ψάρια (σε λάδι)	-	60	40
Φρούτα & λαχανικά	3-5	3-5	85-95
Άρτος	-	6-70	30-40
Σκληρό τυρί	-	100	-
Μαλακό τυρί	-	30	30-40
Αποξηραμένα τρόφιμα	-	-	100

Πηγή: Αρβανιτογιάννης (2001β). Στοιχεία τεχνολογίας, μεταποίησης και συσκευασίας τροφίμων.

1.4. Η επίδραση της MAP στα ψάρια

Η αλλοίωση των ψαριών χωρίζεται σε τέσσερις φάσεις. Στην πρώτη φάση, το ψάρι χάνει τη φρεσκότητα του και η γεύση του γίνεται ανούσια, εξαιτίας της δράσης των εσωτερικών ενζύμων στη σάρκα του. Το τέλος της πρώτης φάσης είναι γνωστό ως ‘το τέλος της υψηλής ποιότητας της διάρκειας ζωής’. Κατά τη διάρκεια των σταδίων δύο και τρία ο αριθμός των βακτηρίων και τα προϊόντα τους αυξάνονται και στη φάση τέσσερα περιλαμβάνεται η αποσύνθεση του τροφίμου. Η MAP επιδρά λίγο στην επιδείνωση κατά την αλλοίωση του αλιεύματος στη φάση ένα (Huss, 1995).

Σε χαμηλές συγκεντρώσεις O_2 τα βακτήρια ανάγουν το ΤΜΑΟ σε τριμεθυλαμίνη (TMA) προκαλώντας μη επιθυμητές οσμές που προκαλούνται από τις αμίνες. Αυτός ο τύπος αλλοίωσης συμβαίνει συνήθως σε ψάρια ψυχρών νερών. Το βακτήριο *S. putrefaciens* παράγει, επίσης, H_2S . Το pH των ψαριών είναι ουδέτερο κι έτσι, συμβάλλει στη μικροβιακή ανάπτυξη (O'Connor-Shaw & Reyes, 1999).

1.5. Η επίδραση της MAP στους παθογόνους μικροοργανισμούς

Λεπτομερής γνώση της δράσης της MAP στους παθογόνους μικροοργανισμούς δεν είναι εφικτή ιδιαίτερα ενόψει των προβλημάτων που έχουν πρόσφατα ανακύψει από την παρουσία παθογόνων, όπως *Listeria monocytogenes* και *Yersinia enterocolitica* (Gram & Huss, 1996).

Οι Dalgaard και συν., (1997) μελέτησαν την ανάπτυξη του *Photobacterium phosphoreum* υπό MAP σε φρέσκα ψάρια, μέσω είκοσι πειραμάτων που διεξήχθησαν στη Δανία. Οι μελετητές δεν ανίχνευσαν την παρουσία του *P. phosphoreum* σε ψάρια

του γλυκού νερού, παρά το γεγονός ότι βρέθηκε μεγάλη ανάπτυξη του μικροοργανισμού ($> 10^7$ cfu/g) σε όλα τα θαλασσινά είδη. Επίσης, ο Dalgaard κ.ά. (1993, 1995), υποστηρίζουν ότι το *P. phosphoreum* είναι το πιο συχνά απαντώμενο βακτήριο σε συσκευασία κενού και τροποποιημένη ατμόσφαιρα σε φιλέτα μπακαλιάρου (*Gadus morhua*) αποθηκευμένα στους 0°C.

Ακόμη, σύμφωνα με τους Dalgaard και συν., (1993: 1995: 1998), το *P.phosphorium* είναι το πιο κοινό βακτήριο στην υπό κενό συσκευασία και στην MAP (μίγμα CO₂/N₂), σε φιλέτα μπακαλιάρου (*Gadus morua*) αποθηκευμένα σε 0°C.

Υψηλές συγκεντρώσεις CO₂ έχει βρεθεί ότι έχουν παρεμποδιστικό αποτέλεσμα σε *Staphylococcus aureus*, σε είδη *Salmonella*, *Esherichia coli* και *Yersinia enterocolitica*. Ο βαθμός παρεμπόδισης αναστολής αυξάνει με ελάττωση θερμοκρασίας. Ωστόσο η μεγαλύτερη πηγή προβλημάτων είναι η πιθανή ανάπτυξη του *Clostridium botulinum* τύπου E το οποίο είναι ικανό να αναπτυχθεί σε θερμοκρασίες ψύξης και σε αναερόβιες συνθήκες (Αρβανιτογιάννης, 2001β). Ακόμη μελετήθηκαν οι μεταβολές σε νωπό και μαγειρεμένο surimi εμβολιασμένο με 10^3 σπόρια *L.monocytogenes* και 10^4 σπόρια του *Clostridium botulinum* τύπου E. Όλα τα προϊόντα συσκευάστηκαν υπό ατμοσφαιρικό αέρα με διαπερατότητα σε οξυγόνο και αποθηκεύτηκαν σε 4 και 12°C για 28 ημέρες. Η αναφερθείσα καταμέτρηση των βακτηρίων του *Bacillus* spp και των γαλακτικών οξέων σε νωπά σφαιρίδια αυξήθηκε από 10^2 σε 10^7 cfu/g, αντιστοίχως (Lyver *et al.*, 1998a,b).

Ιδιαίτερα επικίνδυνη θεωρείται η παραγωγή τοξίνης στο προϊόν προτού μάλιστα πιθανή αλλοίωση είναι ανιχνεύσιμη από τον καταναλωτή. Επιπρόσθετα, ενδείκνυται η

αποθήκευση του τροφίμου σε χαμηλές θερμοκρασίες ($<3,3^{\circ}\text{C}$) και σε ατμόσφαιρες που περιέχουν τουλάχιστον 2% CO_2 , ώστε να αποφευχθεί η ανάπτυξη του *Clostridium botulinum* τύπου E (Αρβανιτογιάννης, 2001β).

Επιπρόσθετα, για το *Clostridium*, πολλοί ερευνητές όλο και περισσότερο ενδιαφέρονται για την ενδεχόμενη αύξηση του σε MAP. Αυτή η ανησυχία είναι εύλογη, εξαιτίας της παθογενούς σημαντικότητας αυτών των μικροοργανισμών.

Το *Clostridium perfringens*, είναι ο παράγοντας που προκαλεί γαστρεντερικές διαταραχές. Ακόμη, το *Clostridium botulinum*, όπως προαναφέρθηκε παράγει μια νευροτοξίνη που προκαλεί παράλυση στο πρόσωπο και ταξινομείται σε τύπους A, B, C, D, E, F και G. Οι τύποι A, B και F είναι σημαντικοί για τους ανθρώπους (Hintlian & Hotchkiss, 1986).

Οι Debevere και Boskou (1996) αποτίμησαν τη συμπεριφορά της μικροχλωρίδας σε μπακαλιάρο (*Gadus morhua*) αποθηκευμένο στους 6°C , κάτω από διαφορετική σύσταση MAP (60% CO_2 : 10% O_2 : 30% N_2 , 60% CO_2 : 20% O_2 : 20% N_2 , 60% CO_2 : 30% O_2 : 10% N_2 , 60% CO_2 : 40% O_2). Οι συγγραφείς παρατήρησαν ότι ο συνδυασμός 60% CO_2 , 40% O_2 MA παρουσίασε απαγορευτική επίδραση στην ανάπτυξη της μικροχλωρίδας και στη δράση της τριμεθυλαμίνης, μειώνοντας τον αριθμό των κυττάρων του *P. phosphoreum*.

Φιλέτα μπακαλιάρου (*Gadus morhua*) συντηρήθηκαν σε ατμοσφαιρικό αέρα στους 0°C για μία έως οκτώ ημέρες πριν από τη συσκευασία υπό MAP και ψυαθέντα αποθηκεύθηκαν στους -20 και -30°C για έξι εβδομάδες. Έπειτα εκτιμήθηκαν από τον Boknaes κ. (2000). Διαπιστώθηκε η παρουσία του *P. phosphoreum* σε 2.3 και 5.8 cfu/

στους 0°C g μετά από μία και οκτώ ημέρες αντίστοιχα. Η αποθήκευση στους 20 και 30°C μείωσε το σύνολο των *P. phosphoreum* κάτω από τα μη ανιχνεύσιμα όρια. Μόνο τα φιλέτα που συντηρήθηκαν για οκτώ ημέρες στους 0°C και μετά στους 30°C, έδειξαν αξιοσημείωτη αύξηση των *P. phosphoreum*, όπως ακριβώς σε ποσότητες TMA κατά τη διάρκεια απόψυξης στους 2°C.

Οι Debevere και Boskou (1997, 1998) μελέτησαν *in vitro* την επίδραση των εσωτερικών και εξωτερικών παραγόντων στην αλλοίωση μπακαλιάρου (*Gadus morhua*) υπό MAP (60%CO₂/30%O₂/10%N₂) από *Shewanella putrefaciens*. Οι συγγραφείς παρατήρησαν ότι η αύξηση της ποσότητας του CO₂ ($\geq 50\%$) παρεμποδίζει την ανάπτυξη του *S. putrefaciens* και μειώνει την παραγωγή τριμεθυλαμίνης. Έτσι, πρότειναν το συνδυασμό 60–70%CO₂ και 30–40%O₂ που αναστέλλει την παραγωγή τριμεθυλαμίνης από το *Shewanella* spp.

Οι Davis και Slade (1995) μελέτησαν την ανάπτυξη και την επιβίωση των *Aeromonas* spp. και *Yersinia enterocolitica* στον μπακαλιάρο (*Gadus morhua*) και στην πέστροφα (*Oncorhynchus mykiss*) κάτω από διαφορετικές συνθήκες MAP (60%CO₂/40%N₂, 40%CO₂/30%N₂/30%O₂ και 60%CO₂/40%N₂, 80%CO₂/20%N₂) και αποθηκευμένα στους 0,5 και 12°C αντίστοιχα. Οι συγγραφείς παρατήρησαν καλύτερη μείωση στην ανάπτυξη των μικροοργανισμών κάτω από ατμόσφαιρα πλούσια σε CO₂ και πολύ χαμηλές θερμοκρασίες.

Η ανάπτυξη των *Listeria monocytogenes* και *Aeromonas hydrophila* σε συσκευασία φιλέτων γατόψαρου (*Ictalurus punctatus*) υπό κενό και αποθηκευμένων στους 4°C για δεκαέξι ημέρες, μελετήθηκε από τον Leung και συν., 1992. Δεν

παρατηρήθηκε κάποια αύξηση στον πληθυσμό του *Listeria monocytogenes*, ενώ αντίθετα μια ταχεία αύξηση παρατήρησαν μια γρήγορη αύξηση στον πληθυσμό του *A. hydrophila* σε προϊόντα που συσκευάστηκαν κάτω από ατμοσφαιρικό αέρα.

Οι Post και συν., 1985 μελέτησαν την παραγωγή τοξίνης από τον τύπο E *C. botulinum* στο μπακαλιάρο (*Gadus morhua*), στη μουρούνα (*Merluccius bilinearis*) και στο πλατύψαρο (*Limanda ferrugina*) που συσκευάστηκαν σε διαπερατή από τον ατμοσφαιρικό αέρα μεμβράνη, υπό κενό και συσκευασίες N₂ και CO₂ και αποθηκεύτηκαν στους 8°, 12° και 26°C, αντίστοιχα. Αναφέρθηκε ότι το πλατύψαρο αλλοιώθηκε γρήγορα και ήταν οργανοληπτικά απορριπτέο πριν την παραγωγή τοξινών υπό συσκευασία κενού και στα δείγματα υπό MAP που αποθηκεύτηκαν στους 12 και στους 8°C. Από την άλλη πλευρά, η παραγωγή τοξινών στον μπακαλιάρο και στη μουρούνα συνέβη ταυτόχρονα με την οργανοληπτική απόρριψη.

Οι Reddy και συν., (1996, 1997a,b) υπολόγισαν την πιθανή παραγωγή τοξίνης του *C. botulinum* τύπου E σε φιλέτα εκτρεφόμενης τιλάπιας (*Tillapia* spp), γατόψαρου (*Ictalurus punctatus*) και σολομού (*Salmo* spp.) πακεταρισμένων με ενισχυμένη μεμβράνη υπό 100% ατμοσφαιρικό αέρα, MAP (75%CO₂/25%N₂) και κενό, στους 4, 8 και 16°C, αντίστοιχα. Οι ερευνητές παρατήρησαν μείωση στη διάρκεια ζωής των συσκευασμένων φιλέτων σε όλες τις ατμόσφαιρες και πολύ περισσότερο κατά την αύξηση της ατμόσφαιρας από 4°C σε 16°C. Στους 16°C η παραγωγή τοξίνης ξεπέρασε την αισθητική απόρριψη των φιλέτων σολομού σχεδόν ταυτόχρονα με το γατόψαρο. Ακόμη, στους 8°C, η παραγωγή της τοξίνης συνέπεσε με την απόρριψη των φιλέτων σολομού. Στους 4°C, το στάδιο της απόρριψης προηγήθηκε της παραγωγής τοξινών.

Ο Cai και συν., (1997) εισήγαγαν, σε συσκευασμένα γατόψαρα (*Ictalurus punctatus*) με μεμβράνη διαπερατή από O_2 , τέσσερα στελέχη *C. botulinum* τύπου E, σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα, σύστασης 80% CO_2 και 20% N_2 και τα αποθήκευσαν στους 4°C. Η παραγωγή τοξινών ανιχνεύθηκε έπειτα από 9 και 18 ημέρες, στις συσκευασίες με τη διαπερατή μεμβράνη και σε εκείνα με την MAP, αντίστοιχα. Η αλλοίωση προηγήθηκε της παραγωγής τοξινών για όλες τις μεθόδους.

Ακόμη, στη μελέτη για την ανάπτυξη και την επιβίωση των *Aeromonas* spp. και της *Yersinia enterocolitica* στον κοινό μπακαλιάρο και στην πέστροφα (*Oncorhynchus mykiss*) υπό διαφορετική σύσταση MAP [(60% CO_2 /40% N_2 ; 40% CO_2 /30% N_2 /30% O_2) και (60% CO_2 /40% N_2 ; 80% CO_2 /20% N_2)], αντιστοίχως, αποθηκευμένα σε 0, 5 και 12 °C αντιστοίχως, παρατηρήθηκε πολύ μεγάλη μείωση στην ανάπτυξη των μικροοργανισμών υπό MAP εμπλουτισμένες με CO_2 και σε χαμηλές θερμοκρασίες (Davis & Slade 1995).

1.6. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της MAP

Η χρησιμοποίηση της MAP στη συντήρηση των αλιευμάτων εκτός από πλεονεκτήματα έχει και ορισμένα μειονεκτήματα, τα σπουδαιότερα από τα οποία είναι:

α.. Αλλαγή στη σύνθεση των αερίων, που οφείλεται στη δραστηριότητα των ενζύμων της σάρκας και των μικροοργανισμών.

β. Αλλαγή της ατμόσφαιρας, όταν η συσκευασία ανοιχθεί.

γ. Κατά τη διάρκεια της συντήρησης παράγονται ορισμένες δυσάρεστες οσμές, που γίνονται αμέσως αντιληπτές κατά το άνοιγμα της συσκευασίας (Βαρελτζής, 1999).

Για την αποφυγή των μειονεκτημάτων αυτών επινοήθηκε το σύστημα συντήρησης με εμπλουτισμένες ατμόσφαιρες CO₂ συνεχούς ροής (Carbon dioxide enriched controlled flow-through atmospheres). Με το σύστημα αυτό η ατμόσφαιρα των αερίων παραμένει σταθερή. Επιπρόσθετα, οι δυσάρεστες οσμές, που παράγονται στη διάρκεια της συντήρησης, απομακρύνονται με τη ροή των αερίων (Oberlender *et al.*, 1983).

Η ταχεία ανάπτυξη της αγοράς για προϊόντα MAP απέδειξε στην πράξη ότι τα πλεονεκτήματα της MAP είναι πολύ πιο σημαντικά από τα αντίστοιχα μειονεκτήματα. Στη συνέχεια θα παρουσιαστούν πρώτα τα πλεονεκτήματα και στη συνέχεια τα μειονεκτήματα της συσκευασίας αυτής.

1.6.1. Πλεονεκτήματα της συσκευασίας αυτής

1. Παράταση διάρκειας ζωής με αποτέλεσμα τη λιγότερη συχνή μετακίνηση των προϊόντων από τους αποθηκευτικούς χώρους στα ράφια έκθεσης
2. Ελαχιστοποίηση του αριθμού των ακατάλληλων προϊόντων
3. Βελτιωμένη παρουσίαση – καθαρή εικόνα του προϊόντος και ορατότητα του από όλες τις οπτικές γωνίες
4. Υγιεινή συσκευασία, που μπορεί να τοποθετηθεί η μία επί της άλλης, με ερμητικό σφράγισμα και χωρίς να παρουσιάζει το φαινόμενο αποβολής υγρών ή απελευθέρωσης οσμών
5. Εύκολος διαχωρισμός προϊόντων
6. Ελάχιστη ή καθόλου χρήση χημικών συντηρητικών

7. Διερεύνηση της των προϊόντων και ελαχιστοποίηση του κόστους μεταφοράς
χάρη στις λιγότερο συχνές παραδόσεις
8. Κεντρική μονάδα συσκευασίας και ελέγχου
9. Ελάττωση του κόστους παραγωγής και αποθήκευσης, αφού γίνεται καλύτερη
αξιοποίηση του εργατικού δυναμικού, του εργοστασιακού χώρου και του
εξοπλισμού

1.6.2. Μειονεκτήματα της συσκευασίας MAP

1. Υψηλό κόστος κεφαλαίου για προμήθεια εξοπλισμού για MAP
2. Κόστος αερίων και υλικών συσκευασίας
3. Κόστος αναλυτικού εξοπλισμού για έλεγχο της σωστής σύστασης του μίγματος
αερίων
4. Κόστος του συστήματος διασφάλισης ποιότητας ώστε να αποφευχθούν διαρροές
5. Αύξηση του όγκου της συσκευασίας θα επηρεάσει αντίστοιχα το κόστος
μεταφοράς και τον απαιτούμενο χώρο για έκθεση του προϊόντος
6. Πιθανή αύξηση παθογόνων που απαντώνται στα τρόφιμα λόγω πλημμελούς
τήρησης της θερμοκρασίας αποθήκευσης
7. Τα πλεονεκτήματα της MAP παύουν να υφίστανται με το άνοιγμα της
συσκευασίας.

Η επιτυχημένη συσκευασία της MAP εξαρτάται από πληθώρα παραγόντων, οι οποίοι εστιάζονται στα ακόλουθα (Soccol and Oetterer 2003):

- ✓ Καλής ποιότητας πρώτη ύλη
- ✓ Καλές πρακτικές υγιεινής κατά την αλιεία
- ✓ Επιλογή του κατάλληλου υλικού συσκευασίας
- ✓ Ασφαλής εξοπλισμός συσκευασίας
- ✓ Καλή διατήρηση και έλεγχος της θερμοκρασίας
- ✓ Κατάλληλο μίγμα αερίων για το προϊόν και σωστή αναλογία αερίου/προϊόντος

Πιο συγκεκριμένα:

Για την επιτυχημένη συντήρηση των ψαριών σε τροποποιημένες ατμόσφαιρες υπό ψύξη είναι οι εξής:

- Να χρησιμοποιούνται πάντα πολύ νωπά ψάρια
- Πριν τη συσκευασία η θερμοκρασία του προϊόντος δεν πρέπει να υπερβαίνει τους 2°C
- Η συσκευασία να γίνεται σε χώρους όπου να μην υπερβαίνει τους 12°C και αμέσως μετά το προϊόν να αποθηκεύεται το συντομότερο σε $\theta < 2^{\circ}\text{C}$
- Προσδιορισμός της καταλληλότητας του μίγματος ανάλογα με το είδος των ψαριών ή άλλων αλιευμάτων που πρόκειται να συσκευασθούν
- Έλεγχος της αναλογίας του μίγματος 1/3 (ιχθείς/αέριο) (Gathwaite, 1992), πριν χρησιμοποιηθεί και μετά τουλάχιστον ωριαία

- Η θερμοκρασία της αλυσίδας ψύξης του προϊόντος κατά τη μεταφορά – διανομή – πώληση πρέπει να είναι από 0-2°C
- Η θερμοκρασία του προϊόντος του χώρου που θα συντηρηθεί το προϊόν θα πρέπει να ελέγχεται συνεχώς, ώστε να είναι δυνατή η καταγραφή παρεκκλίσεων από το ανώτερο όριο θερμοκρασίας που έχει καθοριστεί για το αντίστοιχο προϊόν
- Έλεγχος της ετικέτας ως προς την ημερομηνία πώλησης ή κατανάλωσης ώστε να ανταποκρίνεται στις προδιαγραφές του συγκεκριμένου προϊόντος

Τα προϊόντα που συντηρούνται υπό ψύξη με τη χρήση τροποποιημένων ατμοσφαιρών είναι περισσότερο ελκυστικά και στους πωλητές, λόγω μεγαλύτερης διάρκειας ζωής, αλλά και στους καταναλωτές λόγω της καθαριότητας και της ευκολίας στη χρήση τους. Η ποιότητα όμως αυτών των προϊόντων εξαρτάται από τη διατήρηση της ενδεδειγμένης θερμοκρασίας κατά την παραγωγή, μεταφορά και αποθήκευση της πρώτης ύλης και του τελικού προϊόντος (Garthwaite, 1997; Βαρελτζής, 1999).

1.7. Γαρίδες

Οι γαρίδες ανήκουν στην τάξη Δεκάποδα (Decapoda), η οποία περιλαμβάνει περίπου 10.000 αρτίγονα είδη, που αντιπροσωπεύουν το 1/4 των γνωστών ειδών του υποφύλου των Καρκινοειδών (Crustacea) (Ruppert & Barnes, 1993).

Η οικογένεια Penaeidae περιλαμβάνει το μεγαλύτερο αριθμό ειδών των Decapoda Natantia (δεκάποδα κολυμβητικά), με μεγάλη εμπορική αξία (Holthuis, 1980). Η οικογένεια αυτή περιλαμβάνει 26 γένη (Pérez Farfante & Kensley, 1997) στα οποία

εντάσσονται 109 είδη (Holthuis, 1987). Τα είδη αυτά έχουν τροπική και υποτροπική διανομή, και πολλά από αυτά έχουν σημαντική θέση στην τροφική αλυσίδα των ωκεανών. Σχεδόν όλα τα μεσογειακά είδη είναι βενθικά και ζουν στην ηπειρωτική υφαλοκρηπίδα, δηλαδή μέχρι τα 200 m περίπου βάθος. Στη Μεσόγειο η οικογένεια Penaeidae περιλαμβάνει 14 είδη, ενώ η υποοικογένεια Penaeinae 10 είδη. Από τα είδη της υποοικογένειας αυτής μόνο τα *Melicertus kerathurus* και *Parapenaeus longirostris* είναι ενδημικά της Μεσογείου, ενώ τα άλλα 8 έχουν Ινδο-Ειρηνική προέλευση και έχουν μεταναστεύσει στη Μεσόγειο διαμέσου της διώρυγας του Σουέζ και για το λόγο αυτό χαρακτηρίζονται ως Λεσεςπιανοί μετανάστες. Συγκεκριμένα, πρόκειται για τα είδη: *Penaeus semisulcatus*, *Marsupenaeus japonicus*, *Metapenaeus monoceros*, *Metapenaeus stebbingi*, *Trachypenaeus curvirostris*, *Metapenaeopsis vaillanti*, *Metapenaeopsis mogiensis consobrina* και *Metapenaeopsis aegyptia*.

Το γένος *Melicertus* περιλαμβάνει σε όλη την υδρόγειο 7 είδη, από τα οποία μόνο το είδος *Melicertus kerathurus* ζει στη Μεσόγειο, αλλά και στον Ανατολικό Ατλαντικό. Το είδος αυτό αρχικά είχε ενταχθεί στο γένος *Penaeus* και αργότερα στο υπογένο *Melicertus* του γένους *Penaeus*, δηλαδή ονομαζόταν *Penaeus (Melicertus) kerathurus*.

Πρόσφατα οι Pérez Farfante & Kensley (1997) άλλαξαν τη συστηματική κατάταξη του υπογένους *Melicertus* σε επίπεδο γένους, με αποτέλεσμα να ονομάζεται *Melicertus kerathurus*.

Συνώνυμα του είδους *Melicertus kerathurus* είναι: *Cancer kerathurus* Forskål, 1775· *Palaemon sulcatus* Olivier, 1811· *Alpheus trisulcatus* Leach, 1814· *Melicertus tigrinus* Rafinesque, 1814· *Penaeus trisulcatus* Leach, 1815· *Alpheus caramote* Risso, 1816·

Peneus mars Risso, 1816· *Penaeus caramote* Latreille, 1817· *Penaeus sulcatus* Lamark, 1818· *Alpheus punctulatus* Risso, 1822· *Peneus cristatus* Risso, 1827· *Pandalus punctulatus* Risso, 1827· *Pelias punctulata* Roux, 1831· *Ephyra punctulata* H. Milne Edwards, 1837· *Penaeus fasciatus* Hope, 1851· *Miersia punctulata* Carus, 1885.

Σύμφωνα με τους Pérez Farfante & Kensley (1997), η συστηματική κατάταξη του γένους *Melicertus* έχει σήμερα ως εξής:

ΦΥΛΟ:	Arthropoda
ΥΠΟΦΥΛΟ:	Crustacea
ΚΛΑΣΗ:	Malacostraca
ΥΠΟΚΛΑΣΗ:	Eumalacostraca
ΥΠΕΡΤΑΞΗ:	Eucarida
ΤΑΞΗ:	Decapoda
ΥΠΟΤΑΞΗ:	Dendrobranchiata
ΥΠΕΡΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ:	Penaeoidea
ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ:	Penaeidae
ΥΠΟΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ:	Penaeinae
ΓΕΝΟΣ:	<i>Melicertus</i>
ΕΙΔΟΣ:	<i>Melicertus kerathurus</i>

1.7.1. Μορφολογία, εξάπλωση και βιολογία του είδους *Melicertus kerathurus*

Το χαρακτηριστικό μορφολογικό γνώρισμα του είδους *Melicertus kerathurus* (Forskål, 1775), που το διακρίνει από τα άλλα είδη του γένους, είναι η ύπαρξη πίσω

από το ασπίδιο, στο ανώτερο μέρος του κεφαλοθώρακα, μιας οπισθοασπιδικής καρίνας που φέρει μια αύλακα.

Ο χρωματισμός της οπισθοασπιδικής καρίνας είναι αρκετά ποικίλος και διαφέρει ανάλογα με το φύλο. Τα αρσενικά είναι συχνά στιλπνά με ροζ εγκάρσιες ραβδώσεις στην κοιλιά. Τα θηλυκά είναι πρασινοκίτρινα ή γκριζοκίτρινα, με ραβδώσεις χαλκοπράσινες ή μωβ- καφέ. Τα ουροπόδια είναι συχνά γαλάζια προς την άκρη τους και περιβάλλονται από κόκκινο (Holthuis, 1987).

Το είδος *M. kerathurus* εξαπλώνεται γεωγραφικά από τη νότια ακτή της Αγγλίας στην ανατολική ακτογραμμή του Ατλαντικού έως την Αγκόλα, αλλά και στη Μεσόγειο θάλασσα (Holthuis, 1987: D'Udekem d'Acoz, 1999). Ιδιαίτερα στην Ελλάδα, το είδος είναι γνωστό από το Ιόνιο Πέλαγος, στον Αμβρακικό κόλπο (Κλαουδάτος, 1984: Conides *et al*, 2001a, 2001b) και το Αιγαίο Πέλαγος (Κούκουρας κ. α., 1997).

Η βαθυμετρική του εξάπλωση εκτείνεται μέχρι τα 90 m, αλλά συνήθως απαντάται μέχρι τα 40 m. Τα νεαρά άτομα συχνάζουν σε αβαθή, έναλα και υπόαλα ύδατα, μέχρι 5 m βάθος. Προτιμά υποστρώματα αμμώδη ή αμμοϊλυώδη (Holthuis, 1987: Κούκουρας κ. α., 1997: D'Udekem d'Acoz, 1999). Η εξάπλωση αλλά και οι μεταναστευτικές κινήσεις της *M. kerathurus* είναι συνάρτηση της θερμοκρασίας του ύδατος, του τύπου του υποστρώματος και της αλατότητας του ύδατος. Σημαντικότατος είναι και ο παράγοντας της επάρκειας της τροφής (Rodriguez, 1977, 1986: Κλαουδάτος, 1984). Η φύση του υποστρώματος όσον αφορά την κοκκομετρική του σύσταση, είναι καθοριστική για την παρουσία της γαρίδας *M. kerathurus*, αφού το είδος αυτό συνήθως παραμένει χωμένο στο αμμώδες ή αμμοϊλυώδες υπόστρωμα σε όλη τη διάρκεια της

ημέρας και εξέρχεται από αυτό κυρίως για την αναζήτηση τροφής με τη δύση του ήλιου και γενικά όταν η ένταση του σεληνιακού φωτός δεν είναι ισχυρή.

Η *M. kerathurus* απελευθερώνει τα αυγά της στην ανοιχτή θάλασσα (40 – 50 m βάθος) την Άνοιξη και οι προνύμφες μετακινούνται προς τις περιοχές μειωμένης αλατότητας (συνήθως στις εκβολές ποταμών), όπου οι διατροφικές συνθήκες είναι ευνοϊκές. Τα προνυμφικά στάδια της γαρίδας *M. kerathurus* είναι τρία: το στάδιο του ναυπλίου, της πρωτοζωής και της μύσιδος, τα οποία είναι όλα πλαγκτονικά, όπως είναι και μέρος του επόμενου σταδίου δηλαδή της μεταπρονύμφης. Στις εκβολικές περιοχές φτάνουν μέχρι το στάδιο της μεταπρονύμφης και έπειτα εγκαταλείπουν την πλαγκτονική διαβίωση και εγκαθίστανται ανοιχτά στο βυθό όπου η ανάπτυξή τους συνεχίζεται στο αμμώδες ή ιλυώδες βενθικό υπόστρωμα μέχρι το τέλος της ζωής τους. Η *M. kerathurus* μεταναστεύει στο βυθό της ανοιχτής θάλασσας συνήθως το Φθινόπωρο όπου διαχειμάζει, ωριμάζει και αργότερα ωοτοκεί. Η διάκριση του νεαρού σταδίου από το στάδιο του ενήλικου ατόμου βασίζεται σε οικολογικά κριτήρια. Γενικά, θεωρείται ότι τα νεαρά άτομα γίνονται ενήλικα από τη στιγμή που εγκαταλείπουν τις υφάλμυρες περιοχές των κλειστών κόλπων για την ανοικτή θάλασσα (Κλαουδάτος, 1984).

Εξαιτίας των διαφορετικών περιβαλλοντικών συνθηκών που μπορεί να επικρατούν στις περιοχές όπου ενδημεί η γαρίδα αυτή, η χρονική διάρκεια της αναπαραγωγικής περιόδου, ποικίλλει όπως ποικίλλει και ο χρόνος παραμονής των νεαρών ατόμων στις εκβολές (Rodriguez, 1977: Κλαουδάτος, 1984). Το μέγιστο ολικό μήκος των αρσενικών φτάνει στα 18 cm, ενώ των θηλυκών στα 22,5 cm. Το πιο

συνηθισμένο μήκος τους όμως είναι 8 - 14 cm για τα αρσενικά και 17 cm για τα θηλυκά (Holthuis, 1987).

Η γαρίδα *M. kerathurus* αλιεύεται παράκτια σε ολόκληρη τη Μεσόγειο. Η μεγάλη εμπορική της αξία θα πρέπει να αποδοθεί στο μεγάλο της μέγεθος και την εξαιρετική της γεύση. Η αλιεία της γίνεται με δίχτυα και σε ορισμένες περιπτώσεις με γρίππους (Γιουγκοσλαβία, Κύπρος, Τυνησία), κιούρτους (Δυτική Μεσόγειος, Βόρεια Αδριατική, Σικελία, Τυνησία) και με φραγμαδίχτυα (Τυνησία). Το είδος αυτό εμφανίζεται συχνά στις αγορές της Ισπανίας, Μαρόκου, Τυνησίας, Ν. Ιταλίας και Ελλάδας, ενώ σε άλλες περιοχές εμφανίζεται σποραδικά ή σπάνια. Εμπορεύεται νωπή ή κατεψυγμένη.

Καλλιεργείται κυρίως πειραματικά στην Ισπανία και τη Δ. Αδριατική, στη Λίμνη της Λεσίνα (Holthuis, 1987), επειδή πρόκειται για βραδυαυξές είδος. Στην Ελλάδα, τα δεδομένα που υπάρχουν για την αλίευση της γαρίδας είναι συγκεντρωτικά για τις γαρίδες *Melicertus kerathurus* και *Parapenaeus longirostris*. Οι μεγαλύτερες ποσότητες γαρίδων αλιεύονται από το Μάιο μέχρι το Σεπτέμβριο. Το 1995 αλιεύθηκαν 5.636 τόνοι. Περίπου 1.200 - 1.800 τόνοι είχαν εξαχθεί στη Γαλλία και σε άλλες ευρωπαϊκές χώρες. Τα βασικά αλιευτικά πεδία της *Melicertus kerathurus* είναι το Βόρειο Αιγαίο και κυρίως ο Θερμαϊκός κόλπος και το Θρακικό Πέλαγος (Kapiris, 1997).

Εξαιτίας της μεγάλης οικονομικής και εμπορικής σημασίας του είδους αυτού, η βιολογία του έχει μελετηθεί από πολλούς ερευνητές, οι οποίοι όμως εστίασαν τις έρευνες τους κυρίως στην ανάπτυξη του (Benmariem, 1995: Faranda *et al*, 1984: Rodriguez, 1977, 1986, 1987: Lagardère, 1977), την αναπαραγωγή του (Medina *et al*, 1996: Mourente, 1996: Benmariem, 1993: Rodriguez, 1981: Lumare, 1979), τις

μεταναστευτικές κινήσεις του (Ragonese & Giusto, 1998: Rodriguez, 1977, 1981, 1986, 1987: Lagardère, 1971) και τη φυσιολογία του (Mourente & Rodriguez, 1997: Mourente *et al*, 1995: Muñoz & Ceccaldi, 1987: Galyani & Benyamin, 1985: Galyani *et al*, 1984: Pierre *et al*, 1979: Muñoz, 1976: Torres, 1973), με στόχο τη δυνατότητα εκτίμησης και διαχείρισης των αποθεμάτων του, αλλά και την καλλιέργειά του.

Πληροφορίες για τη βιολογία του είδους αυτού στις ελληνικές θάλασσες και ειδικότερα για τη γεωγραφική εξάπλωση του, για τα διάφορα στάδια ανάπτυξης, για τις μεταναστευτικές μετακινήσεις, για την αναπαραγωγή, αλλά και τις δυνατότητες εκτροφής των μεταπρονυμφικών και νεαρών σταδίων στον Αμβρακικό κόλπο, έχουν προσκομιστεί από τον Κλαουδάτο (1978, 1979, 1984). Λίγες ακόμη πληροφορίες έχουν συλλεχθεί για την αναπαραγωγή, την εξάπλωση και την αλιευτική βιολογία της γαρίδας αυτής στον Αμβρακικό κόλπο, από τους Conides *et al*. (2001a, 2001b, 2002) και Kevrekidis & Thessalou (2001, 2002). Η εξάπλωση του *M. kerathurus* στις ελληνικές θάλασσες έχει αναφερθεί από τους Κούκουρας κ. α. (1997).

Αντίθετα, οι φυσικές τροφικές συνήθειες του είδους *M. kerathurus*, έχουν μελετηθεί ελάχιστα. Πιο συγκεκριμένα λίγες γενικές πληροφορίες για τη διαίτα της γαρίδας δίνει ο Lagardère 1971, οι San Feliu κ.ά. (1973) και ο Rodriguez (1977, 1987), στις ακτές του Μαρόκου, στο δέλτα του ποταμού Ebro στην Ιβηρική Χερσόνησο και στον κόλπο του Cadiz στον Ατλαντικό (Ισπανία), αντίστοιχα. Μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα της διαίτάς του από την ανάλυση του στομαχικού του περιεχομένου δημοσιεύτηκε από τους Scalera Liaci κ.ά., 1980, 1982 που μελέτησαν δείγματα από τη θάλασσα της Ginosa, στο Β.Δ. Ιόνιο. Ωστόσο, στην εργασία αυτή αναφέρονται μόνο οι

βασικές κατηγορίες λείας που βρέθηκαν στα στομάχια των ατόμων που εξετάστηκαν, χωρίς ποσοτική εκτίμηση. Για τις ελληνικές θάλασσες υπάρχουν πολύ λίγες και γενικές πληροφορίες όσον αφορά τη διαίτα του είδους. Συγκεκριμένα, ο Κλαουδάτος (1984) αναφέρει ότι οι μεταναστεύσεις του είδους συνδέονται με τις τροφικές ανάγκες του και ότι οι μεταπρονύμφες και τα νεαρά άτομα βρίσκονται σε περιοχές με άφθονους βενθικούς οργανισμούς όπως οι εκβολές των ποταμών, των οποίων η αφθονία οφείλεται στις ευνοϊκές τροφικές συνθήκες εξαιτίας των οργανικών θρυμμάτων που συγκεντρώνονται σε αυτές. Λεπτομερέστερη ανάλυση του τροφικού περιεχομένου του στομάχου του είδους αυτού έχει γίνει από τους Καρανή κ. ά. (2003). Η ανάλυση του στομαχικού περιεχομένου των ατόμων αυτών αποκάλυψε ένα ευρύ φάσμα κατηγοριών λείας: φύκη, τρηματοφόρα, σπόγγοι, ανθόζωα, νηματώδεις, σιφονοειδή, μαλάκια, δακτυλιοσκώληκες, καρκινοειδή, βρυόζωα, εχινodέρματα, χορδωτά. Τα ενήλικα άτομα καταναλώνουν περισσότερο μαλάκια και ακολουθούν οι δακτυλιοσκώληκες, τα εχινodέρματα και τα καρκινοειδή, ενώ καμία κατηγορία τροφής δεν χαρακτηρίστηκε ως προτιμητέα. Από τα παραπάνω προκύπτει ότι η *M. kerathurus* είναι ένα παμφάγο είδος. Η σύνθεση της διαίτας της εξαρτάται από την τοποθεσία και τη διαθεσιμότητα των τροφικών λειών. Τέλος, η διαίτα της γαρίδας δεν παρουσίασε διαφορά, ούτε μεταξύ των δύο φύλων ούτε σε σχέση με το μέγεθος για τα ενήλικα και νεαρά άτομα χωριστά.

1.8. Στατιστική ανάλυση δεδομένων

Στις θετικές και εφαρμοσμένες επιστήμες απαιτούνται πολλές φορές ερευνητικές διαδικασίες που περιλαμβάνουν στατιστικές αναλύσεις, οι οποίες χρησιμοποιούνται πλέον ευρέως για την ανάλυση των δεδομένων των πειραμάτων που διεξάγονται. Στην

παρούσα διατριβή οι αναλύσεις που λαμβάνουν χώρα είναι η ανάλυση των κύριων συνιστωσών, η ανάλυση κατά ομάδες και η διακριτική ανάλυση, οι οποίες περιγράφονται παρακάτω.

1.8.1. Ανάλυση κύριων συνιστωσών (Principal Components Analysis, PCA)

Η PCA είναι μια στατιστική τεχνική που εφαρμόζεται για να μετατρέψει γραμμικά μια ομάδα μεταβλητών σε μια μικρότερη ομάδα ανεξάρτητων μεταβλητών, η οποία αντιπροσωπεύει το μεγαλύτερο μέρος της παραλλακτικότητας της αρχικής ομάδας μεταβλητών που περιγράφουν ένα φαινόμενο. Αυτό επιτυγχάνεται προβάλλοντας σε κατανοητούς χώρους τις συντεταγμένες των μεταβλητών ή των γραμμών. Το πλεονέκτημα της PCA συνίσταται στην επεξεργασία μεγάλου μεγέθους πινάκων. Οι μεταβλητές που πρόκειται να επεξεργαστούν είναι όλες ποσοτικές, χωρίς όμως να έχουν απαραίτητα την ίδια μονάδα μέτρησης (Μαυρομάτης, 1999).

1.8.2. Ανάλυση κατά ομάδες (Cluster Analysis)

Η ανάλυση κατά ομάδες είναι μια πολυπαραμετρική μέθοδος που είναι κατάλληλη για την πρόβλεψη φυσικών ομαδοποιήσεων σε πειραματικά δεδομένα. Κατά την Cluster ανάλυση ένα σύνολο αντικειμένων κατατάσσεται σε υποομάδες αν και δεν είναι γνωστά ούτε ο αριθμός ούτε τα μέλη των υποομάδων. Τα αποτελέσματα της Ανάλυσης Ομαδοποίησης δείχνουν και την εσωτερική ομοιογένεια των δειγμάτων και την εξωτερική ανομοιογένεια μεταξύ των ομάδων (Punj and Stewart, 1983).

1.8.3. Διακριτική ανάλυση (Discriminant Analysis, DA)

Η διακριτική ανάλυση είναι μια στατιστική μέθοδος, η οποία επιτρέπει τη μελέτη των διαφορών μεταξύ δυο ή περισσότερων ομάδων που βασίζονται σε μεταβλητές που έχουν προσδιοριστεί στο κάθε άτομο. Στη διακριτική ανάλυση προσδιορίζονται οι γραμμικοί συνδυασμοί που διαχωρίζουν τις ομάδες των ατόμων. Αυτός ο γραμμικός συνδυασμός των αρχικών μεταβλητών προσδιορίζεται έτσι ώστε, να υπάρχει η μεγαλύτερη διακύμανση μεταξύ των ομάδων σε σχέση με την εντός των ομάδων διακύμανση (Cooley and Lohnes, 1971), δηλαδή μεγιστοποιείται ο λόγος:

$$F = \text{διακύμανση μεταξύ των ομάδων} / \text{διακύμανση εντός των ομάδων}$$

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1. Γενικά

Στην παρούσα πειραματική εργασία μελετήθηκαν τα παρακάτω: **α)** Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά (οργανοληπτικά και μικροβιολογικά) καθώς επίσης οι μηχανικές και χρωματομετρικές ιδιότητες, που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση της ποιότητας της νωπής γαρίδας (*M.kerathurus*). **β)** Η επίδραση των τρόπων συντήρησης (ψύξη και τροποποιημένη ατμόσφαιρα) στην αρχική ποιότητα της γαρίδας και στο να καθορισθεί ο καλύτερος τρόπος συντήρησης του προϊόντος. **γ)** Με βάση τις παραμέτρους που επιλέχθηκαν, διερευνήθηκε ο χρόνος συντήρησης του προϊόντος τόσο σε τροποποιημένες ατμόσφαιρες όσο και σε συνθήκες ατμόσφαιρας στους 3°C (συνθήκες ψύξης) επί 5 ημέρες, έτσι ώστε να παρασκευασθούν νέα προϊόντα υψηλής ποιότητας και μεγάλης αποδοχής.

Η συντήρηση των γαρίδων με τη μέθοδο της MAP περιλάμβανε τα αέρια N₂, CO₂ και O₂ τα οποία χρησιμοποιήθηκαν ως μίγμα αερίων σε δύο διαφορετικές συγκεντρώσεις. Με βάση το πρωτόκολλο που εφαρμόστηκε, οι αναλογίες των αερίων ήταν: (i) 60% CO₂ :40% N₂ και (ii) 92,9% N₂ :5.1% CO₂ :2%O₂. Το πείραμα έλαβε χώρα στις εγκαταστάσεις των τμημάτων Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, καθώς και Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής & Αγροτικού Περιβάλλοντος και για τη χρονική περίοδο Φεβρουαρίου-Ιουλίου (2008) του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και για τη χρονική περίοδο Ιουλίου 2008. Το μαλακόστρακο (δεκάποδο) που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα ήταν η γαρίδα (*M. kerathurus*).

Τα αποτελέσματα αναμένεται να αποδειχτούν χρήσιμα για άτομα που ασχολούνται με τη διακίνηση, συντήρηση και εμπορία νωπών και κατεψυγμένων ιχθυηρών, καθώς επίσης βιοτεχνίες και βιομηχανίες οι οποίες ασχολούνται με τη μεταποίηση και διάθεση ετοιμών προϊόντων στην κατανάλωση αλλά και οι καταναλωτές οι ίδιοι.

2.2. Μηχανολογικός εξοπλισμός

Ο μηχανολογικός εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε στο συγκεκριμένο πείραμα περιλάμβανε:

- ❖ Δύο φιάλες με διαφορετικές συγκεντρώσεις αερίων (60% CO₂ :40% N₂, 5.1% CO₂ :2% O₂ : (92,9) υπόλοιπο %N₂). Η προμήθεια των αερίων έγινε από την εταιρεία «AIR LIQUIDE» .
- ❖ Ένα φούρνο έψησης μάρκας Leonghi προέλευσης EEC.
- ❖ Μια συσκευή συγκόλλησης υλικών συσκευασίας, μάρκας Lovero κορεάτικης προέλευσης.
- ❖ Ένα ψυκτικό θάλαμο μάρκας PITSOS ελληνικής προέλευσης.
- ❖ Ένας φορητός αναλυτής αερίων GFM series (GAS DATA).



Εικόνα 2.1. : Φιάλες αερίων που χρησιμοποιήθηκαν



Εικόνα 2.2. : Συσκευή συγκόλλησης υλικών συσκευασίας



Εικόνα 2.3. Φούρνος που χρησιμοποιήθηκε για το βρασμό των γαρίδων



Εικόνα 2.4. Φορητός αναλυτής αερίων GFM series (GAS DATA)

2.3. Πειραματικό Σχεδιασμό

2.3.1. Μέθοδος προσδιορισμού μηχανικών ιδιοτήτων

Αυτή επιτυγχάνεται κυρίως με τη δοκιμή διάτρησης (Puncture test) που χρησιμοποιείται ευρύτατα, καθώς και με τη δοκιμή διάτμησης (Kramer Shear force

method) και δίνει πληροφορίες για τις μεταβολές της δομαιοσθησίας της σάρκας των ψαριών ή άλλων προϊόντων αλιευμάτων κατά τη διάρκεια συντήρησής τους. Η εκτέλεση της δοκιμής γίνεται με τα ειδικά όργανα που χρησιμοποιούνται και για τα νωπά αλιεύματα: το διατρητρόμετρο (Penetrometer) ή τη μονάδα διάτμησης του Kramer (Kramer Shear cell) που συνήθως είναι ενσωματωμένα σε ειδικά δυναμόμετρα (π.χ. Instron). Τα φυσικά μεγέθη που μετρούνται και μπορούν να δώσουν πληροφορίες για τη συνεκτικότητα της σάρκας των μεταποιημένων αλιευμάτων είναι τα ίδια με εκείνα που προσδιορίζονται στα νωπά αλιεύματα: η σκληρότητα, η ελαστικότητα, η αντοχή ρήξης και η δύναμη διάτμησης, κ.ά (Botta, 1995, Βαρελτζής, 1999).

Η αντοχή του κρέατος των γαρίδων μετριέται με συγκεκριμένη διαδικασία και κατάλληλο εξοπλισμό που παρατίθεται στα ακόλουθα λεπτομερώς.

- ❖ Η μέτρηση των μηχανικών ιδιοτήτων έγινε με το «*TA XT PLUS TEXTURE ANALYSER STABLE MICRO SYSTEMS*».

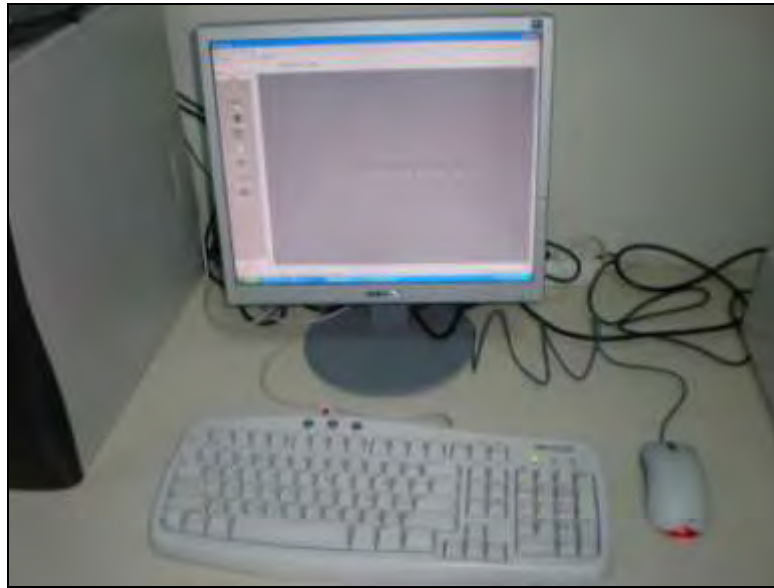


Εικόνα 2.5. Αναλυτής υφής

Διαδικασία

Η διαδικασία μέτρησης των μηχανικών ιδιοτήτων του κρέατος των γαρίδων περιγράφεται ως εξής:

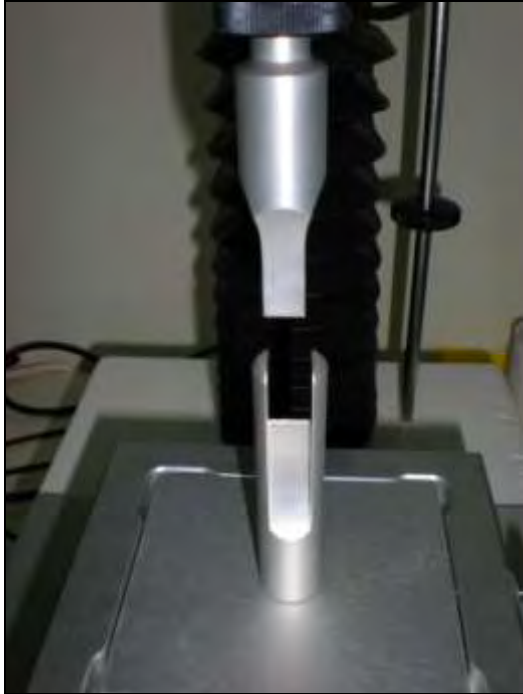
1. Για τις μετρήσεις απαιτούνται 2-3 γαρίδες (αναλόγως με το μέγεθος και κομμένες σε κομμάτια), από κάθε σακούλα και από κάθε μεταχείριση (διπλές μετρήσεις).
2. Ακολουθεί η μέτρηση της αντοχής του κρέατος τους. Οι τιμές που λαμβάνονται για κάθε δείγμα από τον αναλυτή υφής είναι μερικές εκατοντάδες και αφορούν τη δύναμη (force), το χρόνο (time) και τη μετατόπιση (distance).
3. Για να πραγματοποιηθεί ορθά η μέτρηση, απαιτείται η αρχική ακινητοποίηση του δείγματος πριν από την μετακίνηση του εμβόλου.
4. Το δείγμα μεταφέρεται στον αναλυτή υφής για να πραγματοποιηθεί η μέτρηση.
5. Αρχικά, τίθεται σε λειτουργία ο αναλυτής υφής και ο ηλεκτρονικός υπολογιστής με τον οποίο είναι συνδεδεμένη η συσκευή. Έπειτα απαιτείται διπλό κλικ στο εικονίδιο Texture Exponent 32 της επιφάνειας εργασίας του υπολογιστή.



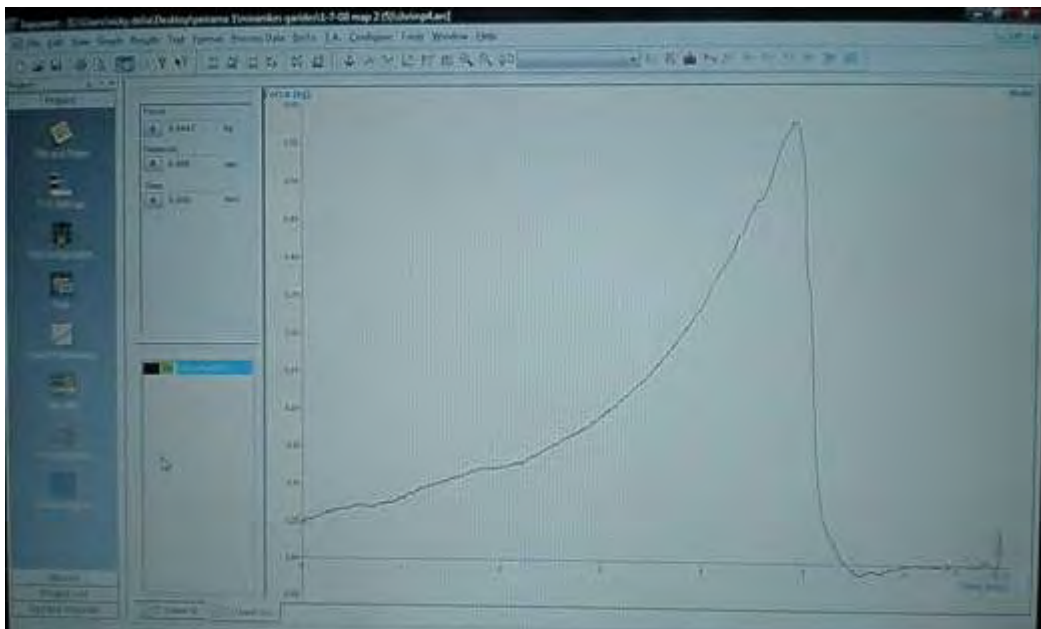
Εικόνα 2.6. Ηλεκτρονικός υπολογιστής συνδεδεμένος με τη συσκευή



Εικόνα 2.7. Πίνακας χειρισμού του αναλυτή υφής



Εικόνα 2.8. Έμβολα συσκευής για την πραγματοποίηση των μηχανικών μετρήσεων (από διαφορετική οπτική γωνία).



Εικόνα 2.9. Γραφική αναπαράσταση μέτρησης μηχανικών ιδιοτήτων ενός δείγματος γαρίδας

2.3.2. Η μέτρηση του χρώματος-Χρωματομετρία

Όπως έχει αναφερθεί, το χρώμα είναι μια φυσική ιδιότητα των σωμάτων, η οποία γίνεται μεν κατανοητή με απόλυτη ακρίβεια από το ανθρώπινο μάτι, πλην όμως δεν είναι δυνατό να μετρηθεί. Η ακρίβεια μέτρησης της ιδιότητας αυτής εξαρτάται όχι μόνο από την ακρίβεια διέγερσης των φωτοευαίσθητων κυττάρων του παρατηρητή, αλλά και από τον τρόπο φωτισμού και τις συνθήκες παρατήρησης. Έτσι ένας παρατηρητής με ορθή και οξεία όραση θα αντιλαμβάνεται κατά το ίδιο ποσοστό τυχόν αύξηση ή μείωση της έντασης του φωτός και για τα R (Red), G (Green) και B (Blue) πράγμα το οποίο όμως είναι σχεδόν αδύνατο.

Το αποτέλεσμα συνεπώς εντοπίζεται εκτός των άλλων και στην ικανότητα του φωτός να διεγείρει τα φωτοευαίσθητα κύτταρα, ώστε να λάβουν χώρα οι σωστές διεγέρσεις R, G και B. Χρωματομετρία (colorimetry) είναι η επιστήμη που ασχολείται με τον ποσοτικό προσδιορισμό και την φυσική περιγραφή της ανθρώπινης αντίληψης του χρώματος. Η χρωματομετρία ως επιστήμη εμφανίστηκε το 1930 από την Διεθνή Επιτροπή Φωτισμού CIE (*COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE*) με την διεξαγωγή πειραμάτων οπτικής. Τα χρωματομετρικά συστήματα της CIE είναι τα μόνα παγκοσμίως αποδεκτά για την μέτρηση του χρώματος με συνέπεια όλα τα διεθνή πρότυπα να είναι βασισμένα σε αυτά που ορίζονται από αυτή. Το χρώμα εκφράζεται από την CIE με μαθηματικές τιμές οι οποίες προκύπτουν από μαθηματικές εξισώσεις. Η προσπάθεια να προσδιοριστεί επακριβώς το χρώμα άρχισε στις αρχές του 19ου αιώνα με την δημιουργία *χρωματικών μοντέλων*, χώρων δηλαδή που σε κάθε χρώμα αντιστοιχούν αριθμητικές συντεταγμένες. Τελικά, περίπου το 1930, η CIE εισήγαγε το χρωματικό

μοντέλο RGB με βάση την αρχή των τριών διεγέρσεων του ανθρώπινου οφθαλμού στο κόκκινο (Red) στο πράσινο (Green) και στο μπλε (Blue).

Η ένταση του χρώματος των νωπών και μεταποιημένων αλιευμάτων μπορεί να εκτιμηθεί από τους δοκιμαστές, αλλά αντικειμενικές μετρήσεις του μπορούν να επιτευχθούν μόνο με τις ειδικές συσκευές: χρωματόμετρα που χρησιμοποιούν συνήθως τις μαθηματικές σταθερές χρώματος του Hunter ή σπεκτροφωτόμετρα, η λειτουργία των οποίων βασίζεται στις αρχές της μέτρησης του χρώματος που έχει καθορίσει η CIE (Commission Internationale de l' Eclairage) (Francis και Clydesdale, 1975, Clydesdale, 1998).

- ❖ Η μέτρηση των χρωματομετρικών παραμέτρων με το φορητό χρωματόμετρο Miniscan XE Plus, HunterLab.

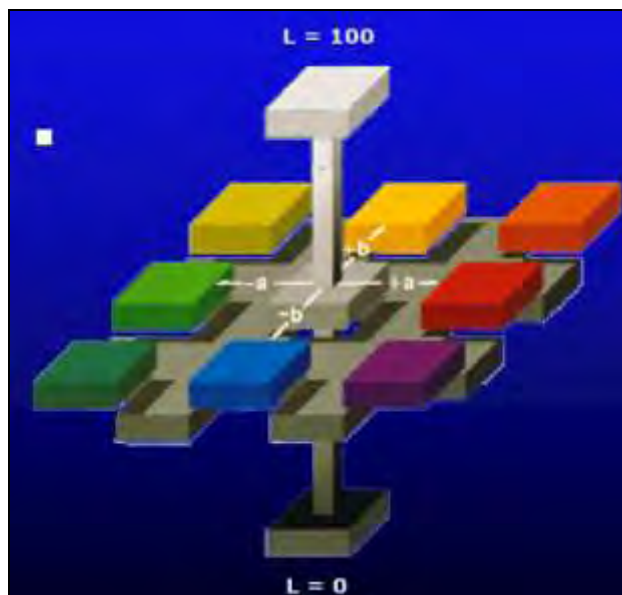


Εικόνα 2.10. Φορητό χρωματόμετρο Miniscan XE Plus, HunterLab.

Η μέθοδος έχει χρησιμοποιηθεί με επιτυχία για τη μέτρηση του χρώματος μεταποιημένων αλιευμάτων, π.χ. μαγειρεμένο σουρίμι, τόνος, προϊόντα καβουριού, καπνιστά ψάρια, κ.ά (Botta, 1995, Βασιλειάδου, 2002).

2.3.2.1. Το χρωματικό μοντέλο CIELab

Το χρωματικό μοντέλο CIELab ή L^* , a^* , b^* παρουσιάστηκε από την CIE το 1976. Πρόκειται για ένα ομοιόμορφο οπτικά χρωματικό χώρο (*uniform color space*) ο οποίος προσομοιάζει καλύτερα από όλα τα χρωματικά συστήματα ή μοντέλα στην ανθρώπινη αντίληψη των χρωματικών διαφορών. Το κάθε χρώμα περιγράφεται από 3 κανάλια ή συντεταγμένες ή παράγοντες όπως και στον χρωματικό χώρο RGB. Στο CIELab χρωματικό μοντέλο ή σύστημα οι χρωματικές συντεταγμένες ή χρωματικοί παράγοντες ονομάζονται L^* , a^* και b^* (γι' αυτό και η ονομασία) και απεικονίζονται σε τρισδιάστατο καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων. Ο παράγοντας L^* (Luminosity) αποθηκεύει όλη την πληροφορία φωτεινότητας της εικόνας παίρνοντας τιμές από 0 (μαύρο) έως 100 (λευκό) ενώ οι παράγοντες a^* και b^* την πληροφορία χρώματος χωρίς να υπάρχουν για αυτά κάποια αριθμητικά όρια. Θετικές τιμές του a^* αντιπροσωπεύουν αποχρώσεις του κόκκινου (Σχ. 2.1.), ενώ αρνητικές τιμές του a^* εντάσσονται στις αποχρώσεις του πράσινου. Τέλος, θετικές τιμές του b^* αντιπροσωπεύουν αποχρώσεις του κίτρινου. Αρνητικές τιμές b^* αντιστοιχούν αποχρώσεις του μπλε.



Σχήμα 2.1. Α. $L^*=100$ (λευκό)- $L^*=0$ (μαύρο) Β. a^* πράσινο / κόκκινο C. b^* μπλε /Κίτρινο

Το σημαντικότερο χαρακτηριστικό αυτού του χρωματικού μοντέλου είναι η ανεξαρτησία των πληροφοριών φωτεινότητας και χρώματος, που δίνει πάρα πολλές δυνατότητες. Ο παράγοντας L^* δηλαδή περιγράφει την άσπρη-μαύρη εκδοχή του προς εξέταση αντικειμένου με διευρυμένο συνήθως φάσμα. Το μοντέλο CIELab είναι ένας τεράστιος χρωματικός χώρος. Είναι υπερσύνολο και του RGB και του CMYK καθώς και όλων των άλλων χρωματικών μοντέλων. Αν φτάσουμε στα όριά του, προκύπτουν χρώματα πρωτόγνωρα ή εξωπραγματικά, έξω από τις δυνατότητες πολλών συσκευών απεικόνισης. Τέλος, πολύ σημαντικό είναι ότι το χρωματικό μοντέλο CIELab είναι 'device independent' ανεξάρτητο δηλαδή από ιδιότητες συσκευών καταγραφής ή απεικόνισης κάτι που δεν συμβαίνει με τα υπόλοιπα χρωματικά μοντέλα. Το χρωματικό μοντέλο που περιγράφεται CIELab, μπορεί να αναπαρασταθεί και σε κυλινδρικό σύστημα πολικών συντεταγμένων με το μοντέλο CIE L^*, C^*, h (Σχ.2.2).

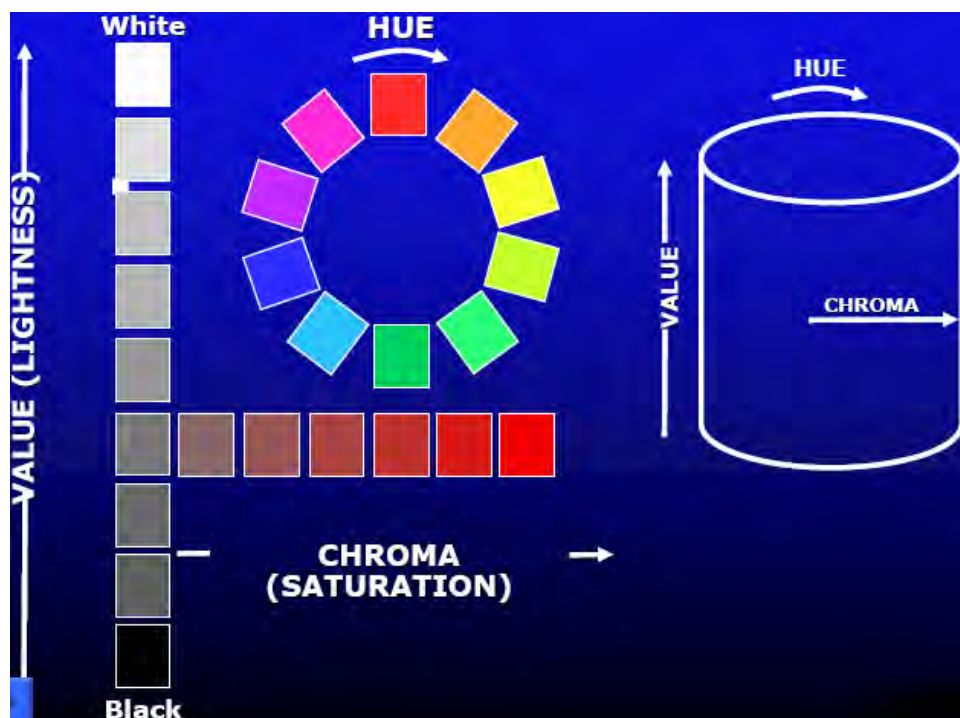
- ✚ Όπου L^* είναι η φωτεινότητα (*Luminosity*).
- ✚ C^* (*Chroma*): *Χρωματική πυκνότητα*: Προσδιορίζει την συγκέντρωση δηλαδή την ένταση ή την καθαρότητα του χρώματος ή διαφορετικά τη σχέση μεταξύ της εντονότητας και της φωτεινότητας της μελετώμενης απόχρωσης.
- ✚ Χροιά h (*hue angle*): Μετράται σε μοίρες και προσδιορίζει την απόχρωση (Σχ. 2.2.) παίρνοντας τιμές 0° για το κόκκινο-πορφυρό, 90° για το κίτρινο, 180° για το γαλαζοπράσινο και 270° για το μπλέ.

Ο παράγοντας C^* υπολογίζεται από την εξίσωση:

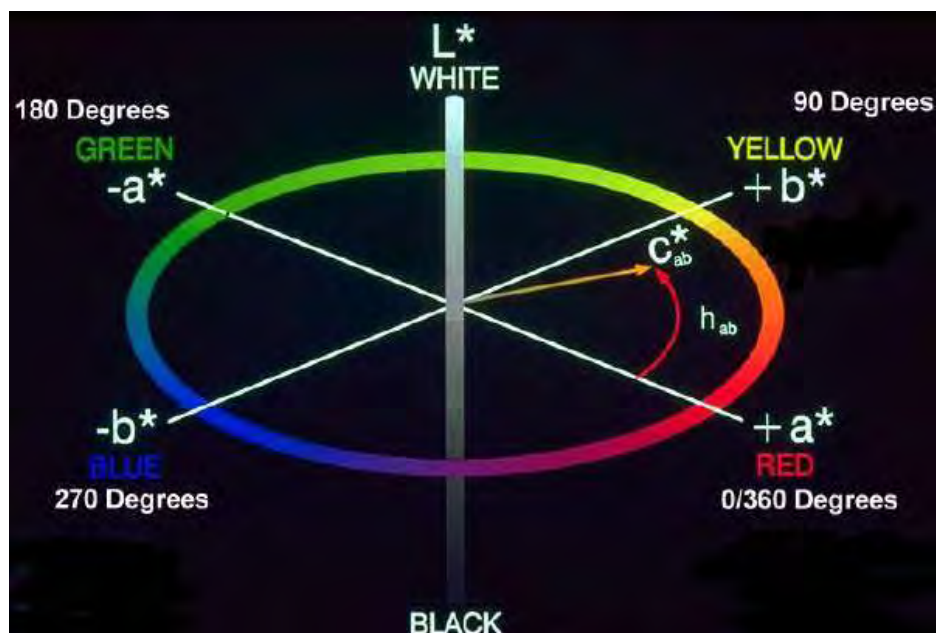
- $C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$

Για τον υπολογισμό του παράγοντα h διακρίνονται οι εξής περιπτώσεις:

- $h = \tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right)$ όταν $a^* > 0$ και $b^* \geq 0$
- $h = 0^\circ$ όταν $a^* = 0$ και $b^* = 0$
- $h = 90^\circ$ όταν $a^* = 0$ και $b^* > 0$
- $h = 180^\circ + \tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right)$ όταν $a^* < 0$
- $h = 270^\circ$ όταν $a^* = 0$ και $b^* < 0$
- $h = 360^\circ + \tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right)$ όταν $a^* > 0$ και $b^* < 0$



Σχήμα 2.2. Απεικόνιση του χρωματικού μοντέλου CIELab σε κυλινδρικό Σύστημα συντεταγμένων L^* , C^* και h



Σχήμα 2.3. Απεικόνιση του χρωματικού μοντέλου CIELab σε κυλινδρικό Σύστημα συντεταγμένων L^* , C^* και h

2.3.3. Οργανοληπτική εξέταση

Σύμφωνα με το πρωτόκολλο, κατά τη διεξαγωγή του πειράματος, πραγματοποιήθηκαν δυο (2) επαναλήψεις για καθεμιά από τις τρεις μεταχειρίσεις. Οι γαρίδες, συσκευάζονταν σε ισοθερμικά κιβώτια (συνήθως από φελιζόλ) που περιείχαν πάγο, για να διατηρούνται σε χαμηλές θερμοκρασίες έτσι ώστε να μην υπάρχουν αλλοιώσεις κατά τη μεταφορά τους. Αμέσως μετά την άφιξη του δείγματος στο εργαστήριο, οι γαρίδες χωρίζονταν σε δύο ομάδες. Η πρώτη ομάδα προοριζόταν για τη συσκευασία υπό MAP και η δεύτερη για τη συσκευασία σε συνθήκες ατμόσφαιρας. Και στις δυο περιπτώσεις όμως η διαδικασία που ακολουθήθηκε μέχρι και τη φάση του οργανοληπτικού ελέγχου ήταν η ίδια και μάλιστα γινόταν ταυτόχρονα.

Αρχικά, γινόταν ασηπτικά η αφαίρεση του κεφαλοθώρακα και αποκελυφοποίηση της κοιλίας, που αποτελεί και το εδώδιμο κομμάτι της γαρίδας. Οι γαρίδες συσκευάζονταν σε σακούλες PET PVDC LACQUER (12μm) & PE 70μm, διοχετεύοντας μέσα σε αυτές μια από τις δύο συστάσεις αερίων κάθε φορά για τη MAP. Ενώ, κάθε συσκευασία περιείχε δέκα γαρίδες.



Εικόνα 2.11. Σακούλες συσκευασίας (PET PVDC LACQUER).

Τέλος, οι σακούλες συγκολλούνται και οι συσκευασμένες γαρίδες τοποθετούνταν σε ψυκτικό θάλαμο συντήρησης θερμοκρασίας 3°C για 5 ημέρες. Εκεί παρέμεναν μέχρι να χρησιμοποιηθούν για τις μετρήσεις.

Κάθε ημέρα, τα τυχαία προς εξέταση δείγματα (γαρίδες) απομακρυνόταν από το ψυγείο και μετά το άνοιγμα της συσκευασίας γινόταν οι εξετάσεις.



Εικόνα 2.12. Συντήρηση γαρίδων σε ψυκτικό θάλαμο.

Η εξέταση των τροφίμων με τις αισθήσεις αποτελεί επιστημονική μεθοδολογία η οποία εκτιμά, αναλύει και ελέγχει τα αποτελέσματα, όπως προκύπτουν, έτσι ώστε να κατοχυρώνεται η δυνατότητα επανάληψής τους. Οι ιδιότητες των τροφίμων που γίνονται αντιληπτές με τις αισθήσεις (εμφάνιση, οσμή, γεύση, χρώμα κτλ.) επηρεάζουν την επιλογή του τροφίμου πολύ περισσότερο απ' ό,τι η σύνθεση και η θρεπτική του αξία. Ο έλεγχος με τις αισθήσεις είναι τουλάχιστον απαραίτητος κατά την παραγωγή, τη συντήρηση και διακίνηση των τροφίμων. Ο απαραίτητος συντελεστής για το σχεδιασμό της εξέτασης με τις αισθήσεις είναι το σύνολο των δοκιμαστών που αποτελεί την ομάδα ελέγχου που διεθνώς ονομάζεται "panel". Τα στοιχεία που λαμβάνονται υπόψη για την επιλογή των δοκιμαστών είναι: οι αισθήσεις, η ηλικία, το φύλο, αν είναι

καπνιστές ή όχι, η υγεία και η υγιεινή του σώματος των δοκιμαστών, τα ενδεχόμενα στρες και η σωματική κόπωση των δοκιμαστών (Βαρελτζής, 1999).

Επιπρόσθετα το ‘πάνελ’, (πριν από τη διεξαγωγή του πειράματος έγιναν εκπαιδευτικές δοκιμές για την εξοικείωση των δοκιμαστών με το προϊόν που επρόκειτο να εξετάσουν) κατά τη διάρκεια της οργανοληπτικής δοκιμής κατέγραφε τα συμπεράσματά του σε ειδικά διαμορφωμένο, για την περίπτωση, ερωτηματολόγιο που περιελάμβανε ερωτήσεις σχετικά με τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των γαρίδων μετά το βρασμό.

Οι συνθήκες που επιβάλλεται να επικρατούν κατά τη διάρκεια της δοκιμής είναι συγκεκριμένες τόσο όσον αφορά τα δείγματα όσον και το χώρο. Σχετικά με τα δείγματα, θα πρέπει να έχουν ίδια εμφάνιση, ομοιομορφία και να είναι κωδικοποιημένα. Η θερμοκρασία του χώρου όπου θα λάβει χώρα η δοκιμή θα πρέπει να είναι $24 \pm 2^{\circ}\text{C}$ και να μην υπάρχουν οσμές από αρώματα που θα επισκιάζουν την οσμή του προς εξέταση τροφίμου. Ακόμη, η δοκιμή θα ήταν καλό να πραγματοποιηθεί κάποια ώρα της ημέρας που οι αισθήσεις των δοκιμαστών θα λειτουργούν ικανοποιητικά.

Οι αισθήσεις που παρεμβαίνουν κατά την διάρκεια της γευστικής δοκιμής είναι:

1. Η όραση που δίνει πληροφορίες για το χρώμα και την εμφάνιση
2. Η όσφρηση που δίνει πληροφορίες για τις οσμές του τροφίμου
3. Η γεύση και η αφή μέσω του στόματος, που δίνουν πληροφορίες για την αξιολόγηση των γεύσεων, τη μάσηση και την επίγευση των χαρακτηριστικών του τροφίμου.



Εικόνα 2.13. Γαρίδες έτοιμες για οργανοληπτικό έλεγχο

Στην παρούσα εργασία ο οργανοληπτικός έλεγχος των γαρίδων πραγματοποιήθηκε από ένα πάνελ οκτώ (8) ατόμων, το οποίο προερχόταν τόσο από τους «κόλπους» του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας όσο και από εξωτερικό περιβάλλον και περιελάμβανε ηλικίες από 20 μέχρι 30 ετών από κάθε κοινωνική τάξη.

Συσκευές και σκεύη

- σκεύος για το βρασμό των γαρίδων
- λευκοί περιέκτες
- λευκές χαρτοπετσέτες
- λευκά πλαστικά ποτήρια
- μεμβράνη
- οδοντογλυφίδες
- ψωμί
- νερό
- ερωτηματολόγια

Διαδικασία

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε στις γαρίδες για την πραγματοποίηση αυτής της δοκιμής περιγράφεται αναλυτικά παρακάτω:

1. Το πρώτο στάδιο αποτελεί ο βρασμός των γαρίδων, σε νερό σε θερμοκρασία ζέσεως για 5 min ξεχωριστά για καθεμία από τις τρεις μεταχειρίσεις.
2. Στη συνέχεια οι γαρίδες απομακρύνονταν από το σκεύος μαγειρέματος και τοποθετούνταν σε λευκούς περιέκτες οι οποίοι καλύπτονταν με μεμβράνη.
3. Με την έλευση των δοκιμαστών, γινόταν και η διανομή των ερωτηματολογίων.
4. Ο δοκιμαστής με τη βοήθεια μιας οδοντογλυφίδας λάμβανε από τον αντίστοιχο περιέκτη μία γαρίδα και εξέταζε οπτικά το δείγμα για να παρατηρήσει την εμφάνιση του και κατέγραφε τις παρατηρήσεις του σε ένα ειδικά διαμορφωμένο ερωτηματολόγιο.
5. Ο δοκιμαστής στη συνέχεια έπρεπε να μυρίσει και να αγγίξει το δείγμα και να καταγράψει τις επισημάνσεις του στο ερωτηματολόγιο πριν το εισάγει στη στοματική του κοιλότητα.
6. Η επόμενη κίνηση του δοκιμαστή ήταν ο καταμερισμός και η κατάποση του δείγματος και να παρατηρήσει τη δομή και τη γεύση του και στη συνέχεια να καταγράψει κι αυτές τις παρατηρήσεις του. Μόνο τέσσερις γεύσεις γίνονται αντιληπτές από τις θηλές της γλώσσας. Το γλυκό (εμπρόσθιο τμήμα της γλώσσας), το αλμυρό (εμπρόσθια και εκατέρωθεν του κεντρικού άξονα άκρα της πάνω επιφανείας), το ξινό (πλάγια και κάτω μέρος της γλώσσας) και το

πικρό (πίσω μέρος της πάνω επιφανείας γλώσσας). Η πρώτη γεύση που γίνεται αντιληπτή είναι η γλυκιά και ακολουθεί η εμφάνιση της ξινή και της αλμυρή. Τελευταία γίνεται αντιληπτή η πικρή, κυρίως κατά την κατάποση.

7. Ο δοκιμαστής για να εξαλείψει τη γεύση του πρώτου δείγματος χρησιμοποιούσε ένα κομμάτι ψωμί, ξέπλενε τη στοματική του κοιλότητα με νερό και περίμενε μέχρι την έκκριση σίελου για να συνεχίσει στο επόμενο δείγμα.
8. Με το πέρας του πειράματος, όλες οι εκτιμήσεις της ομάδας των δοκιμαστών κατηγοριοποιήθηκαν και βαθμολογήθηκαν στην κλίμακα του 1-5.
9. Το ερωτηματολόγιο που καλούνταν να συμπληρώσουν οι δοκιμαστές για την καταγραφή των παρατηρήσεων τους είναι το παρακάτω:

Ερωτηματολόγιο

Ονοματεπώνυμο:

Κωδικός δείγματος:

I. Πριν τη μάσηση**1. Εμφάνιση**

<u>ΚΛΙΜΑΚΑ</u> <u>ΕΜΦΑΝΙΣΗ</u>	Πάρα πολύ	Πολύ	Μέτρια	Λίγο	Καθόλου
Γυαλιστερή – Λαμπερή	5	4	3	2	1
Λεία επιφάνεια	5	4	3	2	1
Υγρή	5	4	3	2	1
Αφυδατωμένη	1	2	3	4	5
Γλοιώδης	1	2	3	4	5

2. Οσμή

<u>ΚΛΙΜΑΚΑ</u> <u>ΟΣΜΗ</u>	Πολύ έντονη	Έντονη	Μέτρια	Ελάχιστη	Καθόλου
Φρέσκιας γαρίδας	5	4	3	2	1
Μη φρέσκιας	1	2	3	4	5
Αλλοιωμένης	1	2	3	4	5
Δυσάρεστη	1	2	3	4	5

II. Κατά τη διάρκεια της μάσησης

3. Δομή

<u>ΚΛΙΜΑΚΑ</u> <u>ΔΟΜΗ</u>	Πάρα πολύ	Πολύ	Μέτρια	Λίγο	Καθόλου
Σταθερή – Σκληρή (αφή)	5	4	3	2	1
Σφιχτή	1	2	3	4	5
Ελαστική	5	4	3	2	1
Μαλακή	1	2	3	4	5
Βλεννώδης	1	2	3	4	5
Καταμερισμός κατά τη μάσηση	5	4	3	2	1

4. Γεύση

<u>ΚΛΙΜΑΚΑ</u> <u>ΓΕΥΣΗ</u>	Πάρα πολύ	Πολύ	Μέτρια	Λίγο	Καθόλου
Αλμυρή	1	2	3	4	5
Πικρή	1	2	3	4	5
Στυφή	1	2	3	4	5
Γλυκιά	1	2	3	4	5
Μεταλλική	1	2	3	4	5
Όξινη	1	2	3	4	5
Χυμώδης	5	4	3	2	1
Γλοιώδης	1	2	3	4	5

5. Συνολική αξιολόγηση

<u>ΓΕΝΙΚΗ</u> <u>ΕΝΤΥΠΩΣΗ</u>	Πολύ καλή	Καλή	Μέτρια	Μάλλον κακή	Αρνητική
	5	4	3	2	1

Στη συνέχεια δίνονται κάποιοι ορισμοί των χαρακτηριστικών που απαρτίζουν το ερωτηματολόγιο.

- Λεία επιφάνεια: η μη παρουσία ρυτιδώσεων στην επιφάνεια του κρέατος της γαρίδας.
- Υγρή επιφάνεια: η αντίληψη για την ποσότητα νερού που περιέχει η γαρίδα μετά το μαγείρεμα.
- Αφυδατωμένη επιφάνεια: η παρουσία ρυτίδων στην επιφάνεια της γαρίδας λόγω απώλειας υγρασίας κατά τη διάρκεια παρατεταμένης έκθεσης στον ατμοσφαιρικό αέρα.
- Οσμή: η ένταση του ερεθίσματος που παρατηρείται όταν η γαρίδα τοποθετείται μπροστά από το κέντρο της μύτης.
- Χυμώδης γεύση: ιδιότητα της υφής σχετικά με την ποσότητα νερού που αποδεσμεύεται από τη γαρίδα κατά τη διάρκεια της μάσησης.
- Μάσηση: μηχανική ιδιότητα της υφής σχετικά με τον αριθμό των μασημάτων που απαιτούνται για να έρθει η γαρίδα σε κατάσταση κατάποσης.
- Γλυκιά γεύση: βασική γεύση παρόμοια με αυτή των αραιών διαλυμάτων σακχαρώζης.
- Μεταλλική γεύση: η αίσθηση που προκαλείται από την παρουσία μετάλλων κατά τη μάσηση του δείγματος.

2.3.4. Μικροβιολογικά υλικά και χημικά

Όλα τα μικροβιολογικά υλικά προμηθεύτηκαν από την εταιρεία LAB M (Lancashire UK), εκτός από το STAA του οποίου η προμήθεια έγινε από τη Biolife (Biolife Italiana Srl, Milano), ενώ τέλος όλα τα χημικά προμηθεύτηκαν από την Sigma-Aldrich (Steinheim, Germany).

2.3.4.1. Μικροβιολογική εξέταση

Η μικροβιολογική εξέταση των δειγμάτων επικεντρώθηκε στον προσδιορισμό μικροοργανισμών που αναπτύσσονται κατά τη συντήρηση των γαρίδων, όταν αυτές συντηρούνται σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα όσο και στα συσκευασμένα σε συνθήκες ατμόσφαιρας. Η μικροβιολογική εξέταση περιελάμβανε τον προσδιορισμό: α) της ολικής μεσόφιλης χλωρίδας (total viable counts), των βακτηρίων που παράγουν H_2S (*Shewanella putrefaciens*), γ) των ψευδομονάδων (*Pseudomonas* spp.), και δ) του *Brochothrix thermosphacta*, σύμφωνα με τις επίσημες πρότυπες μεθόδους.

Αρχικά λαμβανόταν, δείγμα γαρίδας (10g) και μεταφερόταν επίσης ασηπτικά σε σακούλα stomacher μαζί με 90 ml αποστειρωμένο MRD (Maximum Recovery Diluent, 0.85% NaCl, 0.1%, bacteriological peptone), και το παρασκεύασμα ομογενοποιήθηκε για 60sec σε εργαστηριακό ομογενοποιητή τύπου stomacher (BAGMIXER 400, Interscience). Δείγματα (0,1ml ή 1ml) από διαδοχικές αραιώσεις του ομογενοποιημένου παρασκευάσματος γαρίδας όπως προέκυψε από τα παραπάνω, εξαπλώθηκαν επιφανειακά ή ενοφθαλμίστηκαν σε στερεά ή λιωμένα θρεπτικά υποστρώματα

αντίστοιχα, σε διπλή σειρά τρυβλίων (petri), προκειμένου να καταμετρηθούν, ως ακολούθως:



Εικόνα 2.13. Εργαστηριακός ζυγός KERN 440-35N .



Εικόνα 2.14. Εργαστηριακός ομογενοποιητής τύπου stomacher.

2.3.4.2. Ολική μεσόφιλη χλωρίδα (OMX-total viable counts)

Ο πληθυσμός των αερόβιων μεσόφιλων βακτηρίων, τα οποία με τη χρήση ορισμένου υποστρώματος και σε ορισμένη θερμοκρασία και χρόνο επώασης, μπορούν ν' αναπτυχθούν και να δώσουν από μια ορατή αποικία, χαρακτηρίζεται ως **Ολική Μεσόφιλη Χλωρίδα (O.M.X) ή Συνολικός Αριθμός Μεσόφιλων (ΣΑΜ)**. Ο προσδιορισμός της ολικής μεσόφιλης χλωρίδας (total viable counts) (συνολικός αριθμός αποικιών) καθώς και των βακτηρίων που παράγουν H_2S (*Shewanella putrefaciens*) (μαύρες αποικίες μόνο) έγινε με ενσωμάτωση σε Iron Agar (IA) και επώαση στους $25^{\circ}C$ για 48 ώρες υπό αερόβιες συνθήκες. Το υπόστρωμα παρασκευάστηκε από τα δικά του βασικά υλικά (πεπτόνη 20g/l, εκχύλισμα κρέατος 3.0 g/l, εκχύλισμα ζύμης 3.0g/l, κιτρικός σίδηρος 3.0g/l, διθειονικό Νάτριο 0.3g/l, NaCl 5g/l, L-cysteine 0.6g/l). Τέλος ως pH της σάρκας της γαρίδας μετρούνταν συμβατικά το pH της πρώτης δεκαδικής αραιώσης με τη χρήση pH-μέτρου.



Εικόνα 2.15. pH-μετρο (pH 730, inoLab, WTW series).

2.3.4.3. Ψευδομονάδες (*Pseudomonas* spp.)

Για την αρίθμηση των ψευδομονάδων (*Pseudomonas* spp.) χρησιμοποιήθηκε ceftrimide fusidin cephaloridine άγαρ (CFC) με επίστρωση. Τα τρυβλία επωάστηκαν στους 25° C για 48 ώρες.

2.3.4.4. *Brochothrix thermosphacta*

Για την αρίθμηση του *Brochothrix thermosphacta* χρησιμοποιήθηκε streptomycin sulfate-thallos acetate-cycloheximide (actidione) άγαρ (STAA) με επίστρωση. Τα τρυβλία επωάστηκαν στους 25° C για 72 ώρες.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1. Γενικά

Η υλοποίηση οποιασδήποτε έρευνας στο πεδίο ή στο εργαστήριο προϋποθέτει τη συλλογή στοιχείων στα οποία θα εφαρμοστεί κάποια συγκεκριμένη στατιστική επεξεργασία (Πετρίδης, 1997). Όλοι οι επιστήμονες, οποιοδήποτε και αν είναι το αντικείμενο ειδίκευσής τους, όταν καλούνται να μελετήσουν π.χ. ένα φυσικό φαινόμενο, έναν οργανισμό, ένα τρόφιμο, συλλέγουν ένα πλήθος δεδομένων (data). Ανεξάρτητα από το αντικείμενο προς μελέτη ή το πειραματικό σχέδιο που ακολουθήθηκε, το τελικό προϊόν της έρευνας είναι συνήθως ένα σύνολο μετρήσεων που έγιναν σε ένα σύνολο πειραματικών μονάδων. Η ονομασία που δίνεται στις πειραματικές μονάδες ποικίλλει ανάλογα με τον επιστημονικό κλάδο. Στη βιβλιογραφία συνήθως ονομάζονται ως αντικείμενα (objects), μονάδες (individuals), παρατηρήσεις (observations), υποκείμενα (subjects), περιπτώσεις (cases), ταξινομικές μονάδες (observational taxonomy units) και δείγματα (samples). Οι διαφορετικές μετρήσεις που έχουν γίνει διαδοχικά στις πειραματικές μονάδες αποτελούν τις μεταβλητές (variables), από τη μελέτη των οποίων θα εξαχθούν τα συμπεράσματα της έρευνας (Παπαγρηγορίου, 2001).

Ο πειραματισμός με ένα τρόφιμο, έγκειται στον προσδιορισμό ενός πλήθους μεταβλητών και εξαγωγή συμπερασμάτων χρησιμοποιώντας κάποιες στατιστικές μεθόδους. Αν η στατιστική μέθοδος εφαρμόζεται σε μια μεταβλητή κάθε φορά, τότε αυτή ονομάζεται μονομεταβλητή μέθοδος (univariate method) π.χ. ανάλυση της διακύμανσης, παλινδρόμηση. Έτσι όμως δεν είναι εφικτό να διαπιστωθεί η ταυτόχρονη δράση όλων των μεταβλητών με αποτέλεσμα τα συμπεράσματα να είναι μονοδιάστατα. Πολυμεταβλητή ανάλυση (multivariate analysis) ονομάζεται η

στατιστική ανάλυση που εφαρμόζεται ταυτόχρονα σε όλες τις εξεταζόμενες μεταβλητές ενός πειράματος. Υπάρχουν παρά πολλές μέθοδοι πολυμεταβλητής ανάλυσης (Παπαγρηγορίου, 2001). Στην περίπτωση του οργανοληπτικού ελέγχου ενός προϊόντος (τρόφιμο ή ποτό), τα στοιχεία για τη μετέπειτα στατιστική επεξεργασία προέρχονται από τη μελέτη ορισμένων χαρακτηριστικών των προϊόντων όπως η οσμή, το χρώμα, η γεύση, η υφή κ.ά στα οποία εφαρμόζεται μια ποικιλία κλιμάκων βαθμονόμησης (Πετρίδης, 1997). Ιδιαίτερα η οσμή και το άρωμα των νωπών ιχθύων είναι από τα πιο ουσιώδη οργανοληπτικά χαρακτηριστικά που θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την ποιοτική αξιολόγησή τους (Δελτίο Κτην. Εταιρείας, 1998).

3.2. Ερμηνεία αποτελεσμάτων με χρήση της PCA

Η ανάλυση σε κύριες συνιστώσες στην παρούσα διατριβή έγινε για τη μελέτη των μηχανικών, φυσικών και οργανοληπτικών χαρακτηριστικών και πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια του στατιστικού προγράμματος JMP (έκδοση 6.0.0, SAS Institute Inc.).

Όσον αφορά τη μελέτη των μηχανικών χαρακτηριστικών (πίεση από το έμβολο του αναλυτή υφής) χρειάστηκαν 6 κύριες συνιστώσες ώστε η ερμηνεία να ανέλθει στο 80,42% της συνολικής παραλλακτικότητας, ενώ το ποσοστό της συνολικής παραλλακτικότητας ανέρχεται στο 100% με τη χρήση 13 κύριων συνιστωσών. Στον Πίνακα 3.1. παρατίθεται αναλυτικά η ανάλυση της παραλλακτικότητας.

Πίνακας 3.1. Συνολική παραλλακτικότητα της PCA για τα χαρακτηριστικά των μηχανικών ιδιοτήτων.

PCA	Μεταβολή παραλλακτικότητας (%)	Συνολική παραλλακτικότητα (%)
PC1	21,33	21,33
PC2	15,25	36,58
PC3	13,75	50,33
PA4	11,58	61,91
PC5	10,37	72,28
PC6	8,15	80,42
PC7	6,84	87,26
PC8	5,14	92,40
PC9	3,37	95,77
PC10	1,97	97,74
PC11	1,50	99,24
PC12	0,54	99,78
PC13	0,22	100,00

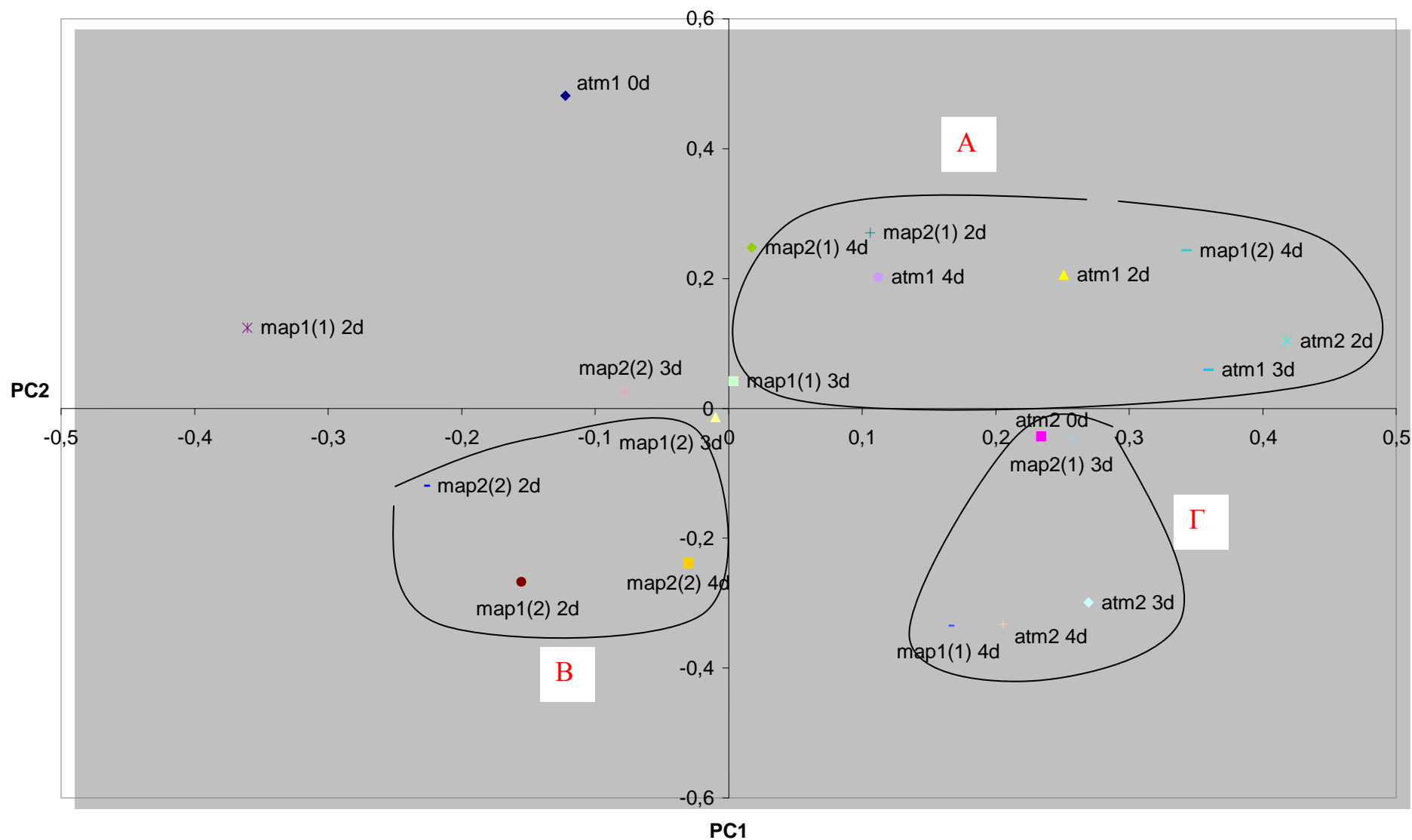
Στο Σχήμα 3.1. παρουσιάζεται η κατανομή κατά PC1-PC2 των μηχανικών χαρακτηριστικών των γαρίδων και για τις τρεις μεταχειρίσεις. Η κωδικοποίηση των μεταβλητών χρησιμοποιήθηκε για πρακτικούς λόγους. Οι μεταβλητές atm1 και atm2 αντιστοιχούν στο πρώτο και δεύτερο μάρτυρα του ατμοσφαιρικού αέρα. Ακόμη, οι map1(1), map1(2) και map2(1),map2(2) ήταν τα διπλά δείγματα των δύο συστάσεων αερίων, όπου map1 είναι η αναλογία 60% CO₂ -40% N₂ και map2 είναι η αναλογία 5.1% CO₂ -2% O₂ και υπόλοιπο (92,9)% N₂. Όσον αφορά τις 0d, 2d, 3d, 4d (d: day) ήταν οι ημέρες του πειράματος, όπου έγιναν οι μετρήσεις.

Στο Σχήμα 3.1., το οποίο εξηγεί αθροιστικά το 36,58% της συνολικής παραλλακτικότητας, παρουσιάζονται τρεις ομάδες, η μια ομάδα βρίσκεται στο πρώτο τεταρτημόριο και αφορά τις μηχανικές ιδιότητες των γαρίδων του πρώτου δείγματος της δεύτερης σύστασης και ομαδοποιούνται τη δεύτερη και τέταρτη ημέρα του πειράματος. Ακόμη, ο πρώτος μάρτυρας του ατμοσφαιρικού αέρα συσχετίζεται με τον αντίστοιχο της δεύτερης, την τρίτης και της τέταρτης ημέρας. Η δεύτερη ομάδα απαντάται στο τρίτο τεταρτημόριο όπου συσχετίζονται οι μηχανικές ιδιότητες του δεύτερου δείγματος και των δύο συστάσεων τη δεύτερη ημέρα του πειράματος, καθώς επίσης το δεύτερο δείγμα της πρώτης σύστασης τη δεύτερη και τρίτη ημέρα. Ο τρίτος συσχετισμός παρουσιάζεται στο δεύτερο δείγμα της δεύτερης σύστασης τη δεύτερη και τέταρτη ημέρα. Τέλος, στο τέταρτο τεταρτημόριο παρουσιάζεται ο δεύτερος μάρτυρας της πρώτης, της τρίτης και της τέταρτης ημέρας των μετρήσεων.

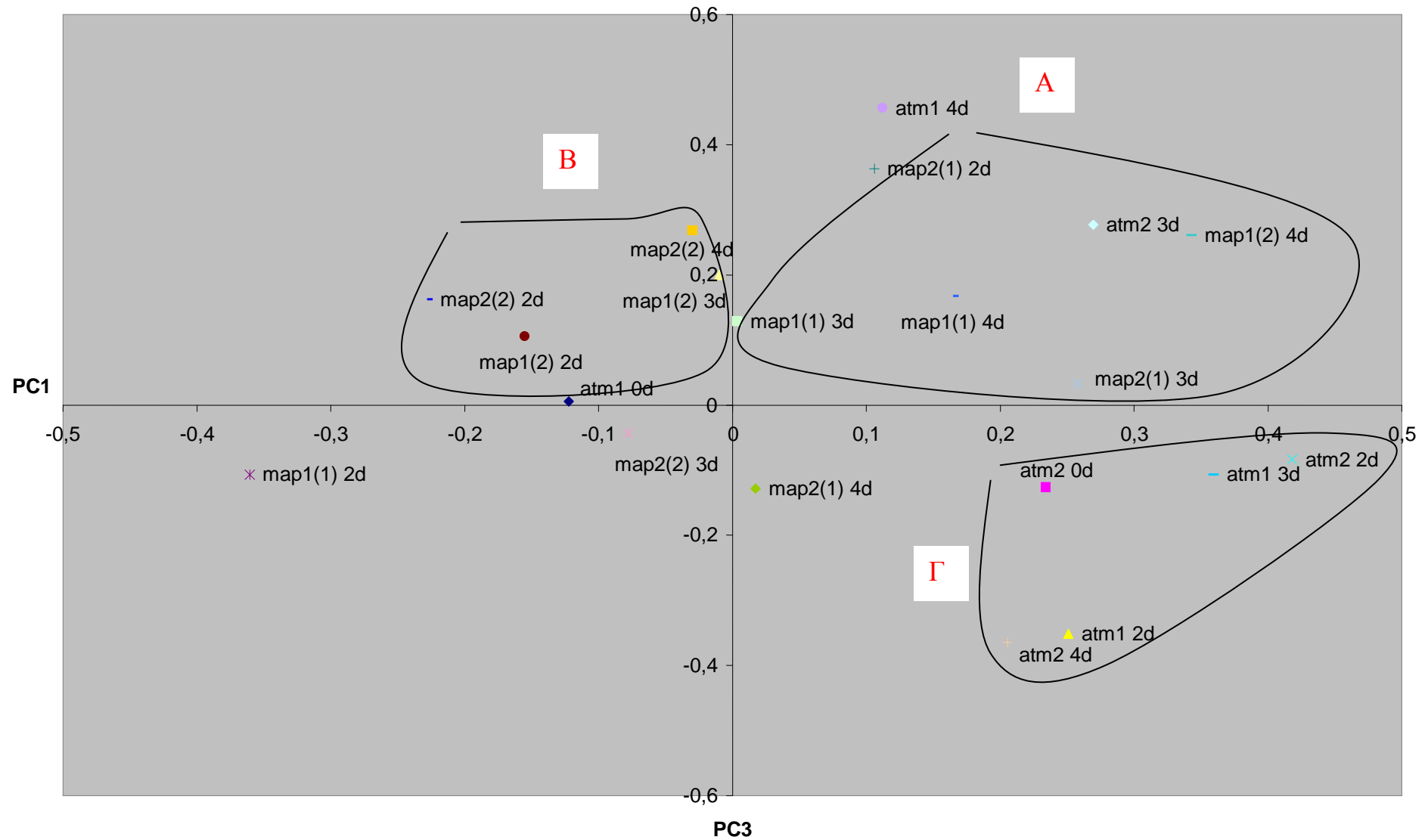
Στο Σχήμα 3.2., μπορεί να γίνει ταξινόμηση και πάλι σε τρεις ομάδες. Στο πρώτο τεταρτημόριο παρατηρούνται δύο ομαδοποιήσεις, δηλαδή το πρώτο δείγμα της δεύτερης σύστασης ομαδοποιείται τη δεύτερη και την τρίτη ημέρα καθώς επίσης και το πρώτο δείγμα της πρώτης σύστασης την τρίτη και την τέταρτη ημέρα. Στο δεύτερο τεταρτημόριο υπάρχουν δύο ομαδοποιήσεις. Η πρώτη παρουσιάζεται για το δεύτερο δείγμα της δεύτερης σύστασης για τη δεύτερη και τέταρτη ημέρα και η δεύτερη για το δεύτερο της πρώτης σύστασης τη δεύτερη και τρίτη ημέρα του πειράματος. Οι δύο μάρτυρες του ατμοσφαιρικού αέρα ομαδοποιούνται ο δεύτερος για την πρώτη, τη δεύτερη και την τέταρτη ημέρα των μετρήσεων και ο πρώτος για τη δεύτερη και την τρίτη αντίστοιχα.

Στο Σχήμα 3.3. όπου παρουσιάζεται η κατανομή PC2-PC3 διακρίνονται τέσσερις ομάδες. Η πρώτη ομάδα (Α) βρίσκεται στο πρώτο τεταρτημόριο και όπου συσχετίζονται ο πρώτος μάρτυρας με το δεύτερο δείγμα της πρώτης σύστασης την

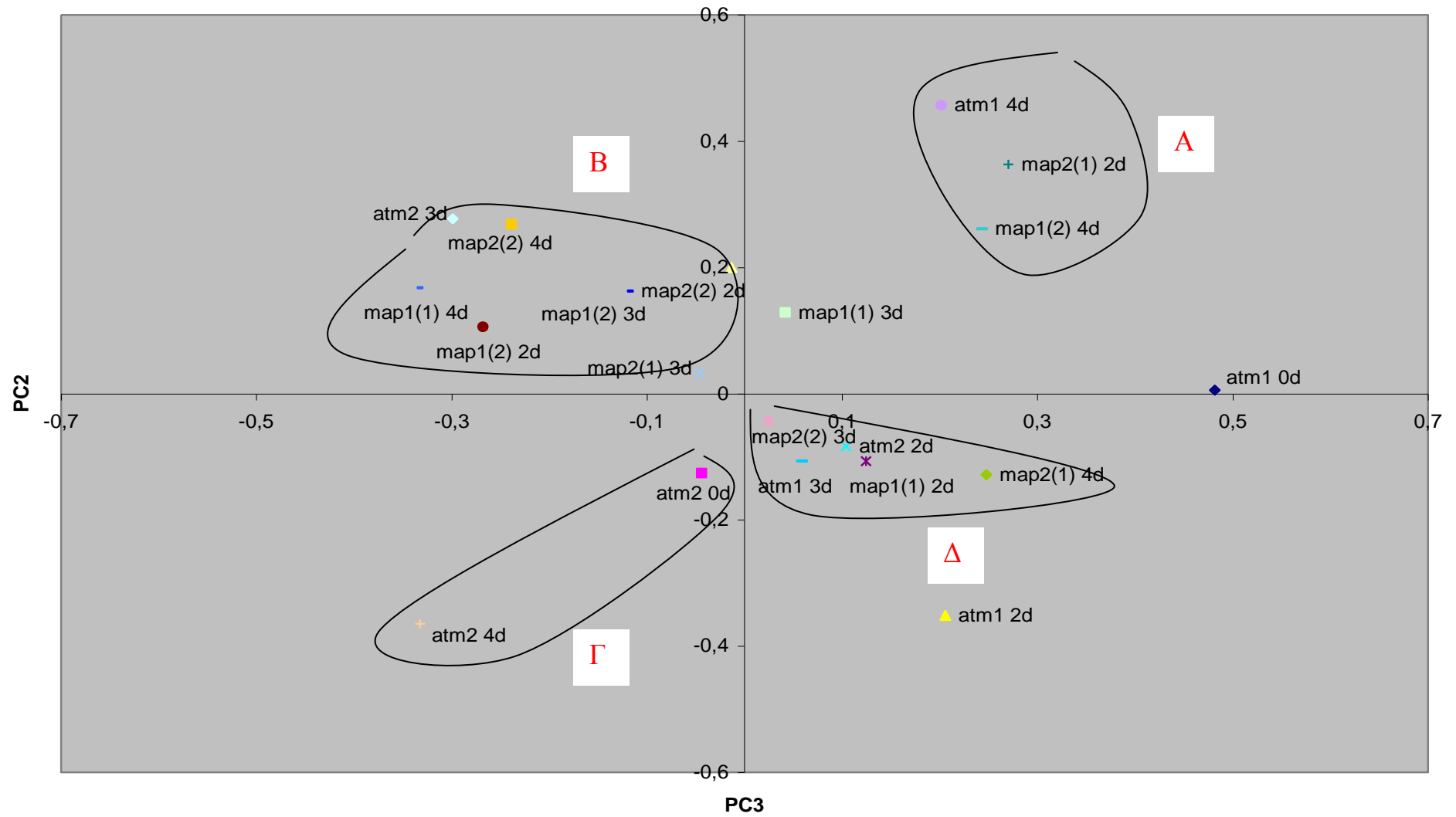
τέταρτη ημέρα. Η δεύτερη ομάδα (Β) παρατηρείται στο δεύτερο τεταρτημόριο και αφορά τις εφαρμοζόμενες πιέσεις στο εδωδιμο κομμάτι των γαρίδων του δεύτερου δείγματος και της δεύτερης σύστασης τη δεύτερη και τέταρτη ημέρα αντίστοιχα, καθώς επίσης το δεύτερο δείγμα της πρώτης σύστασης τη δεύτερη και την τρίτη ημέρα. Στο τρίτο τεταρτημόριο (ομάδα Γ) συσχετίζεται ο δεύτερος μάρτυρας της ατμόσφαιρας την πρώτη και τέταρτη ημέρα. Τέλος, η τέταρτη ομάδα (Δ) παρατηρείται στο τέταρτο τεταρτημόριο, όπου συσχετίζονται ο δεύτερος μάρτυρας και το πρώτο δείγμα της πρώτης σύστασης τη δεύτερη ημέρα, καθώς επίσης ο πρώτος μάρτυρας με το δεύτερο δείγμα της δεύτερης σύστασης την τρίτη ημέρα.



Σχήμα 3.1. Διάγραμμα PC1-PC2 για τις μηχανικές ιδιότητες των γαρίδων



Σχήμα 3.2. Διάγραμμα PC1-PC3 για τις μηχανικές ιδιότητες των γαρίδων



Σχήμα 3.3. Διάγραμμα PC2-PC3 για τις μηχανικές ιδιότητες των γαρίδων

Όσον αφορά τη μελέτη των φυσικών χαρακτηριστικών (μέτρηση χρώματος-Χρωματομετρία) χρειάστηκαν δύο κύριες συνιστώσες ώστε η ερμηνεία της μέτρησης της εξωτερικής επιφάνειας να ανέλθει στο 77,34% της συνολικής παραλλακτικότητας, ενώ το ποσοστό της συνολικής παραλλακτικότητας ανέρχεται στο 100% με τη χρήση 5 κύριων συνιστωσών. Στον Πίνακα 3.2. παρατίθεται αναλυτικά η ανάλυση της παραλλακτικότητας.

Πίνακας 3.2. Συνολική παραλλακτικότητα της PCA για τα χαρακτηριστικά των φυσικών ιδιοτήτων (εξωτερικής επιφάνειας)

PCA	Μεταβολή παραλλακτικότητας (%)	Συνολική παραλλακτικότητα (%)
PC1	61,35	61,35
PC2	15,99	77,34
PC3	13,98	91,32
PC4	6,32	97,64
PC5	2,36	100,00

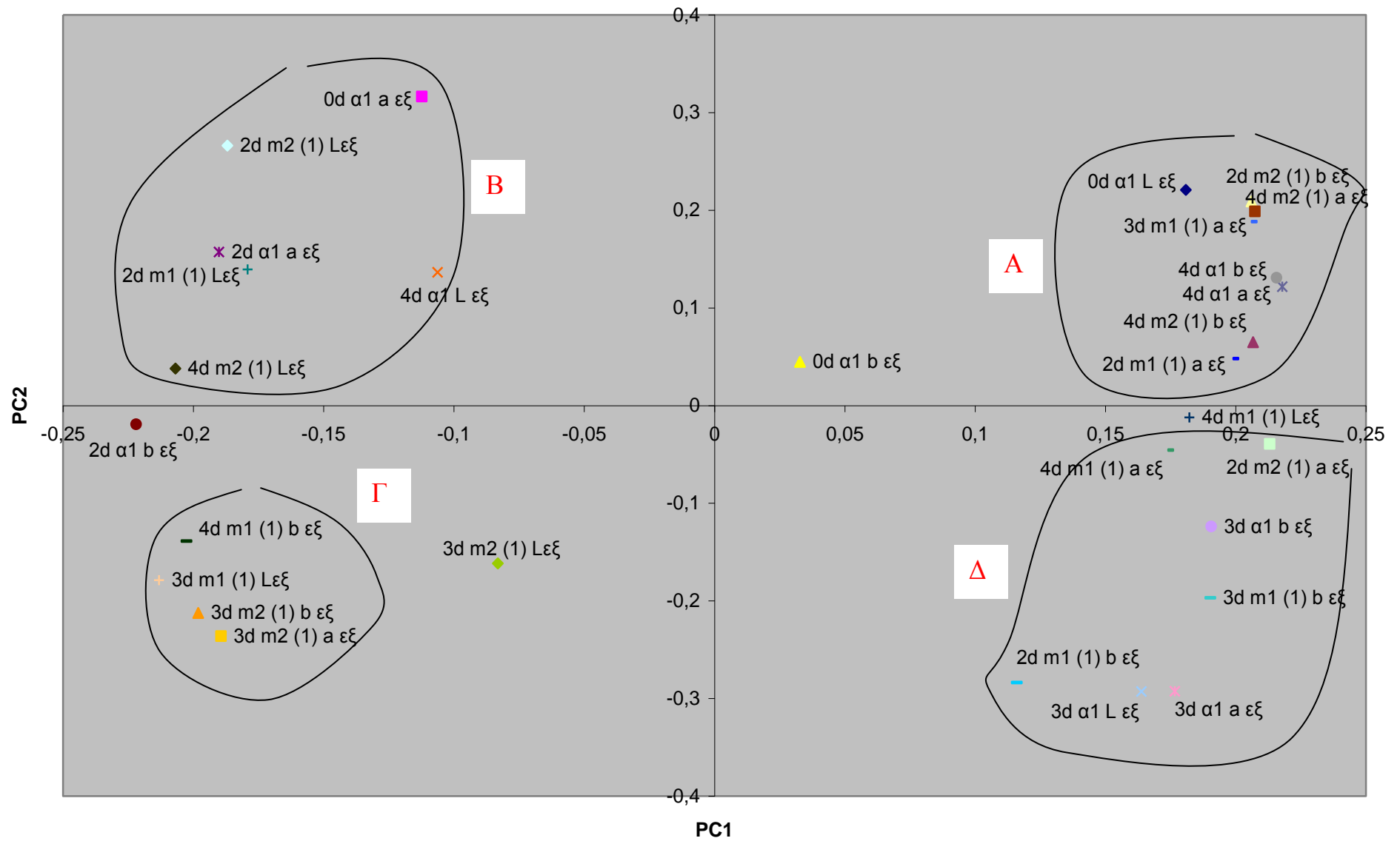
Οι τρεις κύριες συνιστώσες όπως προαναφέρθηκε κατά την PCA (για την εξωτερική επιφάνειας της γαρίδας) εξηγούν το 91,32% της συνολικής παραλλακτικότητας των μεταβλητών. Πιο συγκεκριμένα, η PC1 ερμηνεύει το 61,35%, η PC2 το 15,99%. Ακόμη, έγινε κωδικοποίηση για πρακτικούς λόγους. Οι χρωματικοί παράγοντες ($L_{εξ}$, $a_{εξ}$ και $b_{εξ}$), ήταν οι παράγοντες που αφορούσαν τη μέτρηση της εξωτερικής επιφάνειας, ενώ η κωδικοποίηση των παραγόντων ($L_{εσ}$, $a_{εσ}$ και $b_{εσ}$), αφορούσαν τη μέτρηση της εσωτερικής επιφάνειας.

Αρχικά, στο Σχήμα 3.4. παρουσιάζεται η κατανομή κατά PC1-PC2 για τη μέτρηση του χρώματος της εξωτερικής επιφάνειας της γαρίδας. Στο πρώτο

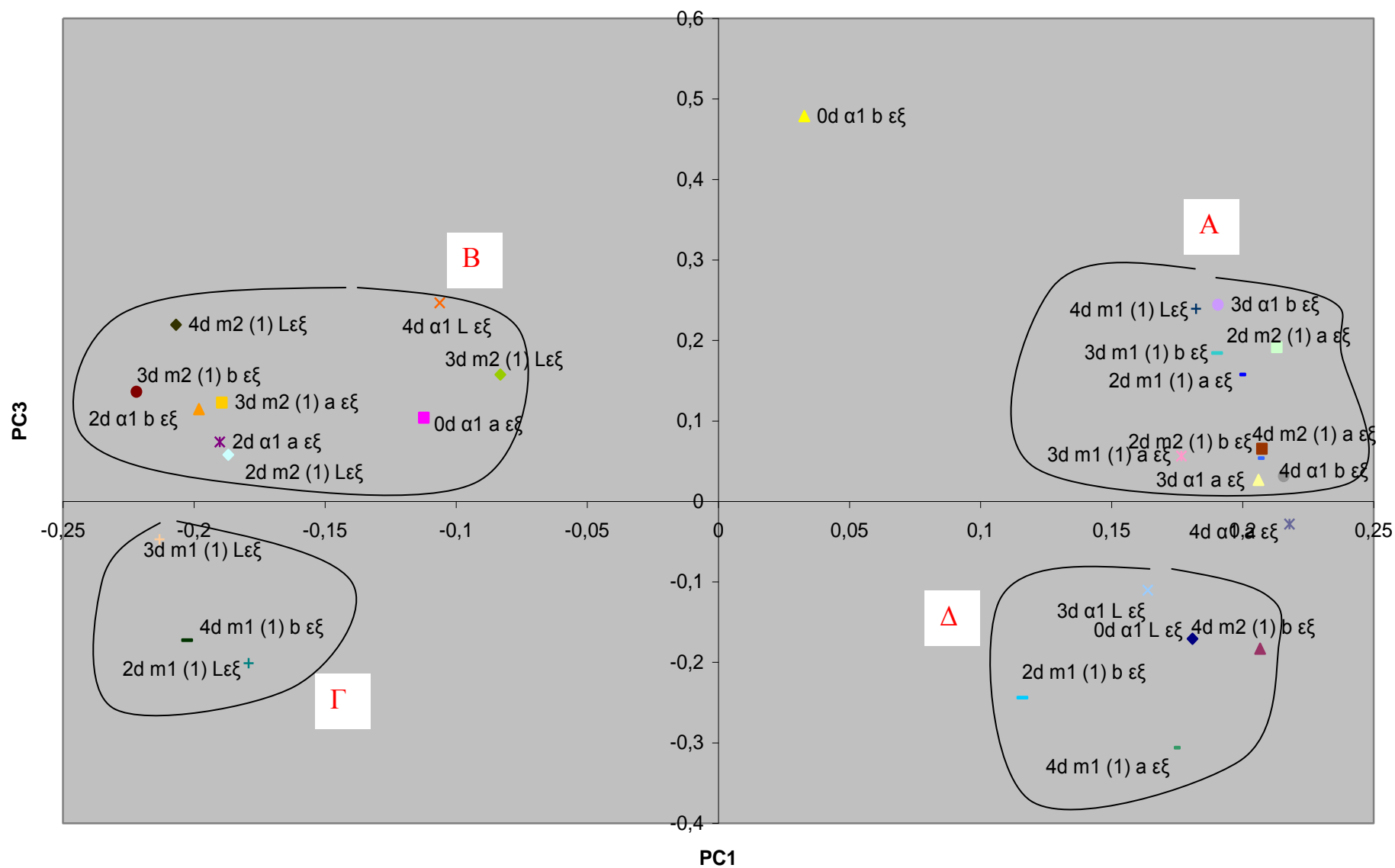
τεταρτημόριο ομαδοποιούνται (ομάδα Α) την τέταρτη ημέρα το (a_{εξωτερικό}) και το (b_{εξωτερικό}) του δείγματος της δεύτερης σύστασης και του μάρτυρα του ατμοσφαιρικού αέρα. Στο δεύτερο τεταρτημόριο συσχετίζονται όσον αφορά το (L_{εξωτερικό}) το δείγμα της δεύτερης σύστασης τη δεύτερη και την τέταρτη ημέρα, ο μάρτυρας της τέταρτης ημέρας και το δείγμα της σύστασης της δεύτερης ημέρας. Στο τρίτο τεταρτημόριο (ομάδα Γ) συσχετίζεται το (b_{εξωτερικό}) για το πρώτο δείγμα και των δύο συστάσεων την τρίτη και την τέταρτη ημέρα αντίστοιχα. Στο τέταρτο τεταρτημόριο (ομάδα Δ) το (a_{εξωτερικό}) ομαδοποιεί το δείγμα της δεύτερης σύστασης τη δεύτερη ημέρα, τον πρώτο μάρτυρα της τρίτης ημέρας και το δείγμα της πρώτης σύστασης την τέταρτη ημέρα, ενώ το (b_{εξωτερικό}) ομαδοποιεί το δείγμα της πρώτης σύστασης τη δεύτερη ημέρα και τον μάρτυρα την τρίτη ημέρα.

Κατά την κατανομή PC1-PC3 παρατηρούνται τέσσερις ομαδοποιήσεις. Η μία (ομάδα Α) για το (a_{εξωτερικό}) συσχετίζει τα δείγματα και των δύο συστάσεων τη δεύτερη ημέρα, καθώς επίσης το μάρτυρα και των δύο συστάσεων την τρίτη και την τέταρτη ημέρα, αντίστοιχα. Ωστόσο, το (b_{εξωτερικό}) ομαδοποιεί το μάρτυρα την τρίτη και τέταρτη ημέρα, ενώ το δείγμα και των δύο συστάσεων τη δεύτερη και την τρίτη ημέρα, αντίστοιχα. Επιπρόσθετα, στο δεύτερο τεταρτημόριο ο χρωματικός παράγοντας (L_{εξωτερικό}) συσχετίζει το μάρτυρα της τέταρτης ημέρας και το μάρτυρα της δεύτερης σύστασης τη δεύτερη, την τρίτη και την τέταρτη ημέρα, αντίστοιχα. Στο τρίτο τεταρτημόριο (ομάδα Γ) το (L_{εξωτερικό}) ομαδοποιεί το πρώτο δείγμα της πρώτης σύστασης για τη δεύτερη και την τρίτη ημέρα, αντίστοιχα. Στην τέταρτη ομάδα (Δ) το (L_{εξωτερικό}) ομαδοποιεί τον πρώτο μάρτυρα την πρώτη και την τρίτη ημέρα, ενώ το (b_{εξωτερικό}) τον πρώτο μάρτυρα και των δύο συστάσεων τη δεύτερη και τέταρτη ημέρα, αντίστοιχα.

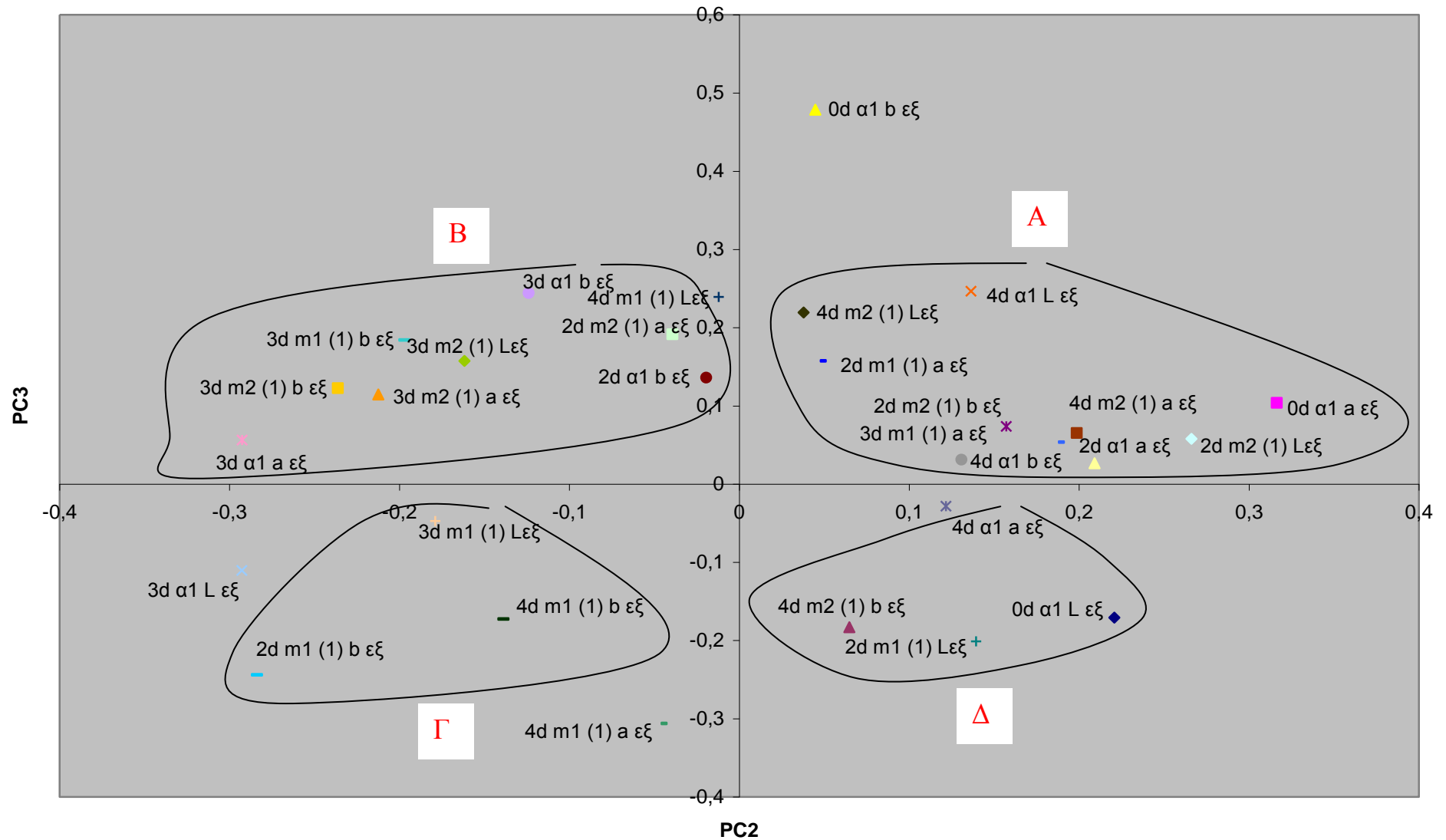
Τέλος, κατά την κατανομή PC2-PC3 για την εξωτερική επιφάνεια παρατηρούνται ομαδοποιήσεις και στα τέσσερα τεταρτημόρια. Στο πρώτο (ομάδα A) ο χρωματικός παράγοντας ($a_{\text{εξωτερικό}}$) ομαδοποιεί το δείγμα της πρώτης σύστασης για τη δεύτερη και την τρίτη ημέρα, με το της δεύτερης σύστασης την τέταρτη ημέρα και το μάρτυρα την πρώτη ημέρα του πειράματος (0d). Ακόμη, στο δεύτερο τεταρτημόριο (ομάδα B) συσχετίζονται ο μάρτυρας και των δύο συστάσεων την τρίτη ημέρα, με το μάρτυρα τη δεύτερη και τρίτη ημέρα, αντίστοιχα. Στο τρίτο το ($b_{\text{εξωτερικό}}$) ομαδοποιεί τον πρώτο μάρτυρα της πρώτης σύστασης τη δεύτερη και την τέταρτη ημέρα. Τέλος, στην ομάδα Δ το ($L_{\text{εξωτερικό}}$) συσχετίζει τον πρώτο μάρτυρα την πρώτη ημέρα με το πρώτο δείγμα της πρώτης σύστασης τη δεύτερη ημέρα.



Σχήμα 3.4. Διάγραμμα PC1-PC2 για τη μέτρηση χρώματος (εξωτερική επιφάνεια) των γαρίδων



Σχήμα 3.5. Διάγραμμα PC1-PC3 για τη μέτρηση χρώματος (εξωτερική επιφάνεια) των γαρίδων



Σχήμα 3.6. Διάγραμμα PC2-PC3 για τη μέτρηση χρώματος (εξωτερική επιφάνεια) των γαρίδων

Όσον αφορά τη μελέτη των φυσικών χαρακτηριστικών (μέτρηση χρώματος-Χρωματομετρία) χρειάστηκαν δύο κύριες συνιστώσες ώστε η ερμηνεία της μέτρησης της εσωτερικής επιφάνειας να ανέλθει στο 82,28% της συνολικής παραλλακτικότητας, ενώ το ποσοστό της συνολικής παραλλακτικότητας ανέρχεται στο 100% με τη χρήση 4 κύριων συνιστωσών. Στον Πίνακα 3.3. παρατίθεται αναλυτικά η ανάλυση της παραλλακτικότητας.

Πίνακας 3.3. Συνολική παραλλακτικότητα της PCA για τα χαρακτηριστικά των φυσικών ιδιοτήτων (εσωτερικής επιφάνειας)

PCA	Μεταβολή παραλλακτικότητας (%)	Συνολική παραλλακτικότητα (%)
PC1	56,52	56,52
PC2	25,76	82,28
PC3	11,70	93,98
PC4	6,02	100,00

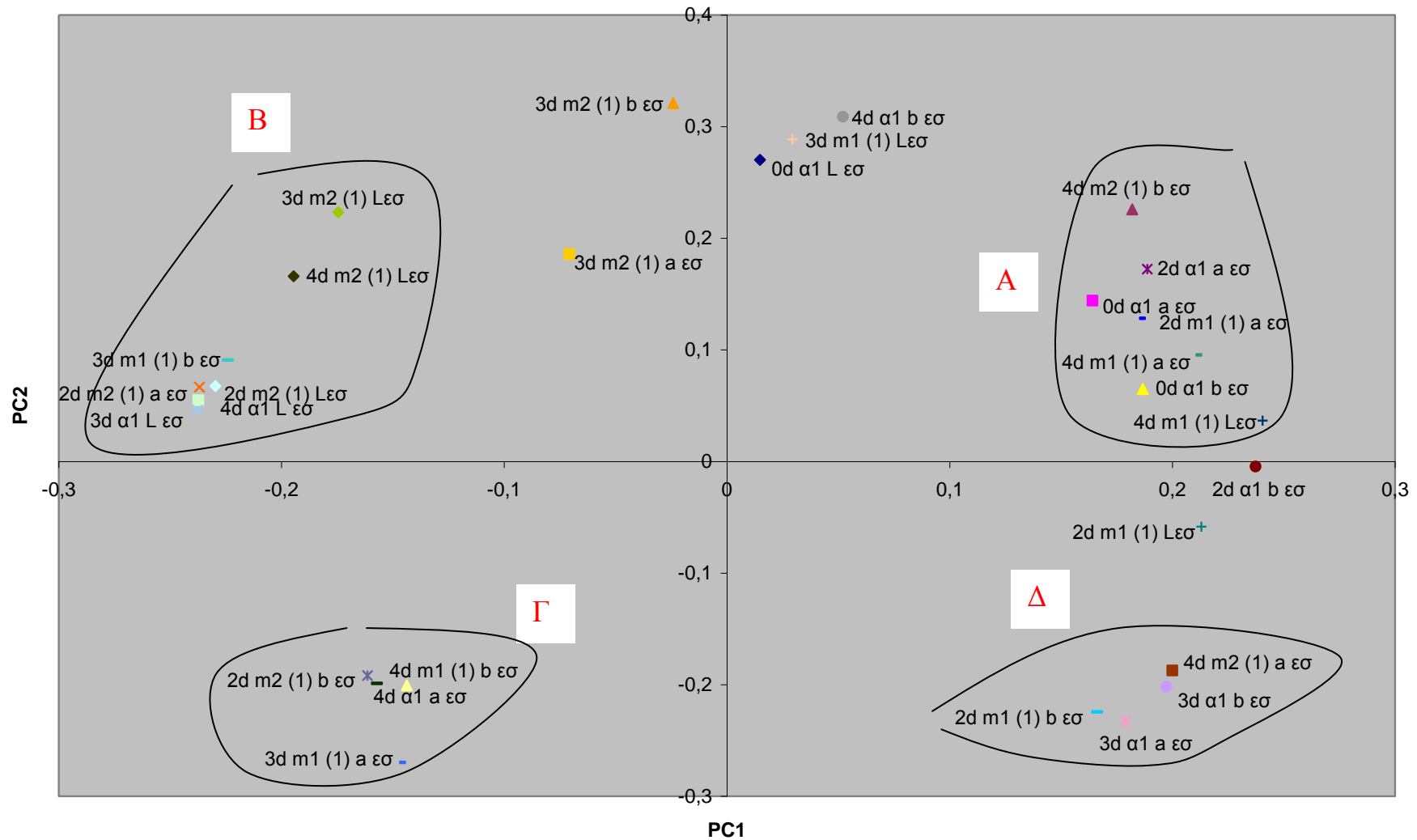
Οι δύο κύριες συνιστώσες όπως προαναφέρθηκε κατά την PCA (για την εσωτερική επιφάνεια της γαρίδας) εξηγούν το 82,28% της συνολικής παραλλακτικότητας των μεταβλητών. Πιο συγκεκριμένα, η PC1 ερμηνεύει το 56,52%, η PC2 το 25,76% και η PC3 το 11,70% και η PC4 το 6,02%.

Αρχικά, στο Σχήμα 3.7. παρουσιάζεται η κατανομή κατά PC1-PC2 όπου παρατηρούνται δύο ομαδοποιήσεις στο πρώτο τεταρτημόριο (ομάδα Α). Η μία εμφανίζεται για το χρωματικό παράγοντα ($a_{\text{εσωτερικό}}$) για το δείγμα της πρώτης σύστασης τη δεύτερη ημέρα και για τον μάρτυρα την πρώτη ημέρα του πειράματος. Όσον αφορά, το χρωματικό παράγοντα ($b_{\text{εσωτερικό}}$) διακρίνεται συσχέτιση του δεύτερου δείγματος της δεύτερης σύστασης την τέταρτη ημέρα καθώς και του μάρτυρα της

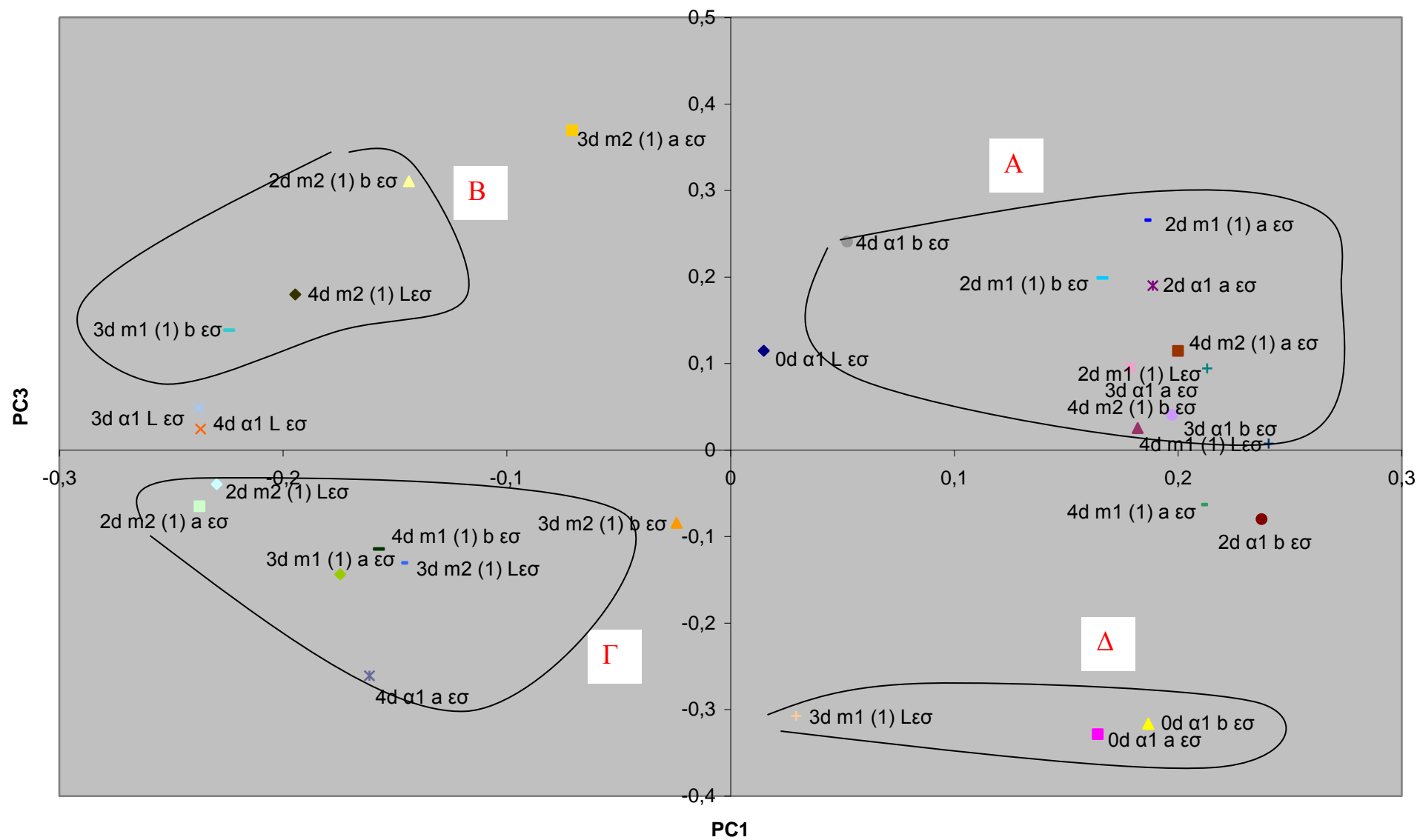
πρώτης ημέρας. Ενώ, στο δεύτερο τεταρτημόριο (ομάδα Β) ο χρωματικός παράγοντας ($L_{\text{εσωτερικό}}$) συσχετίζει το δείγμα της δεύτερης σύστασης για την τρίτη και την τέταρτη ημέρα και επιπλέον για τους μάρτυρες των παραπάνω ημερών. Στην ομάδα Γ συσχετίζονται τα πρώτα δείγματα και των δύο συστάσεων τη δεύτερη και την τέταρτη ημέρα για το ($b_{\text{εσωτερικό}}$), ενώ για το ($a_{\text{εσωτερικό}}$) το πρώτο δείγμα της πρώτης σύστασης την τρίτη ημέρα με το μάρτυρα της τέταρτης ημέρας. Ωστόσο, στο τέταρτο τεταρτημόριο (ομάδα Δ) το ($b_{\text{εσωτερικό}}$) συσχετίζει το μάρτυρα της τρίτης ημέρας με το πρώτο δείγμα της πρώτης σύστασης τη δεύτερη ημέρα, ενώ το ($a_{\text{εσωτερικό}}$) συσχετίζει το μάρτυρα της τρίτης ημέρας με το πρώτο δείγμα της δεύτερης σύστασης την τέταρτη ημέρα.

Κατά την κατανομή PC1-PC3 παρουσιάζονται ομαδοποιήσεις σε όλα τα τεταρτημόρια. Στο πρώτο (ομάδα Α) ο χρωματικός παράγοντας ($a_{\text{εσωτερικό}}$) συσχετίζει τα δείγματα και των δύο συστάσεων, τη δεύτερη ημέρα για την πρώτη σύσταση και την τέταρτη ημέρα για τη δεύτερη σύσταση. Ακόμη, τους μάρτυρες της δεύτερης, τρίτης και τέταρτης ημέρας. Επιπλέον, ο χρωματικός παράγοντας ($b_{\text{εσωτερικό}}$) ομαδοποιεί τους μάρτυρες της τρίτης και της τέταρτης ημέρας, καθώς επίσης και το δείγμα της πρώτης σύστασης τη δεύτερη ημέρα και το δείγμα της δεύτερης σύστασης την τέταρτη ημέρα. Στο δεύτερο (ομάδα Β) το ($b_{\text{εσωτερικό}}$) ομαδοποιεί τους πρώτους μάρτυρες και των δύο συστάσεων τη δεύτερη και την τρίτη ημέρα, αντίστοιχα. Στο τρίτο τεταρτημόριο (ομάδα Γ) ο χρωματικός παράγοντας ($a_{\text{εσωτερικό}}$) συσχετίζει τα δείγματα και των δύο συστάσεων, τη δεύτερη ημέρα για τη δεύτερη σύσταση και την τρίτη ημέρα για την πρώτη σύσταση. Ενώ, στην ομάδα Δ το ($a_{\text{εσωτερικό}}$) και το ($b_{\text{εσωτερικό}}$) ομαδοποιούν τον πρώτο μάρτυρα για την πρώτη ημέρα του πειράματος.

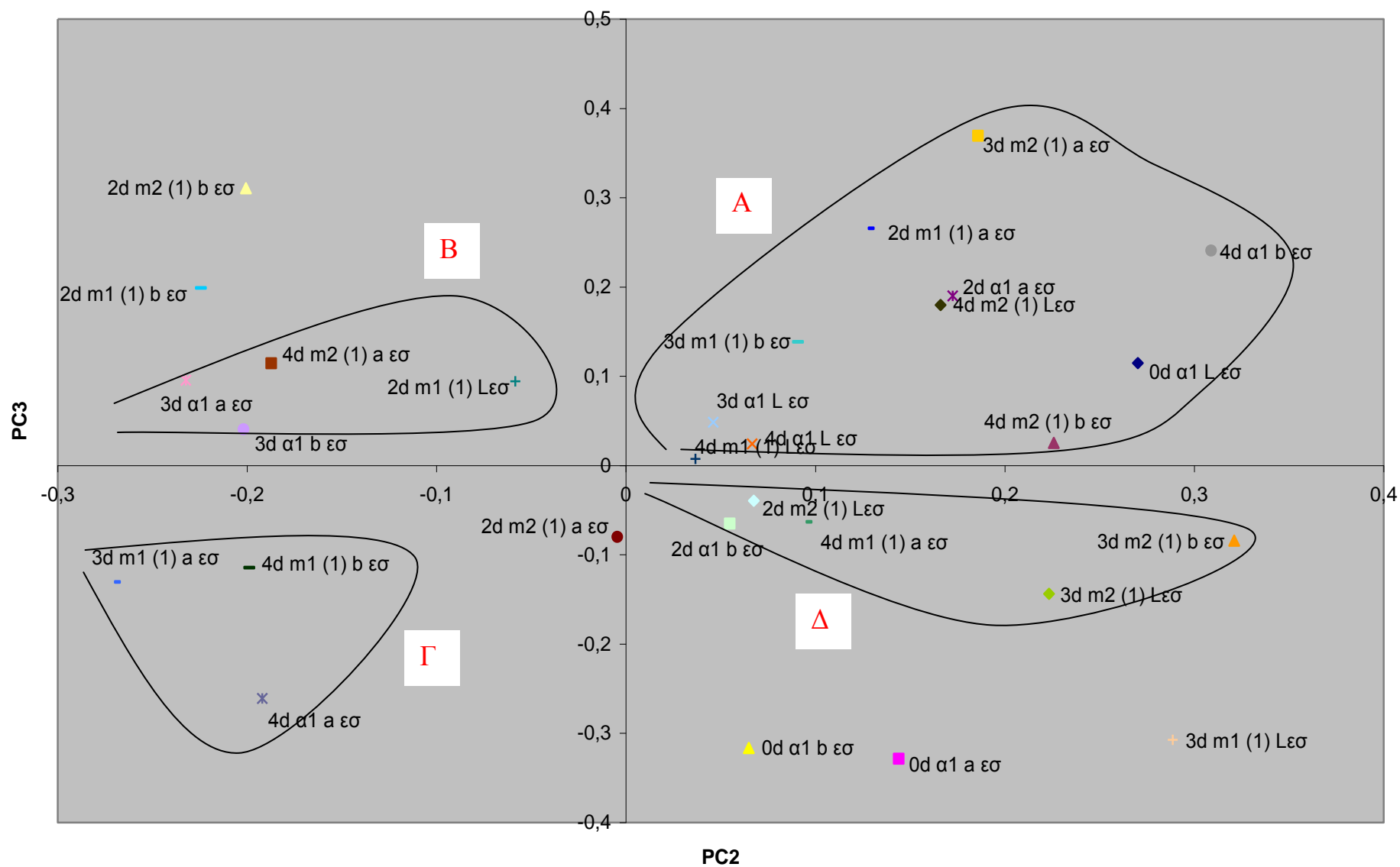
Τέλος, κατά την κατανομή PC2-PC3 (Σχήμα 3.9) υπάρχουν ομαδοποιήσεις σε όλα τα τεταρτημόρια. Στην ομάδα Α για το χρωματικό παράγοντα ($a_{\text{εσωτερικό}}$) τα δείγματα και των δύο συστάσεων τη δεύτερη (για την πρώτη σύσταση) και την τρίτη ημέρα (για τη δεύτερη σύσταση) αντίστοιχα. Ακολούθως, ο χρωματικός παράγοντας ($b_{\text{εσωτερικό}}$) ομαδοποιεί το μάρτυρα την τέταρτη ημέρα, το δείγμα της δεύτερης σύστασης την τέταρτη ημέρα και το δείγμα της πρώτης σύστασης την τρίτη ημέρα. Τέλος, ο χρωματικός παράγοντας ($L_{\text{εσωτερικό}}$) ομαδοποιεί το μάρτυρα της πρώτης, της τρίτης και της τέταρτης ημέρας και τα δείγματα των δύο συστάσεων την τέταρτη ημέρα. Στην ομάδα Β το ($a_{\text{εσωτερικό}}$) συσχετίζει το μάρτυρα της τρίτης ημέρας με το πρώτο δείγμα της δεύτερης σύστασης την τέταρτη ημέρα και το ($a_{\text{εσωτερικό}}$), ($b_{\text{εσωτερικό}}$) τους μάρτυρες της τρίτης ημέρας. Ακολούθως, στην ομάδα Γ το ($a_{\text{εσωτερικό}}$) συσχετίζει το μάρτυρα της τέταρτης ημέρας με το δείγμα της πρώτης σύστασης την τρίτη ημέρα, καθώς επίσης τα δείγματα της πρώτης σύστασης για το ($a_{\text{εσωτερικό}}$) και το ($b_{\text{εσωτερικό}}$) την Τρίτη και την τέταρτη ημέρα, αντίστοιχα. Στο τέταρτο τεταρτημόριο (ομάδα Δ) παρατηρείται ότι το ($b_{\text{εσωτερικό}}$) ομαδοποιεί το πρώτο δείγμα της δεύτερης σύστασης την τρίτη ημέρα και το μάρτυρα της δεύτερης ημέρας. Ακόμη, χρωματικός παράγοντας ($L_{\text{εσωτερικό}}$) συσχετίζει τα δείγματα της δεύτερης σύστασης τη δεύτερη και την τρίτη ημέρα.



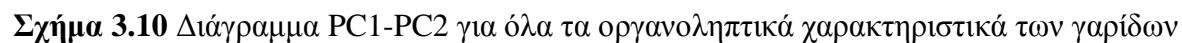
Σχήμα 3.7. Διάγραμμα PC1-PC2 για τη μέτρηση χρώματος (εσωτερική επιφάνεια) των γαρίδων

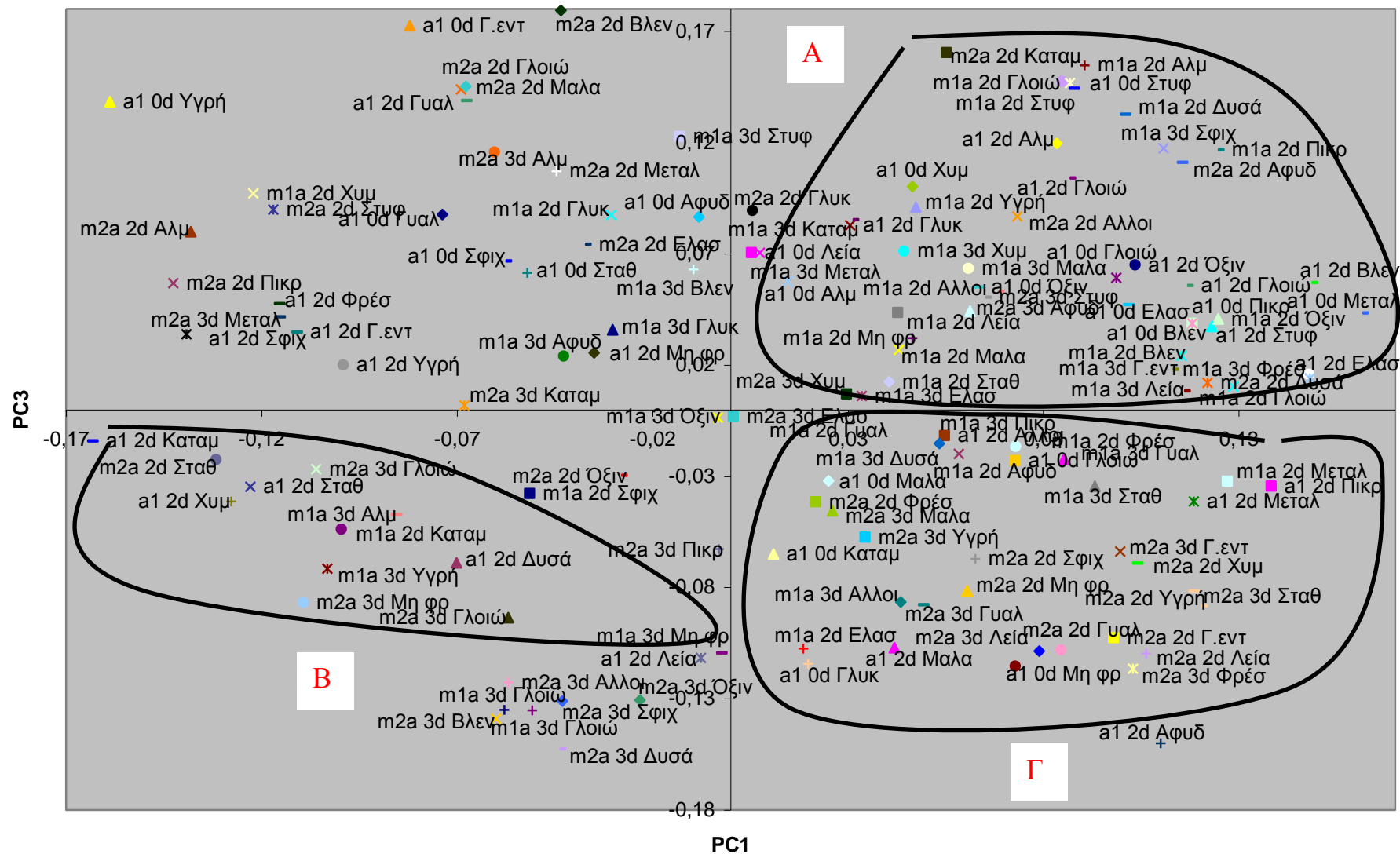


Σχήμα 3.8. Διάγραμμα PC1-PC3 για τη μέτρηση χρώματος (εσωτερική επιφάνεια) των γαρίδων

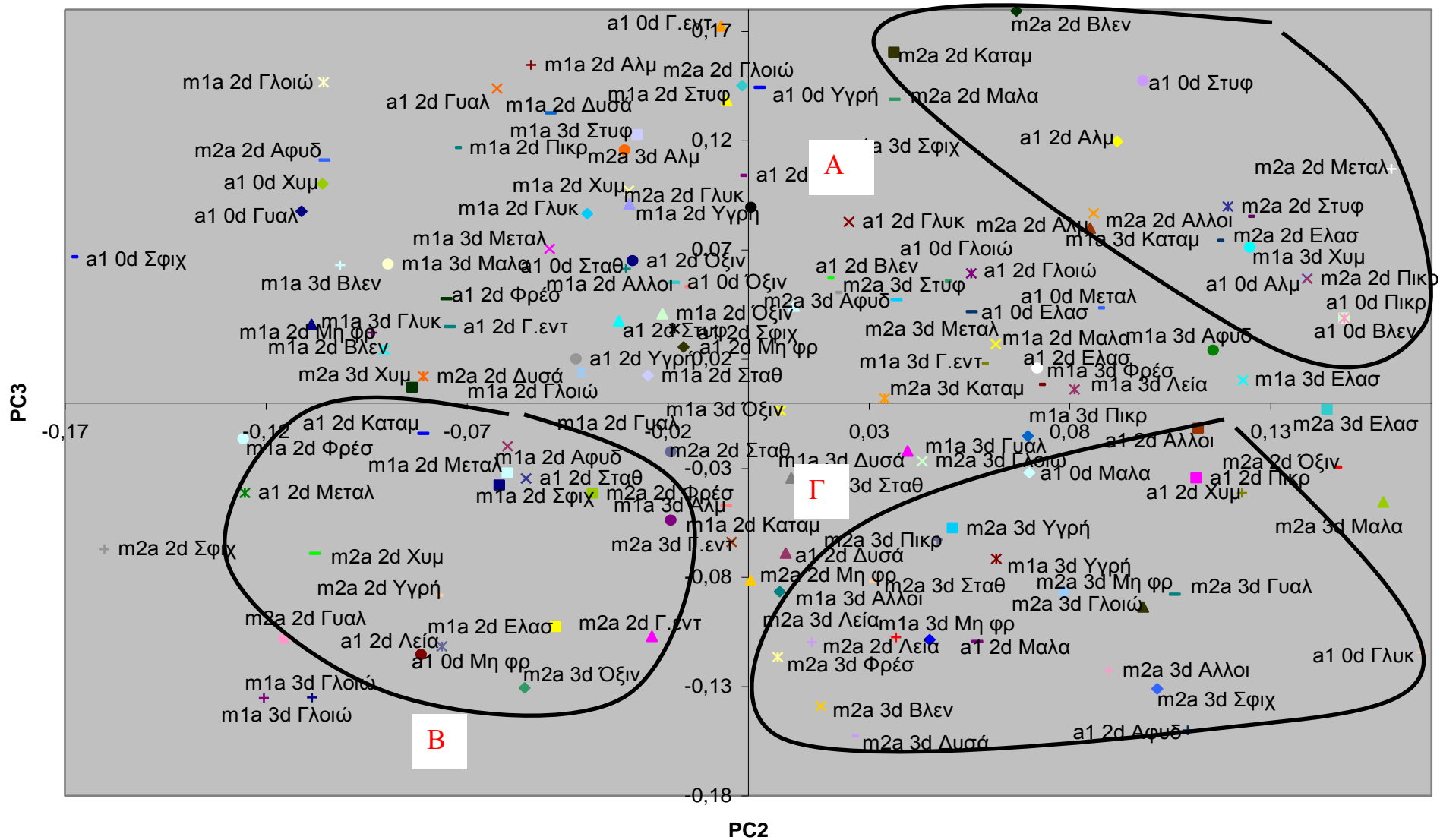


Σχήμα 3.9. Διάγραμμα PC2-PC3 για τη μέτρηση χρώματος (εσωτερική επιφάνεια) των γαρίδων





Σχήμα 3.11 Διάγραμμα PC1-PC3 για όλα τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των γαρίδων



Σχήμα 3.12 Διάγραμμα PC2-PC3 για όλα τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των γαρίδων

Η ανάλυση σε κύριες συνιστώσες έλαβε χώρα και για τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του βρασμένου εδωδιμου μέρους των γαρίδων που προέρχεται από τις τρεις διαφορετικές μεταχειρίσεις που προαναφέρθηκαν.

Πίνακας 3.4. Επεξήγηση των κωδικοποιημένων οργανοληπτικών χαρακτηριστικών

Συντομογραφίες	Επεξήγηση
Γυαλ	Γυαλιστερή
Λεία	Λεία
Υγρή	Υγρή
Αφυδ	Αφυδατωμένη
Γλοιώ	Γλοιώδης εμφάνιση
Φρέσ	Φρέσκο
Μη φρ	Μη φρέσκο
Αλλοι	Αλλοιωμένο
Δυσά	Δυσάρεστη
Σταθ	Σταθερή
Σφιχ	Σφιχτή
Ελασ	Ελαστική
Μαλα	Μαλακή
Βλεν	Βλεννώδης
Καταμ	Καταμερισμός
Αλμ	Αλμυρή
Πικρ	Πικρή
Στυφ	Στυφή
Γλυκ	Γλυκιά
Μεταλ	Μεταλλική
Όξιν	Όξινη
Χυμ	Χυμώδης
Γλοιώ	Γλοιώδης γεύση
Γ. Εντ	Γενική εντύπωση

Όσον αφορά, την τρίτη ημέρα του πειράματος, οι μάρτυρες δεν ήταν σε κατάλληλη κατάσταση για κατανάλωση-δοκιμή σε αντίθεση με τα δείγματα υπό ΜΑΡ (1,2) στα οποία μπορούσαν να γίνουν οι οργανοληπτικές μετρήσεις, ενώ την τέταρτη

ημέρα του πειράματος δεν έγιναν μετρήσεις για τις οργανοληπτικές ιδιότητες λόγω ακαταλληλότητας του προϊόντος για κατανάλωση από τους δοκιμαστές, (δυσάρεστη οσμή). Η κωδικοποίηση των μεταβλητών επεξηγείται στον Πίνακα 3.4.

Η μελέτη των οργανοληπτικών παραμέτρων αφορά χαρακτηριστικά όπως την εμφάνιση, την οσμή, τη δομή και τη γεύση. Οι τρεις κύριες συνιστώσες κατά την PCA εξηγούν το 35,37% της συνολικής παραλλακτικότητας των μεταβλητών. Πιο συγκεκριμένα, η PC1 ερμηνεύει το 13,51%, η PC2 το 12,19% και η PC3 το 9,67%.

Πίνακας 3.5. Συνολική παραλλακτικότητα της PCA για τα όλα τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά

PCA	Μεταβολή παραλλακτικότητας (%)	Συνολική παραλλακτικότητα (%)
PC1	13,51	13,51
PC2	12,19	25,70
PC3	9,67	35,37
PC4	8,10	43,47
PC5	7,41	50,88
PC6	6,87	57,75
PC7	6,60	64,35
PC8	6,07	70,42
PC9	5,11	75,53
PC10	4,70	80,22
PC11	4,22	84,44
PC12	3,76	88,20
PC13	3,20	91,40
PC14	2,89	94,28
PC15	2,25	96,53
PC16	0,69	97,22
PC17	0,69	97,92
PC18	0,69	98,61
PC19	0,69	99,31
PC20	0,69	100,00

Η συνολική παραλλακτικότητα ανέρχεται στο 100% με τη χρήση 20 κύριων συνιστωσών. Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφερθεί πως όλες οι αρχικές μεταβλητές της οργανοληπτικής ανάλυσης των γαρίδων παρουσιάζουν σχετικά υψηλή παραλλακτικότητα και μεγάλο ποσοστό διασποράς λόγω των υποκειμενικών κριτηρίων

των δοκιμαστών, οι οποίοι αποτελούσαν συνολικά στην οργανοληπτική ανάλυση το “πάνελ”. Στον Πίνακα 3.5 παρατίθεται η ανάλυση της παραλλακτικότητας των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών.

Στο παραπάνω Σχήμα 3.10. παρουσιάζεται η κατανομή κατά PC1-PC2 όλων των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών και των τριών μεταχειρίσεων. Στο διάγραμμα του Σχήματος 3.10, τα χαρακτηριστικά της οσμής των γαρίδων (φρέσκια, αλλοιωμένη και δυσάρεστη) του πρώτου μάρτυρα της ατμόσφαιρας, την πρώτη ημέρα του πειράματος, καθώς επίσης και το χαρακτηριστικό της γενικής εντύπωσης στο πρώτο δείγμα της πρώτης σύστασης, τη δεύτερη ημέρα, βρίσκονται στην αρχή των αξόνων PC1, PC2 και PC3 στο σημείο με συντεταγμένες (0,0) στα Σχήματα 3.10., 3.11 και 3.12, αντίστοιχα.

Αρχικά, χρειάστηκαν 10 κύριες συνιστώσες ώστε η ερμηνεία να ανέλθει στο 80,22% της συνολικής παραλλακτικότητας, ενώ το ποσοστό της συνολικής παραλλακτικότητας ανέρχεται στο 100% με τη χρήση 20 κύριων συνιστωσών. Στον Πίνακα 3.5. παρατίθεται αναλυτικά η ανάλυση της παραλλακτικότητας.

Στο Σχήμα 3.10. (PC1-PC2) στο πρώτο τεταρτημόριο (ομάδα Α) παρατηρούνται δύο μεγάλες ομάδες. Η πρώτη μεγάλη ομάδα, που εμφανίζεται στο πρώτο τεταρτημόριο, συγκεντρώνει τα περισσότερα οργανοληπτικά γεύσης για τη μεταχείριση του πρώτου μάρτυρα της ατμόσφαιρας την πρώτη ημέρα του πειράματος. Κάτι ανάλογο παρατηρείται και για το πρώτο δείγμα της δεύτερης σύστασης την τρίτη ημέρα. Ακόμη, στην ομάδα Β ομαδοποιείται το χαρακτηριστικό της γλοιώδους εμφάνισης για τα δείγματα της δεύτερης σύστασης τη δεύτερη και την τρίτη ημέρα, αντίστοιχα. Στο τρίτο τεταρτημόριο (ομάδα Γ) ομαδοποιούνται τα περισσότερα χαρακτηριστικά της δομής και της οσμής για τον πρώτο μάρτυρα τη δεύτερη ημέρα. Ενώ, στην ομάδα Δ το

χαρακτηριστικό της χυμώδους γεύσεως ομαδοποιεί τα δείγματα της δεύτερης σύστασης τη δεύτερη και την τρίτη ημέρα και το μάρτυρα της πρώτης ημέρας.

Στο Σχήμα 3.11 στην ομάδα Α συσχετίζονται τα περισσότερα χαρακτηριστικά του πρώτου δείγματος, της πρώτης και της δεύτερης σύστασης της δεύτερης ημέρας. Επιπλέον, στο τρίτο τεταρτημόριο (ομάδα Β) τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά της δομής του πρώτου μάρτυρα της δεύτερης ημέρας συσχετίζονται. Ενώ, στο τέταρτο τεταρτημόριο (ομάδα Γ) ομαδοποιούνται τα χαρακτηριστικά οσμής και δομής του πρώτου δείγματος της δεύτερης σύστασης τη δεύτερη και τρίτη ημέρα αντίστοιχα.

Τέλος, στο Σχήμα 3.12 εμφανίζονται τρεις μεγάλες ομάδες (Α,Β και Γ). Στο πρώτο τεταρτημόριο (ομάδα Α) ομαδοποιούνται τα χαρακτηριστικά της γεύσης και της δομής για το πρώτο δείγμα της δεύτερης σύστασης της δεύτερης ημέρας. Ακόμη, στο τρίτο τεταρτημόριο (ομάδα Β) ομαδοποιούνται τα χαρακτηριστικά της οσμής και της γεύσης του πρώτου δείγματος και των δύο συστάσεων της δεύτερης ημέρας. Στο τέταρτο τεταρτημόριο (ομάδα Γ) συσχετίζονται τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά της γεύσης και της εμφάνισης του πρώτου δείγματος, της δεύτερης σύστασης για την τρίτη ημέρα του πειράματος.

Η εικόνα των ομαδοποιήσεων και των διαφοροποιήσεων, όμως, είναι πιο ευκρινής και πιο κατανοητή όταν η PCA εφαρμόζεται χωριστά για κάθε κατηγορία χαρακτηριστικών γνωρισμάτων. Οι κατηγορίες που λαμβάνονται για την ανάλυση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών είναι η εμφάνιση, η δομή και η γεύση.

Αρχικά, γίνεται μια ανάλυση της εμφάνισης σε κύριες συνιστώσες. Στην ανάλυση της εμφάνισης χρειάστηκαν 7 κύριες συνιστώσες για να εξηγηθεί το 78,05% της συνολικής παραλλακτικότητας, ενώ το ποσοστό της συνολικής παραλλακτικότητας

ανέρχεται στο 100% με τη χρήση 15 κύριων συνιστωσών. Στον Πίνακα 3.6. δίνεται αναλυτικά η αθροιστική παραλλακτικότητα και η μεταβολή της σε κάθε PCA.

Στο Σχήμα 3.13 παρουσιάζεται η κατανομή κατά PC1-PC2 της εμφάνισης του εδωδιμου μέρους των γαρίδων και από τις τρεις μεταχειρίσεις. Οι τρεις κύριες συνιστώσες κατά την PCA εξηγούν το 47,71% της συνολικής παραλλακτικότητας των μεταβλητών. Πιο συγκεκριμένα, η PC1 ερμηνεύει το 18,64%, η PC2 το 16,46% και η PC3 το 12,60%. Παρατηρείται η συνάθροιση των παραμέτρων σε ομάδες και στα τέσσερα τεταρτημόρια.

Στο πρώτο τεταρτημόριο (ομάδα Α) η γυαλιστερή επιφάνεια εμφανίζεται στα πρώτα δείγματα και των δύο συστάσεων τη δεύτερη ημέρα καθώς επίσης η λεία επιφάνεια των γαρίδων στο πρώτο δείγμα της πρώτης σύστασης τη δεύτερη ημέρα και στον πρώτο μάρτυρα του ατμοσφαιρικού αέρα την πρώτη και τη δεύτερη ημέρα του πειράματος. Στο δεύτερο τεταρτημόριο (ομάδα Β) στον πρώτο μάρτυρα της δεύτερης σύστασης, τη δεύτερη ημέρα εμφανίζεται άμεση συσχέτιση της υγρής και με τη λεία εμφάνιση. Στο τρίτο τεταρτημόριο (ομάδα Γ) εμφανίζεται συσχέτιση της αφυδατωμένης επιφάνειας στον πρώτο μάρτυρα της πρώτης ημέρας και στο πρώτο δείγμα της πρώτης σύστασης την τρίτη ημέρα. Ακόμη, στο τέταρτο τεταρτημόριο (ομάδα Δ) ομαδοποιείται ο πρώτος μάρτυρας της δεύτερης σύστασης της δεύτερης ημέρας με τον αντίστοιχο της τρίτης ημέρας όσον αφορά τη γλοιώδη επιφάνεια. Ο πρώτος μάρτυρας της πρώτης και δεύτερης ημέρας των μετρήσεων ομαδοποιεί δύο χαρακτηριστικά της γυαλιστερής και της υγρής επιφάνειας.

Πίνακας 3.6. Συνολική παραλλακτικότητα της PCA για την εμφάνιση των γαρίδων

PCA	Μεταβολή παραλλακτικότητας (%)	Συνολική παραλλακτικότητα (%)
PC1	18,64	18,64
PC2	16,46	35,10
PC3	12,60	47,71
PC4	10,63	58,33
PC5	7,71	66,04
PC6	6,37	72,41
PC7	5,64	78,05
PC8	5,41	83,46
PC9	4,29	87,76
PC10	3,80	91,56
PC11	2,49	94,05
PC12	2,08	96,12
PC13	1,86	97,99
PC14	1,08	99,07
PC15	0,93	100,00

Κατά την κατανομή PC2-PC3 (Σχήμα 3.14) στο πρώτο τεταρτημόριο (ομάδα Α) η αφυδατωμένη επιφάνεια ομαδοποιεί το πρώτο δείγμα της πρώτης σύστασης τη δεύτερη ημέρα, με το πρώτο δείγμα της δεύτερης σύστασης την τρίτη ημέρα και το πρώτο μάρτυρα της δεύτερης ημέρας. Μία δεύτερη συσχέτιση εμφανίζεται με τη γυαλιστερή επιφάνεια στο πρώτο δείγμα της δεύτερης σύστασης τη δεύτερη ημέρα, με το πρώτο δείγμα της πρώτης σύστασης τη δεύτερη και την τρίτη ημέρα. Η τρίτη και τελευταία συσχέτιση που παρουσιάζεται στο πρώτο τεταρτημόριο, είναι η εμφάνιση της λείας επιφάνειας τη δεύτερη ημέρα που εμφανίζεται στον πρώτο μάρτυρα καθώς επίσης στο πρώτο δείγμα της δεύτερης σύστασης και ακολούθως στο πρώτο δείγμα της

πρώτης σύστασης. Στο δεύτερο τεταρτημόριο (ομάδα Β) τα χαρακτηριστικά της υγρής, της αφυδατωμένης και της γυαλιστερής επιφάνειας ομαδοποιούνται στον πρώτο μάρτυρα της πρώτης ημέρας και στο πρώτο δείγμα της πρώτης σύστασης της τρίτης ημέρας.

Επιπρόσθετα, κατά την κατανομή PC1-PC3 (Σχήμα 3.15) στο πρώτο τεταρτημόριο (ομάδα Α) εμφανίζεται συσχέτιση της γυαλιστερής επιφάνειας του πρώτου δείγματος της δεύτερης σύστασης και του πρώτου δείγματος της πρώτης σύστασης τη δεύτερη ημέρα, καθώς επίσης του πρώτου μάρτυρα της πρώτης και δεύτερης ημέρας του πειράματος. Η δεύτερη συσχέτιση στο ίδιο τεταρτημόριο αφορά τη γλοιώδη επιφάνεια, όσον αφορά το πρώτο δείγμα και των δύο συστάσεων την τρίτη ημέρα και το πρώτο δείγμα της πρώτης σύστασης τη δεύτερη ημέρα αντίστοιχα. Στο δεύτερο τεταρτημόριο (ομάδα Β) για όλες τις μεταχειρίσεις εκτός του πρώτου μάρτυρα της δεύτερης σύστασης το χαρακτηριστικό της αφυδατωμένης επιφάνειας συσχετίζεται. Το τρίτο τεταρτημόριο (ομάδα Γ) παρουσιάζει δύο συσχετίσεις. Η μία είναι της λείας επιφάνειας στο πρώτο δείγμα και των δύο συστάσεων την τρίτη ημέρα και η άλλη της γλοιώδους επιφάνειας του πρώτου μάρτυρα της πρώτης και της δεύτερης ημέρας του πειράματος.

Η ανάλυση σε κύριες συνιστώσες πραγματοποιείται για την εκτίμηση της δομής των γαρίδων που προέρχονται και από τις τρεις μεταχειρίσεις. Σε αυτή την ανάλυση απαιτούνται 8 κύριες συνιστώσες ώστε η συνολικής παραλλακτικότητα να ανέλθει στο 81,84%, ενώ το ποσοστό της συνολικής παραλλακτικότητας ανέρχεται στο 100% με τη χρήση 15 κύριων συνιστωσών. Στον Πίνακα 3.7. παρατίθεται η ανάλυση της παραλλακτικότητας.

Πίνακας 3.7. Συνολική παραλλακτικότητα της PCA για τη δομή των γαρίδων

PCA	Μεταβολή παραλλακτικότητας (%)	Συνολική παραλλακτικότητα (%)
PC1	17,57	17,57
PC2	15,15	32,73
PC3	11,20	43,93
PC4	10,24	54,17
PC5	8,60	62,77
PC6	7,47	70,24
PC7	6,36	76,60
PC8	5,25	81,84
PC9	4,28	86,12
PC10	3,97	90,10
PC11	3,34	93,43
PC12	2,33	95,77
PC13	1,64	97,41
PC14	1,40	98,81
PC15	1,19	100,00

Το διάγραμμα του Σχήματος 3.16. εξηγεί αθροιστικά το 32,73% της συνολικής παραλλακτικότητας και ειδικότερα, η PCA1 ερμηνεύει το 17,57% και η PCA2 το 15,15%. Στο πρώτο τεταρτημόριο (ομάδα Α) παρατηρούνται δύο συσχετίσεις εκ των οποίων η πρώτη παρατηρείται στη σταθερή δομή των πρώτων δειγμάτων και των δύο συστάσεων την τρίτη ημέρα, ενώ, η δεύτερη στην ελαστική δομή του πρώτου μάρτυρα ατμοσφαιρικού αέρα την πρώτη και τη δεύτερη ημέρα του πειράματος. Στο δεύτερο τεταρτημόριο (ομάδα Β) συγκεντρώνονται τα περισσότερα χαρακτηριστικά δομής για το πρώτο δείγμα της πρώτης σύστασης, τη δεύτερη ημέρα. Ακόμη, στο δεύτερο τεταρτημόριο εμφανίζεται η ομάδα Γ η οποία ομαδοποιεί το χαρακτηριστικό δομής

(καταμερισμός κατά τη μάσηση) για το μάρτυρα της πρώτης ημέρας και τα δείγματα των δύο συστάσεων, της πρώτης για τη δεύτερη ημέρα και της δεύτερης για την τρίτη ημέρα. Στο τρίτο τεταρτημόριο (ομάδα Δ) συγκεντρώνονται τα περισσότερα χαρακτηριστικά της δομής για τον πρώτο μάρτυρα του ατμοσφαιρικού αέρα τη δεύτερη ημέρα. Στο τέταρτο τεταρτημόριο (ομάδα Ε) εμφανίζονται δύο συσχετίσεις. Η μία παρατηρείται στη μαλακή δομή για τον πρώτο μάρτυρα του ατμοσφαιρικού αέρα την πρώτη και τη δεύτερη ημέρα του πειράματος, ενώ η δεύτερη για την ελαστική δομή στο πρώτο δείγμα και των δύο συστάσεων για την τρίτη και τη δεύτερη ημέρα αντίστοιχα.

Στο Σχήμα 3.17. και στην ομάδα Α ομαδοποιούνται τα τέσσερα χαρακτηριστικά (της ελαστικής, της μαλακής, της σταθερής δομής καθώς και του καταμερισμού κατά τη μάσηση) του πρώτου δείγματος της δεύτερης σύστασης την τρίτη ημέρα. Στο δεύτερο τεταρτημόριο (ομάδα Β) παρατηρείται ομαδοποίηση του χαρακτηριστικού (καταμερισμός κατά τη μάσηση) για το πρώτο δείγμα της πρώτης σύστασης τη δεύτερη και την τρίτη ημέρα καθώς και για τον πρώτο μάρτυρα αέρα τη δεύτερη ημέρα. Στο τρίτο τεταρτημόριο ομαδοποιούνται η σφικτή δομή για το μάρτυρα της δεύτερης ημέρας και για το δείγμα της πρώτης σύστασης τη δεύτερη ημέρα. Επιπλέον, υπάρχει συσχέτιση του μάρτυρα της πρώτης ημέρας για τα χαρακτηριστικά δομής (μαλακή, καταμερισμός κατά τη μάσηση). Τέλος, στο τέταρτο τεταρτημόριο (ομάδα Γ) εμφανίζονται δύο συσχετίσεις. Η μία αφορά την ελαστικότητα του πρώτου μάρτυρα του ατμοσφαιρικού αέρα την πρώτη και τη δεύτερη ημέρα και η δεύτερη το χαρακτηριστικό (βλεννώδης δομή) του πρώτου δείγματος της πρώτης σύστασης τη δεύτερη και την τρίτη ημέρα.

Επιπλέον, στο Σχήμα 3.18. (ομάδα Α) στο πρώτο τεταρτημόριο το χαρακτηριστικό της μαλακής δομής ομαδοποιείται το πρώτο δείγμα της πρώτης

σύστασης και το πρώτο δείγμα της δεύτερης σύστασης τη δεύτερη και την τρίτη ημέρα αντίστοιχα καθώς και ο πρώτος μάρτυρας της δεύτερης ημέρας. Στο δεύτερο τεταρτημόριο (ομάδα Β) παρατηρείται η ίδια ομαδοποίηση με το πρώτο αλλά για το χαρακτηριστικό του καταμερισμού κατά τη μάσηση. Στο τρίτο τεταρτημόριο (ομάδα Γ) μία ομαδοποίηση του χαρακτηριστικού της σφιχτής δομής του πρώτου δείγματος και των δύο συστάσεων τη δεύτερη ημέρα και ακόμη των δύο πρώτων μαρτύρων ατμοσφαιρικού αέρα την πρώτη και τη δεύτερη ημέρα. Ωστόσο, στο τέταρτο τεταρτημόριο (ομάδα Δ) ομαδοποιούνται για το χαρακτηριστικό ελαστική δομή οι πρώτοι μάρτυρες της πρώτης και δεύτερης ημέρας αντίστοιχα καθώς και το πρώτο δείγμα της πρώτης σύστασης την τρίτη ημέρα.

Σύμφωνα με τα παραπάνω αξιολογείται στατιστικά και το οργανοληπτικό χαρακτηριστικό “γεύση”. Απαιτούνται 8 κύριες συνιστώσες για να ανέλθει η συνολική παραλλακτικότητα στο 77,89%, ενώ το ποσοστό της συνολικής παραλλακτικότητας ανέρχεται στο 100% με 17 κύριες συνιστώσες. Ειδικότερα, η PC1 ερμηνεύει το 16,28%, η PC2 το 13,95% και η PC3 το 12,19% της συνολικής παραλλακτικότητας. Ο Πίνακας 3.8. που ακολουθεί παρουσιάζει αναλυτικά την παραλλακτικότητα.

Στο Σχήμα 3.19. που ακολουθεί στο πρώτο τεταρτημόριο (ομάδα Α) υπάρχουν τρεις συσχετίσεις, εκ των οποίων η πρώτη αφορά την πικρή γεύση που συσχετίζει τους πρώτους μάρτυρες της πρώτης και δεύτερης ημέρας, καθώς επίσης τα πρώτα δείγματα της πρώτης σύστασης τη δεύτερη και τρίτη ημέρα αντίστοιχα και ακολούθως το πρώτο δείγμα της δεύτερης σύστασης την τρίτη ημέρα. Ακόμη, για το χαρακτηριστικό ‘όξινη’ συσχετίζονται το πρώτο δείγμα της πρώτης ατμόσφαιρας τη δεύτερη ημέρα και οι πρώτοι μάρτυρες την πρώτη και δεύτερη ημέρα του πειράματος. Η τελευταία ομάδα για αυτό το τεταρτημόριο εμφανίζεται για τη μεταλλική γεύση στα πρώτα δείγματα της

πρώτης σύστασης τη δεύτερη και την τρίτη ημέρα αντίστοιχα, όπως και για τον πρώτο μάρτυρα την πρώτη ημέρα.

Πίνακας 3.8. Συνολική παραλλακτικότητα της PCA για τη γεύση των γαρίδων

PCA	Μεταβολή παραλλακτικότητας (%)	Συνολική παραλλακτικότητα (%)
PC1	16,28	16,28
PC2	13,95	30,23
PC3	12,19	42,42
PC4	9,41	51,83
PC5	7,77	59,60
PC6	6,98	66,58
PC7	5,87	72,45
PC8	5,44	77,89
PC9	4,22	82,11
PC10	3,76	85,87
PC11	3,25	89,12
PC12	2,60	91,72
PCA13	1,85	93,58
PCA14	1,85	95,43
PCA15	1,84	97,27
PCA16	1,56	98,84
PCA17	1,16	100,00

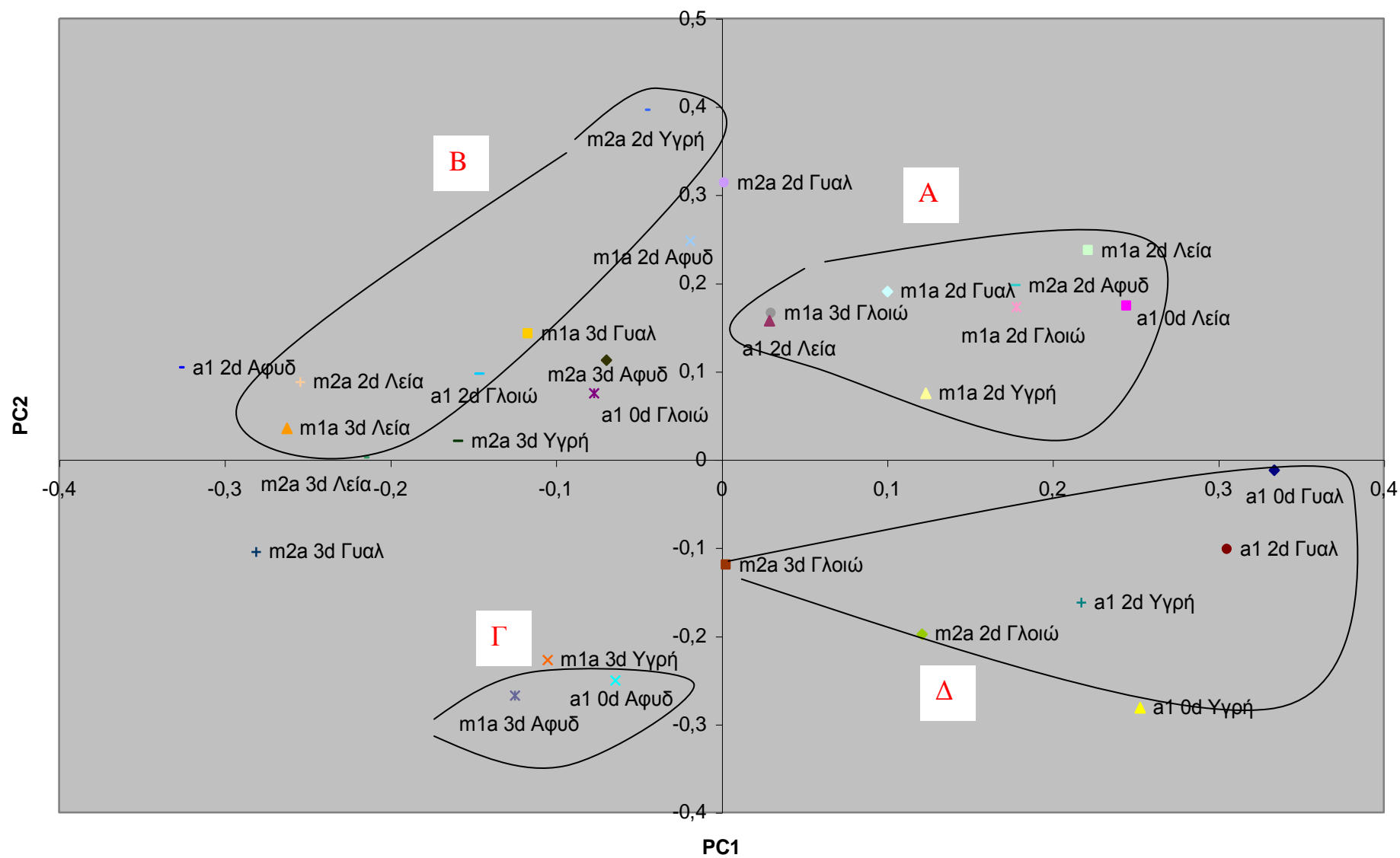
Στο δεύτερο τεταρτημόριο (ομάδα Β) παρατηρείται μία ομάδα η οποία αφορά την αλμυρή γεύση για τα πρώτα δείγματα της δεύτερης σύστασης τη δεύτερη ημέρα και την τρίτη ημέρα αντίστοιχως, όπως και για τον πρώτο μάρτυρα της πρώτης ημέρας. Στο τρίτο τεταρτημόριο διακρίνονται δύο συσχετίσεις. Η πρώτη αφορά τη χυμώδη γεύση για το πρώτο δείγμα της πρώτης σύστασης τη δεύτερη ημέρα του πειράματος και η δεύτερη το πρώτο δείγμα της πρώτης σύστασης τη δεύτερη ημέρα για τα δύο χαρακτηριστικά γεύσης (γλυκιά και χυμώδης). Στην ομάδα Δ τα δείγματα της δεύτερης σύστασης ομαδοποιούνται τη δεύτερη και την τρίτη ημέρα, όσον αφορά το

χαρακτηριστικό γεύσης “χυμώδης” και τα δείγματα της δεύτερης σύστασης τη δεύτερη ημέρα συσχετίζονται για τα χαρακτηριστικά (Γεν. εντύπωση και χυμώδης). Τέλος, δεν υπάρχει συσχέτιση στις PC1-PC2 των γενικών χαρακτηριστικών.

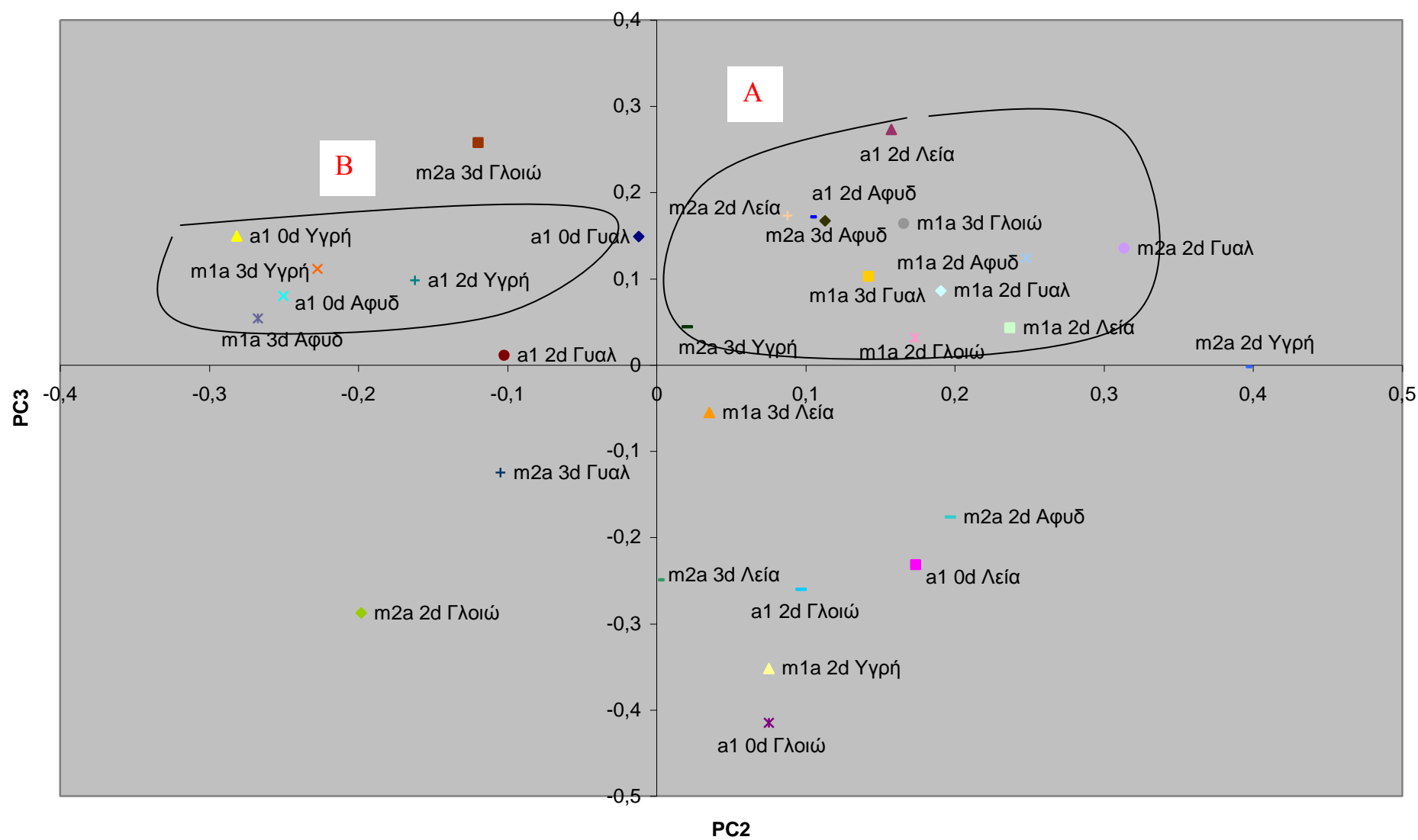
Στο Σχήμα 3.20 που ακολουθεί υπάρχουν ομαδοποιήσεις σε όλα τα τεταρτημόρια. Στο πρώτο τεταρτημόριο (ομάδα Α) υπάρχουν δύο συσχετίσεις. Η πρώτη παρουσιάζεται για τη μεταλλική γεύση στο πρώτο δείγμα της πρώτης σύστασης τη δεύτερη και την τρίτη ημέρα και για τον πρώτο μάρτυρα τη δεύτερη ημέρα. Η δεύτερη αφορά την όξινη γεύση για τον πρώτο μάρτυρα της πρώτης και δεύτερης ημέρας αντίστοιχα, καθώς επίσης και για το πρώτο δείγμα της πρώτης σύστασης τη δεύτερη ημέρα. Ακόμη, στο πρώτο τεταρτημόριο συσχετίζονται όλα τα χαρακτηριστικά γεύσης, για τον πρώτο μάρτυρα της δεύτερης ημέρας. Στο δεύτερο τεταρτημόριο (ομάδα Β) για το χαρακτηριστικό γεύσης ‘αλμυρή’ το πρώτο δείγμα της δεύτερης σύστασης για τη δεύτερη και την τρίτη ημέρα αντίστοιχα και ακολούθως τα πρώτα δείγματα της πρώτης σύστασης για την τρίτη ημέρα. Τα τέσσερα χαρακτηριστικά (πικρή, στυφή, μεταλλική και όξινη) συσχετίζονται στο τρίτο τεταρτημόριο (ομάδα Γ). Τέλος, στην ομάδα Δ το χαρακτηριστικό της Γεν. εντύπωσης συσχετίζει τα δείγματα της δεύτερης σύστασης τη δεύτερη και την τρίτη ημέρα και της πρώτης σύστασης την τρίτη ημέρα. Ακόμη, συσχετίζονται οι μάρτυρες της πρώτης και δεύτερης ημέρας του πειράματος για το χαρακτηριστικό γεύσης “πικρή”.

Αναλύοντας την PC2-PC3 στο Σχήμα 3.21, στο πρώτο τεταρτημόριο (ομάδα Α) συσχετίζονται ο πρώτος μάρτυρας την πρώτη και τη δεύτερη ημέρα το πειράματος, καθώς επίσης και ο πρώτος μάρτυρας της πρώτης σύστασης τη δεύτερη και την τρίτη ημέρα αντίστοιχα με το χαρακτηριστικό γεύσης ‘όξινη’. Στο δεύτερο τεταρτημόριο (ομάδα Β) συσχετίζεται το χαρακτηριστικό της Γεν. εντύπωσης για τους μάρτυρες της

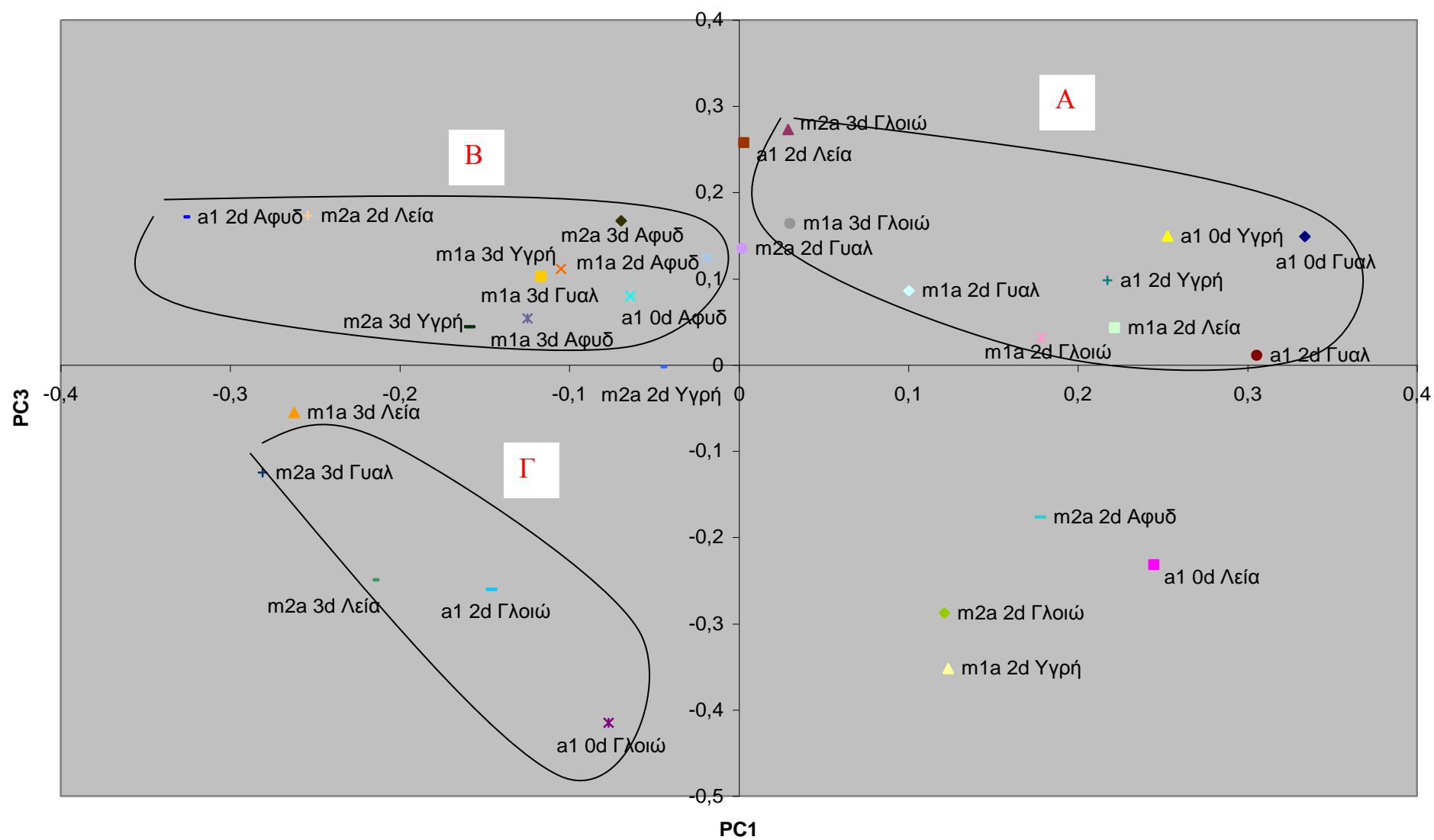
πρώτης και δεύτερης ημέρας, ενώ της γλυκιάς γεύσης για τα δείγματα της πρώτης σύστασης τη δεύτερη και την τρίτη ημέρα, αντίστοιχα. Ακόμη, στην ομάδα Γ η στυφή γεύση συσχετίζεται για το πρώτο δείγμα της πρώτης σύστασης την πρώτη και δεύτερη ημέρα, για το πρώτο δείγμα της δεύτερης σύστασης την τρίτη ημέρα και τέλος για τον πρώτο μάρτυρα της δεύτερης ημέρας. Το χαρακτηριστικό χυμώδης του τρίτου τεταρτημορίου συσχετίζει το πρώτο δείγμα της δεύτερης σύστασης, τη δεύτερη και την τρίτη ημέρα και ακολούθως τον πρώτο μάρτυρα της δεύτερης ημέρας. Επιπλέον, στο τέταρτο τεταρτημόριο (ομάδα Δ) η πικρή γεύση συσχετίζει το πρώτο δείγμα της πρώτης σύστασης της τρίτης ημέρας, το πρώτο δείγμα της δεύτερης σύστασης τη δεύτερη ημέρα και τους πρώτους μάρτυρες την πρώτη και τη δεύτερη ημέρα του πειράματος.



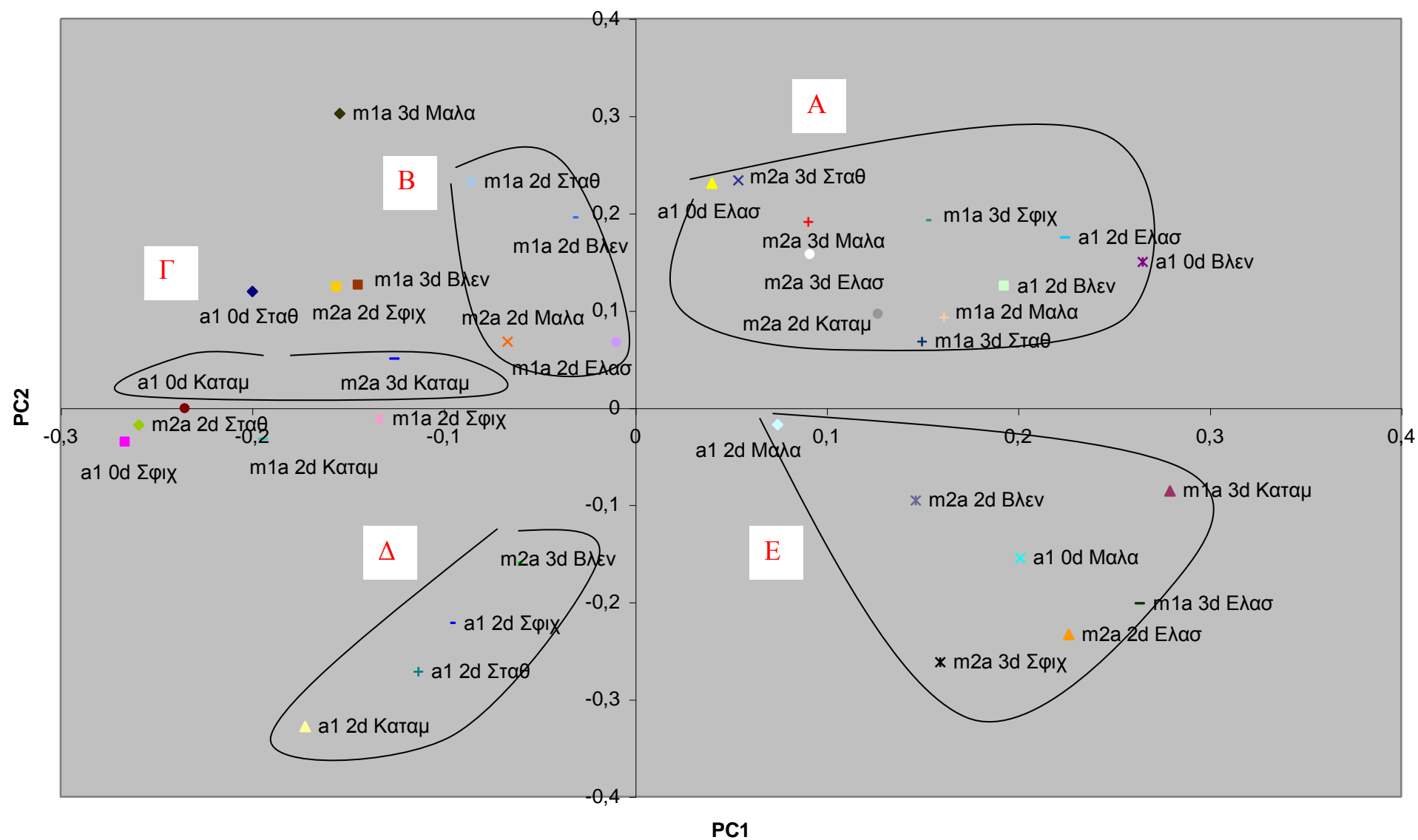
Σχήμα 3.13. Διάγραμμα PC1-PC2 για την εμφάνιση των γαρίδων



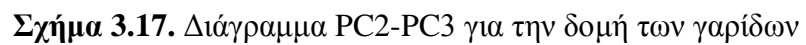
Σχήμα 3.14. Διάγραμμα PC2-PC3 για την εμφάνιση των γαρίδων

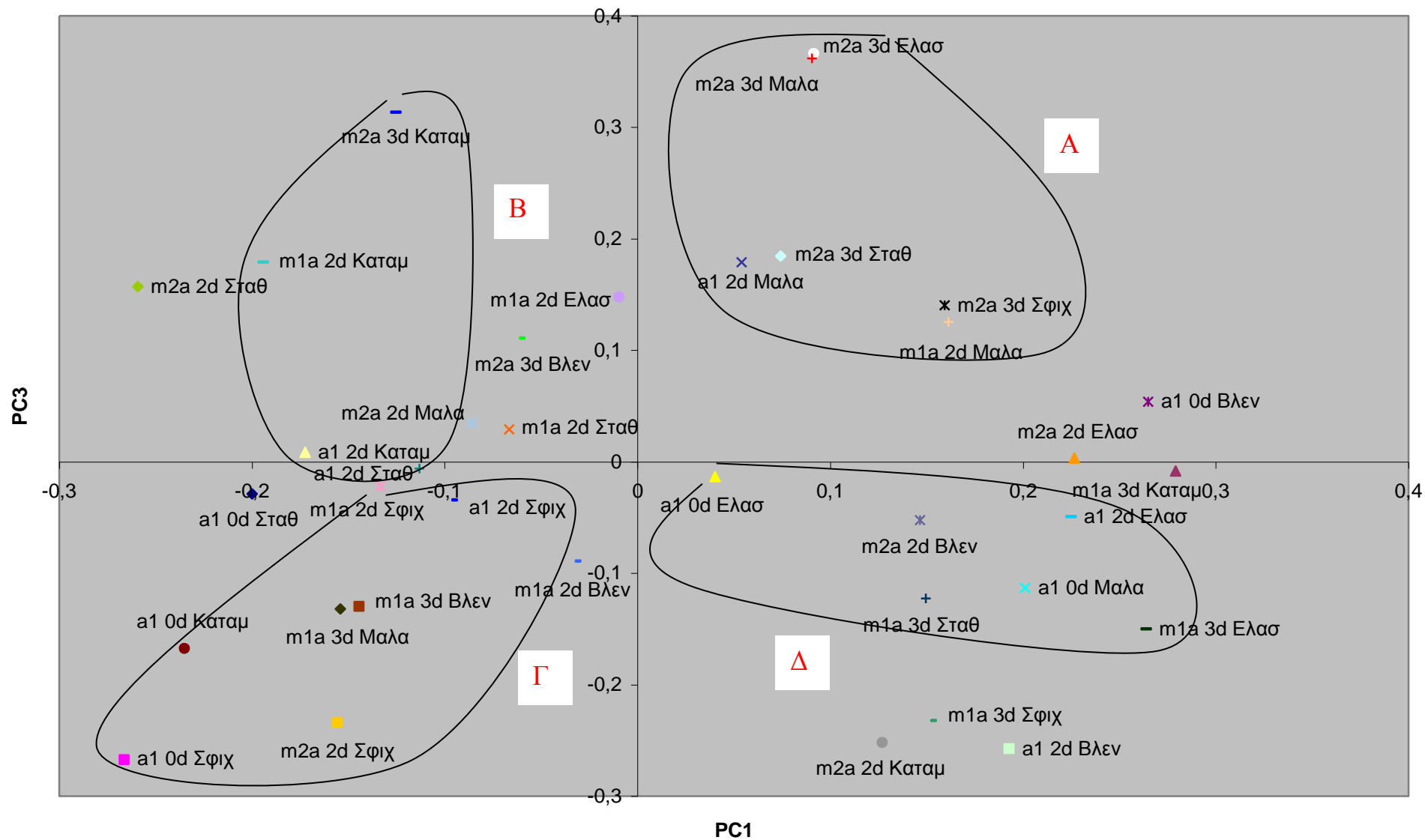


Σχήμα 3.15. Διάγραμμα PC1-PC3 για την εμφάνιση των γαρίδων



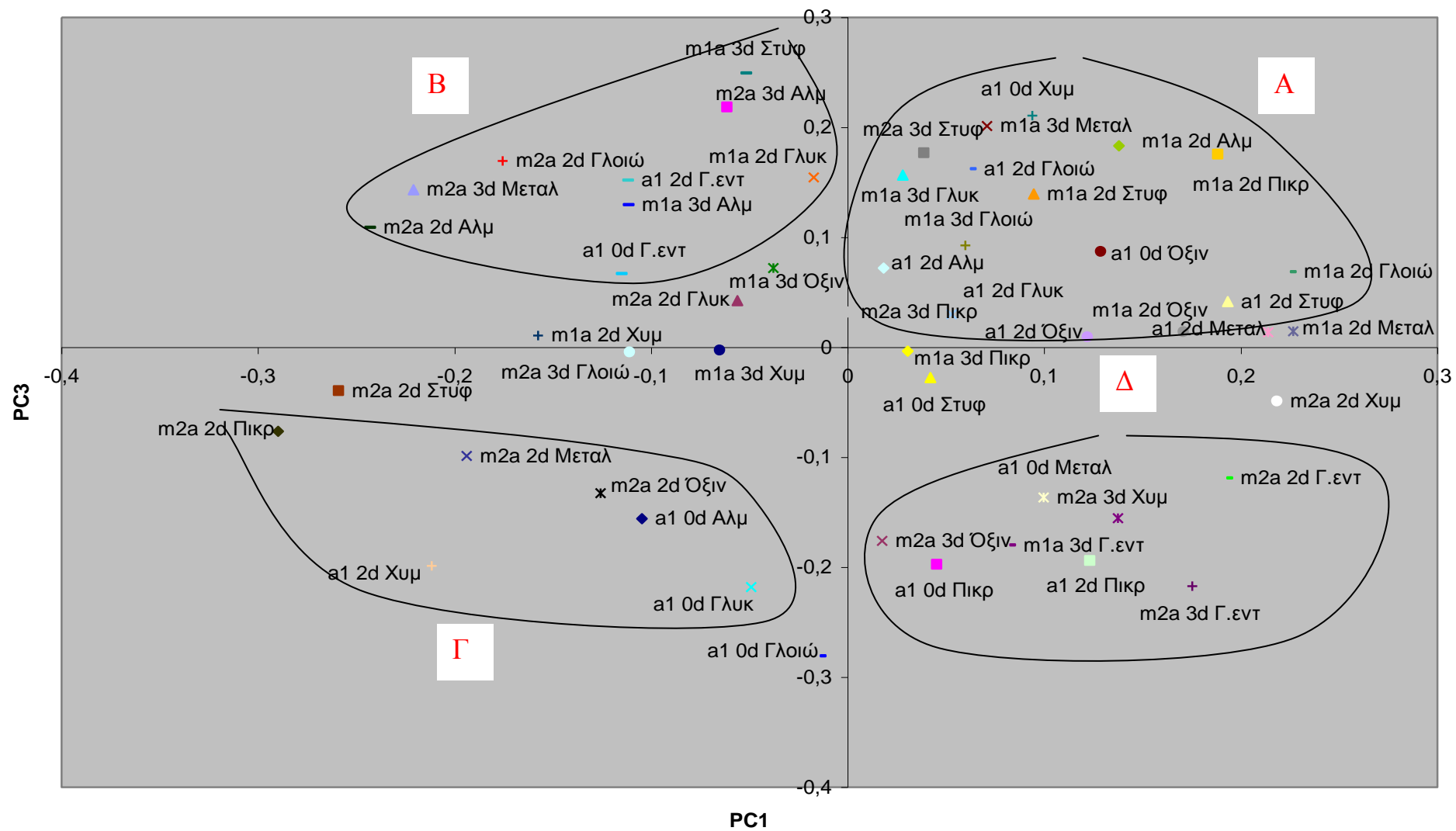
Σχήμα 3.16. Διάγραμμα PC1-PC2 για την δομή των γαρίδων



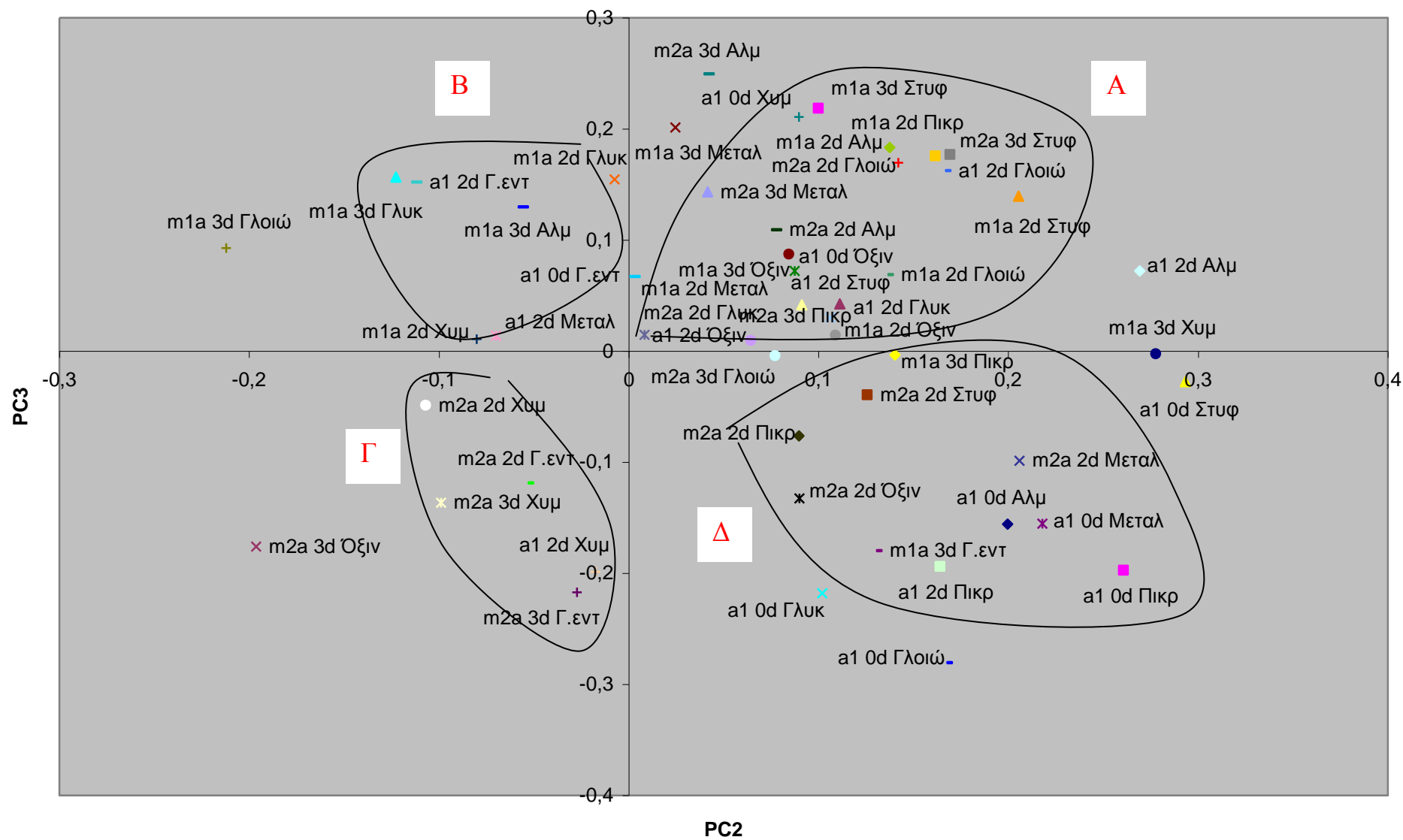


Σχήμα 3.18. Διάγραμμα PC1-PC3 για την δομή των γαρίδων





Σχήμα 3.20. Διάγραμμα PC1-PC3 για την γεύση των γαρίδων



Σχήμα 3.21. Διάγραμμα PC2-PC3 για την γεύση των γαρίδων

3.2. Ερμηνεία αποτελεσμάτων με χρήση της Cluster Analysis

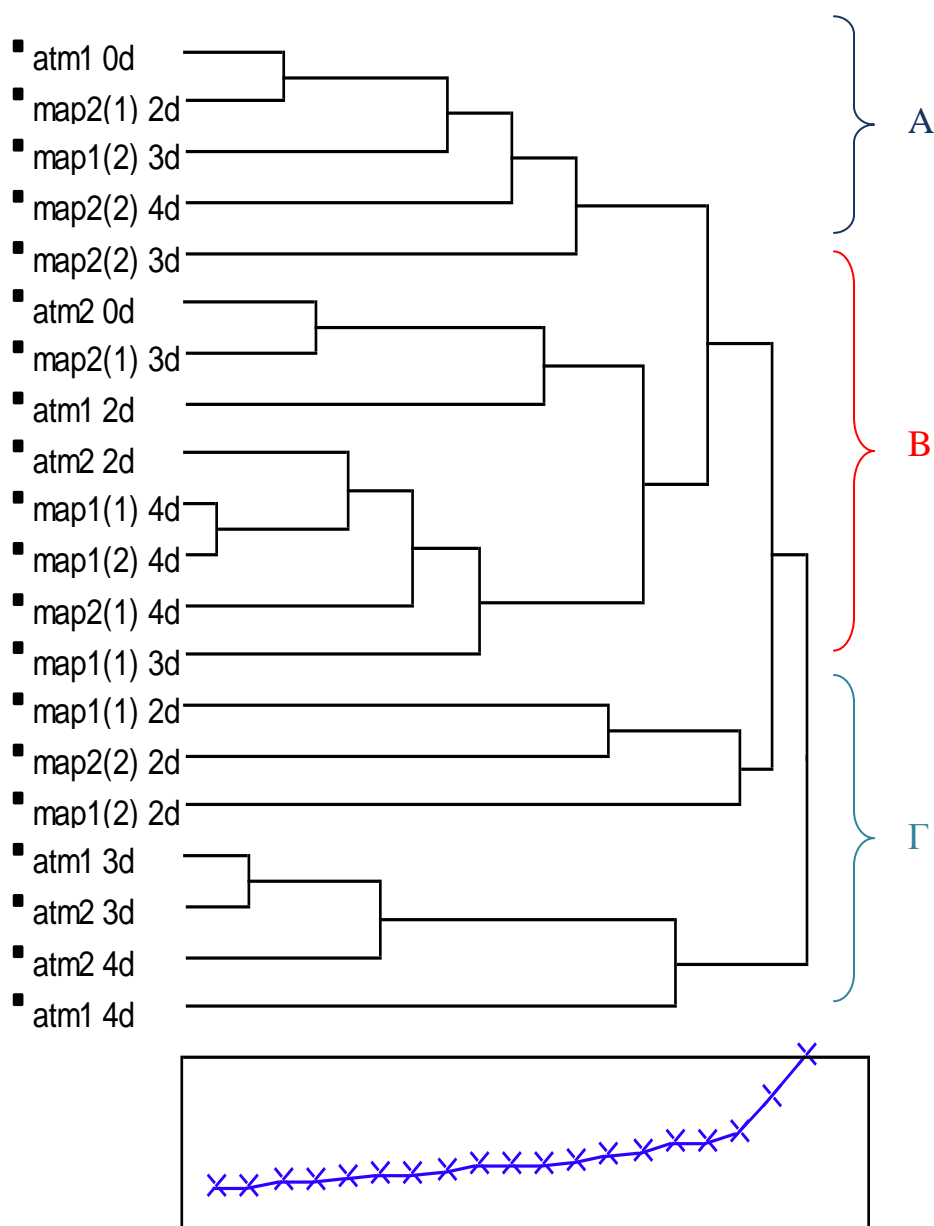
Η ανάλυση της ομοιομορφίας των ομάδων είναι μια μέθοδος με την οποία επιτυγχάνεται ομαδοποίηση των παρατηρήσεων (observations) σε ομάδες (clusters) έτσι ώστε οι παρατηρήσεις σε κάθε ομάδα να είναι σχετικά όμοιες σε σχέση με τις μεταβλητές που χρησιμοποιούνται για το σχηματισμό των ομάδων ενώ οι παρατηρήσεις μεταξύ των ομάδων να διαφέρουν όσο το δυνατόν περισσότερο σε σχέση πάντα με τις μεταβλητές ομαδοποίησης (ισχύει και το αντίστροφο, δηλαδή να ομαδοποιούνται οι μεταβλητές ως προς τις παρατηρήσεις). Οι μέθοδοι ομαδοποίησης είναι είτε ιεραρχικές είτε μη-ιεραρχικές. Οι πρώτες είναι πιο δημοφιλείς και οδηγούν στη δημιουργία ενός δενδρογράμματος. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης ομαδοποίησης δείχνουν και την εσωτερική ομοιογένεια των δειγμάτων και την εξωτερική ανομοιογένεια μεταξύ των ομάδων (Punj and Stewart, 1983). Αρχικά υπολογίζονται οι αποστάσεις κάθε αντικείμενου (παρατήρησης) από όλα τα άλλα αντικείμενα, στη συνέχεια σχηματίζονται ομάδες με μια διαδικασία συνάθροισης (agglomeration) ή υποδιαίρεσης (division). Κατά τη διαδικασία ομαδοποίησης όλα τα αντικείμενα ξεκινούν από ομάδες του ενός, δηλαδή κάθε αντικείμενο είναι και μια ομάδα. Η διαδικασία υποδιαίρεσης είναι ακριβώς αντίθετη δηλαδή όλα τα αντικείμενα αποτελούν αρχικά μια ομάδα η οποία στη συνέχεια υποδιαιρείται σε δυο ομάδες μέχρι τελικώς όλα τα αντικείμενα να σχηματίζουν ατομικές μονάδες. Οι μη-ιεραρχικές είναι περισσότερο πολύπλοκες και οι νεότερες στην οικογένεια των μεθόδων ομαδοποίησης (Παπαγρηγορίου, 2001).

Συγκεκριμένα, η ανάλυση κατά ομάδες είχε ως αποτέλεσμα την κατασκευή δενδρογραμμάτων για την ομαδοποίηση των μηχανικών, φυσικών και οργανοληπτικών χαρακτηριστικών με βάση τις μεταχειρίσεις που υπέστησαν οι γαρίδες. Η

κωδικοποίηση των χαρακτηριστικών έγινε όπως και στα παραπάνω χαρακτηριστικά και για τους ίδιους λόγους.

Αναλυτικότερα, στο δένδρογραμμα του Σχήματος 3.22. γίνεται η ομαδοποίηση των μηχανικών χαρακτηριστικών για όλες τις μεταχειρίσεις και διακρίνονται τρεις μεγάλες ομάδες. Η ομάδα Α εμπεριέχει τρεις υποομάδες. Τα δεύτερα δείγματα της δεύτερης σύστασης, με το δεύτερο της πρώτης σύστασης ομαδοποιούνται την τρίτη και τέταρτη ημέρα (το δεύτερο δείγμα της δεύτερης σύστασης). Ακόμη, οι δεύτεροι μάρτυρες της δεύτερης σύστασης την τρίτη και την τέταρτη ημέρα. Τέλος, στην τρίτη υποομάδα συμπεριλαμβάνονται οι δεύτεροι μάρτυρες και των δύο συστάσεων την τρίτη ημέρα. Στη Β ομάδα ομαδοποιούνται οι τρεις από τις τέσσερις μηχανικές ιδιότητες, που αφορούν τις μετρήσεις την τέταρτη ημέρα. Αυτές είναι το πρώτο και το δεύτερο δείγμα της πρώτης σύστασης, καθώς επίσης και το πρώτο της δεύτερης σύστασης. Στη Γ ομάδα υπάρχουν δύο μεγάλες υποομάδες, η πρώτη υποομάδα αφορά τις μηχανικές ιδιότητες, τη δεύτερη ημέρα. Η πρώτη περιλαμβάνει τα δύο δείγματα της πρώτης σύστασης, όπως επίσης και το δεύτερο δείγμα της δεύτερης σύστασης. Η δεύτερη υποομάδα περιλαμβάνει τους δύο μάρτυρες της τρίτης και της τέταρτης ημέρας αντίστοιχα.

Η ανάλυση κατά ομάδες είχε ως αποτέλεσμα την κατασκευή δένδρογραμμάτων για την ομαδοποίηση των φυσικών ιδιοτήτων. Ακόμη, χρησιμοποιώντας την Ανάλυση Ομαδοποίησης για τη μέτρηση του χρώματος παρατηρούνται τέσσερις μεγάλες ομάδες. Όσον αφορά την εξωτερική επιφάνεια, η Α ομάδα ομαδοποιεί για το χρωματικό παράγοντα ($L_{\text{εξωτερικό}}$), τα δείγματα όλων των μεταχειρίσεων για όλες τις ημέρες του πειράματος.

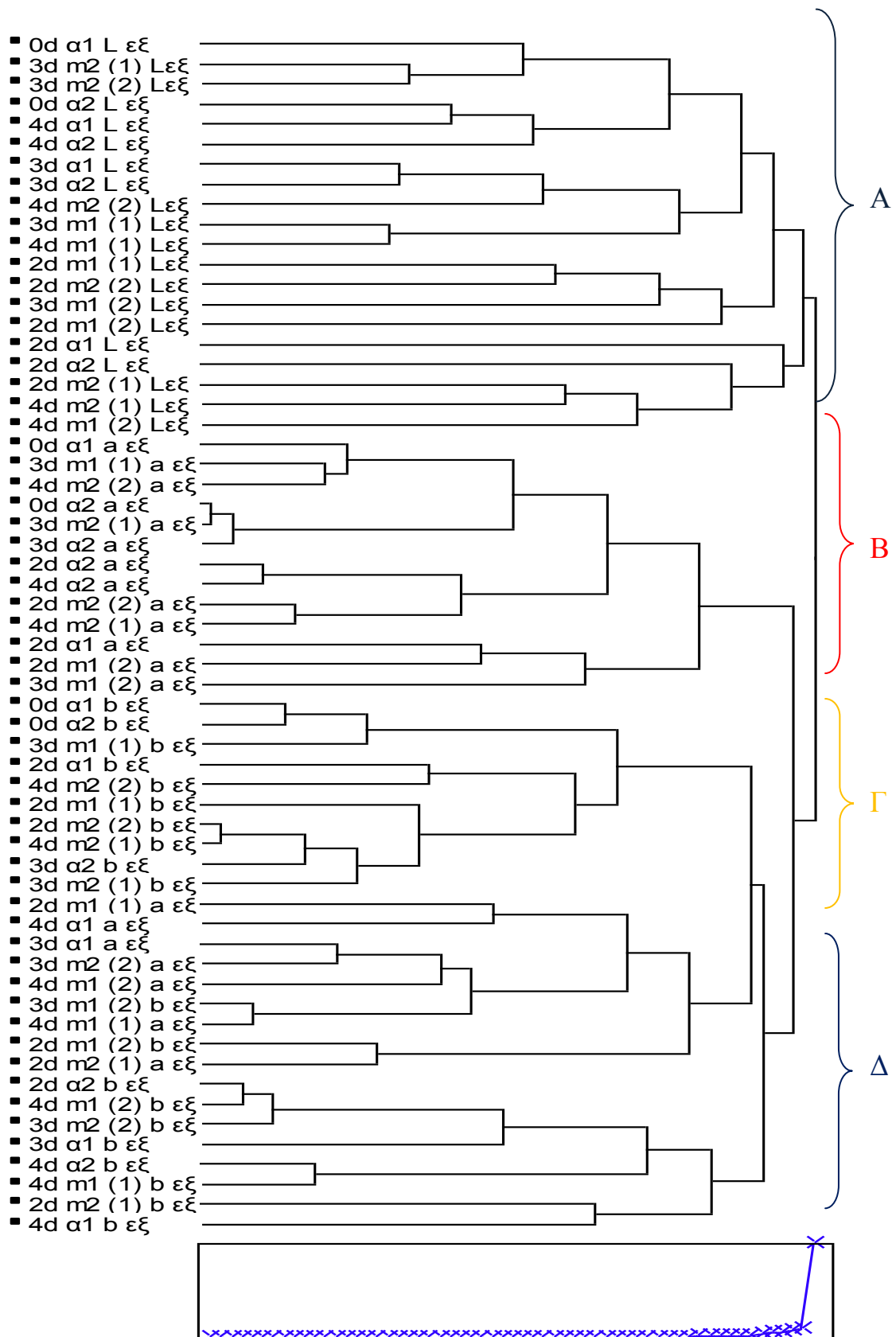


Σχήμα 3.22. Δενδρόγραμμα των εξεταζόμενων μηχανικών χαρακτηριστικών

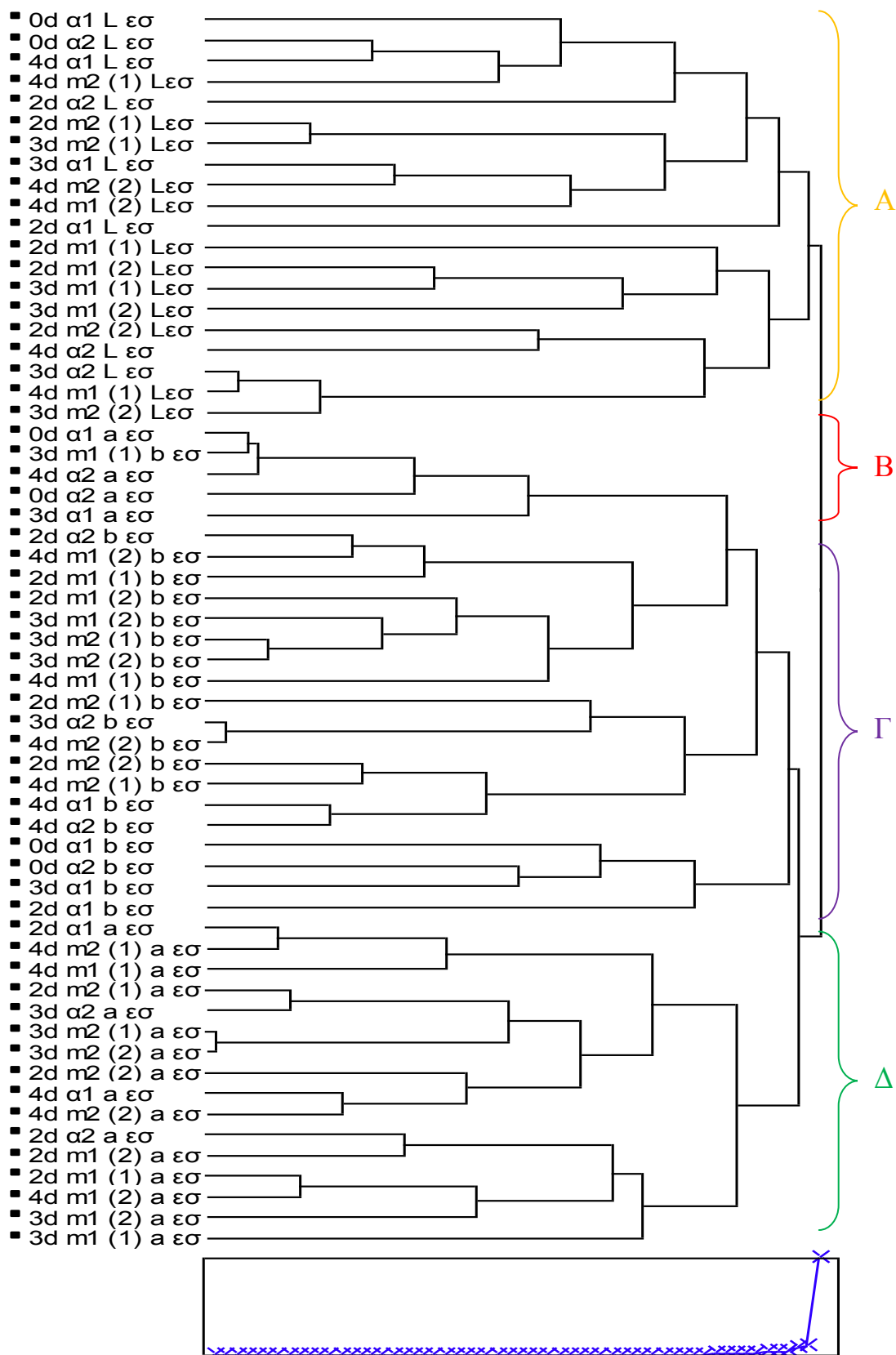
Ωστόσο, στην ομάδα B ομαδοποιούνται τα δείγματα των περισσότερων μεταχειρίσεων για το χρωματικό παράγοντα (a_{εξωτερικό}), ενώ ο χρωματικός παράγοντας (b_{εξωτερικό}) ομαδοποιεί τα δείγματα των περισσότερων μεταχειρίσεων στην ομάδα Γ. Τέλος, στην ομάδα Δ ομαδοποιούνται οι χρωματικοί παράγοντες (a_{εξωτερικό}) και (b

εξωτερικό) και πάλι για τα δείγματα των περισσότερων μεταχειρίσεων των αντίστοιχων ημερών.

Ακολούθως, για τη μέτρηση χρώματος της εσωτερικής επιφάνειας, εμφανίζονται τέσσερις μεγάλες ομάδες. Στην ομάδα Α ο χρωματικός παράγοντας ($L_{\text{εσωτερικό}}$), συσχετίζει όλα τα δείγματα και των τριών μεταχειρίσεων για όλες τις ημέρες του πειράματος. Ακόμη, στη Β ομάδα το ($a_{\text{εσωτερικό}}$) ομαδοποιεί τον πρώτο και το δεύτερο μάρτυρα την πρώτη, την τρίτη και την τέταρτη ημέρα του πειράματος. Στην ομάδα Γ το ($b_{\text{εσωτερικό}}$) ομαδοποιεί σχεδόν όλα τα δείγματα και για όλες τις μεταχειρίσεις (όλες τις ημέρες του πειράματος). Ενώ, στην ομάδα Δ ο χρωματικός παράγοντας ($a_{\text{εσωτερικό}}$) συσχετίζει όλα τα δείγματα όλων των μεταχειρίσεων για όλες τις ημέρες.



Εικόνα 3.23. Δενδρογράμμο για τη μέτρηση χρώματος (εξωτερική επιφάνεια) των γαρίδων



Εικόνα 3.24. Δενδρογράμμα για τη μέτρηση χρώματος (εσωτερική επιφάνεια) των γαρίδων.

Στο Δενδρόγραμμα 3.25 παρουσιάζονται τα μετρούμενα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά με βάση την μεταχείριση που εφαρμόστηκε στις γαρίδες. Στο δενδρόγραμμα του Σχήματος 3.25 σχηματίζονται επτά ομάδες. Στην πρώτη ομάδα Α ομαδοποιούνται τα περισσότερα χαρακτηριστικά της οσμής για τα πρώτα δείγματα και των δύο συστάσεων τη δεύτερη ημέρα και του πρώτου δείγματος της δεύτερης σύστασης για την τρίτη ημέρα. Ακολούθως, στη Β ομάδα περιλαμβάνονται τα περισσότερα χαρακτηριστικά γεύσης, για τον πρώτο μάρτυρα της πρώτης και της δεύτερης ημέρας του πειράματος. Επιπλέον, στην Γ ομάδα παρατηρούνται τα πιο πολλά χαρακτηριστικά της οσμής και της δομής για τον πρώτο μάρτυρα της πρώτης σύστασης τη δεύτερη ημέρα. Στη Δ ομάδα που εμφανίζεται συνδέεται το οργανοληπτικό χαρακτηριστικό της γεύσης ‘μεταλλική’ με τις περισσότερες μεταχειρίσεις (για τον πρώτο μάρτυρα της πρώτης και της δεύτερης ημέρας, καθώς επίσης και το πρώτο δείγμα της πρώτης σύστασης τη δεύτερη και την τρίτη ημέρα). Ακόμη, στην ομάδα Ε εμφανίζονται τα περισσότερα χαρακτηριστικά της δομής, για το πρώτο δείγμα της δεύτερης σύστασης τη δεύτερη ημέρα. Επιπρόσθετα, στη ΣΤ’ ομάδα διακρίνονται τα πιο πολλά χαρακτηριστικά της εμφάνισης για τον πρώτο μάρτυρα της δεύτερης σύστασης την τρίτη ημέρα. Τέλος, στην έβδομη και τελευταία ομάδα διακρίνεται η σύνδεση πολλών χαρακτηριστικών της εμφάνισης του πρώτου μάρτυρα της δεύτερης σύστασης τη δεύτερη ημέρα και ακόμη πολλά από τα χαρακτηριστικά της δομής της παραπάνω μεταχείρισης την τρίτη ημέρα.

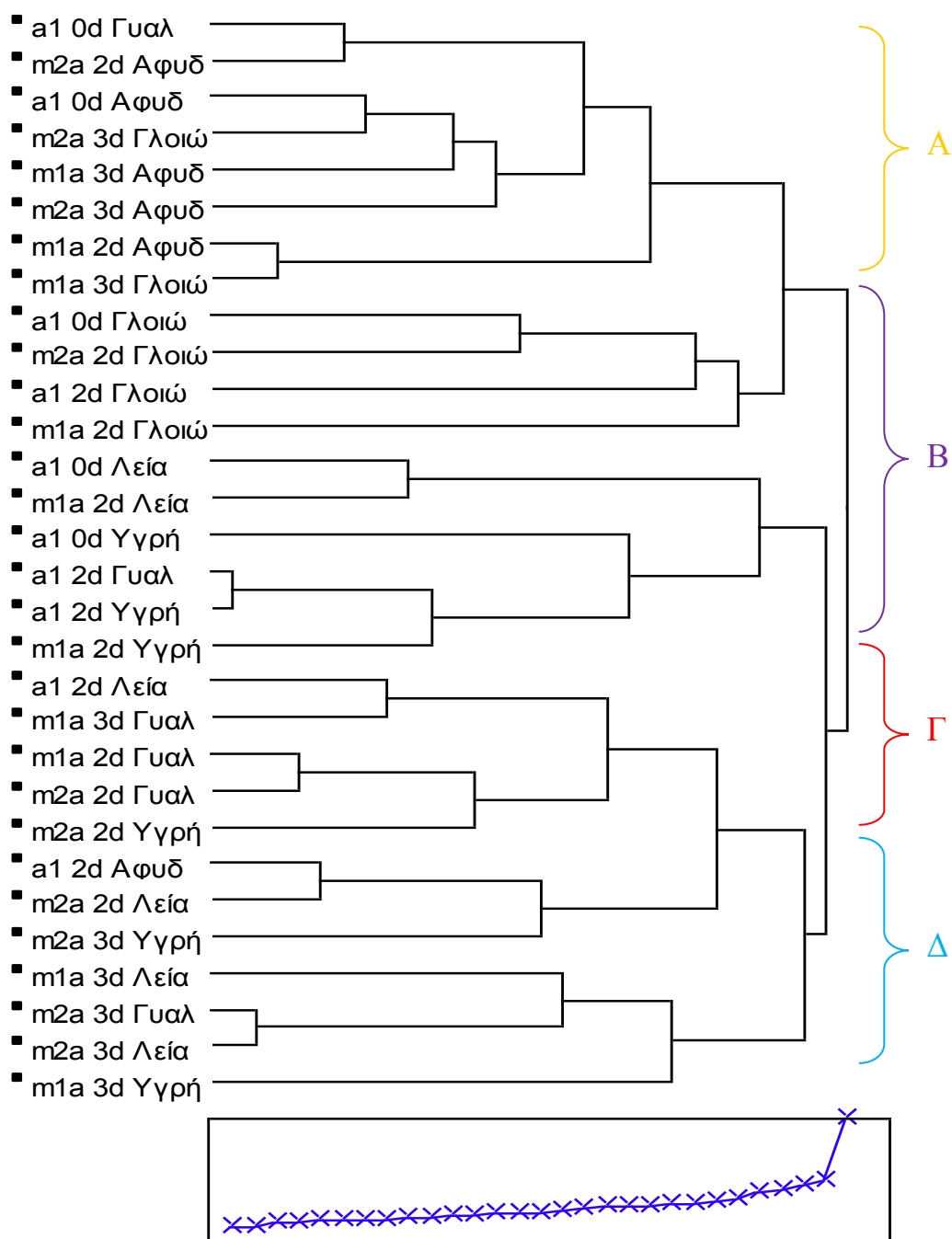
Στα Σχήματα 3.26 ως 3.28 αναλύονται με τη βοήθεια της ανάλυσης ομαδοποίησης (Cluster Analysis) τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά ανά κατηγορία, δηλαδή εμφάνιση, δομή και γεύση. Στο δενδρόγραμμα του Σχήματος 3.26 (εμφάνιση) παρατηρούνται τέσσερις ομάδες και τα σύνολα που σχηματίζονται στην ομάδα Α συνδέουν την αφυδατωμένη εμφάνιση του πρώτου δείγματος και των δύο συστάσεων

τη δεύτερη και την τρίτη ημέρα, όπως και του πρώτου μάρτυρα την πρώτη μέρα του πειράματος. Όσον αφορά, τη Β ομάδα παρατηρούνται δύο υποομάδες. Η πρώτη αφορά τη γλοιώδη επιφάνεια του πρώτου μάρτυρα την πρώτη και τη δεύτερη ημέρα του πειράματος και ακολούθως τα πρώτα δείγματα και για τις δύο συστάσεις τη δεύτερη ημέρα. Η δεύτερη υποομάδα συνδέει την υγρή εμφάνιση για τον πρώτο μάρτυρα, την πρώτη και τη δεύτερη ημέρα του πειράματος, καθώς επίσης και το πρώτο δείγμα της πρώτης σύστασης τη δεύτερη ημέρα. Στην τρίτη ομάδα (Γ) διακρίνεται μία υποομάδα στην οποία παρουσιάζεται η γυαλιστερή εμφάνιση για τα πρώτα δείγματα της πρώτης σύστασης τη δεύτερη και την τρίτη ημέρα, ενώ για το πρώτο δείγμα της δεύτερης σύστασης τη δεύτερη ημέρα. Ακόμη, στην ομάδα Δ τα χαρακτηριστικά εμφάνισης λεία, γυαλιστερή, υγρή ομαδοποιούνται για τα δύο πρώτα δείγματα και των δύο συστάσεων, αλλά ταυτόχρονα ομαδοποιούνται και την τρίτη ημέρα του πειράματος.

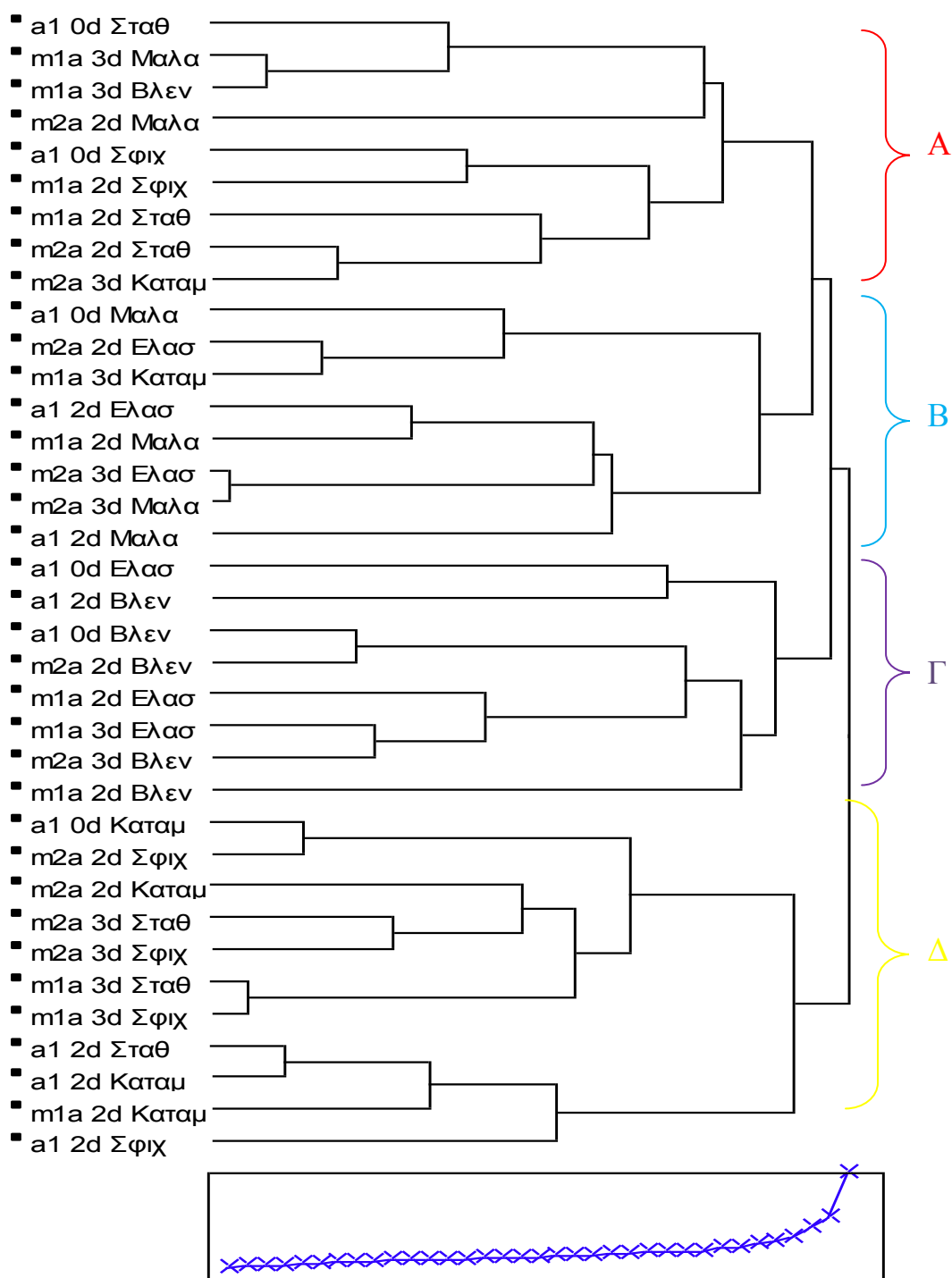
Στο δενδρόγραμμα του Σχήματος 3.27 παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά της δομής, όπου διακρίνονται τέσσερις μεγάλες ομάδες. Στην Α ομάδα συγκεντρώνονται τα περισσότερα χαρακτηριστικά της δομής για το πρώτο δείγμα της πρώτης σύστασης την τρίτη ημέρα και για το πρώτο δείγμα της δεύτερης σύστασης τη δεύτερη ημέρα. Επιπλέον, στην ομάδα Β η μαλακή δομή συνδέει τον πρώτο μάρτυρα την πρώτη και τη δεύτερη ημέρα του πειράματος, καθώς επίσης το πρώτο δείγμα της πρώτης σύστασης και το πρώτο δείγμα της δεύτερης σύστασης τη δεύτερη και την τρίτη ημέρα αντίστοιχα. Επιπρόσθετα, στην Γ ομάδα ομαδοποιούνται η βλεννώδης και η ελαστική δομή. Η βλεννώδης για τον πρώτο μάρτυρα την πρώτη και τη δεύτερη ημέρα του πειράματος, για τον πρώτο μάρτυρα της δεύτερης σύστασης τη δεύτερη και την τρίτη ημέρα, καθώς επίσης τον πρώτο μάρτυρα της πρώτης σύστασης τη δεύτερη ημέρα, ενώ η ελαστική δομή παρουσιάζεται στον πρώτο μάρτυρα την πρώτη ημέρα και στα πρώτα δείγματα της πρώτης σύστασης τη δεύτερη και την τρίτη ημέρα αντίστοιχα. Στα

παραπάνω υπάρχουν ομαδοποιήσεις, ως προς τις μεταχειρίσεις αλλά ταυτόχρονα και ως προς τις ημέρες του πειράματος. Τέλος, στην ομάδα Δ ομαδοποιούνται τα χαρακτηριστικά της σφιχτής δομής και του καταμερισμού κατά τη διάρκεια της μάσησης για το πρώτο δείγμα και των δύο μεταχειρίσεων.

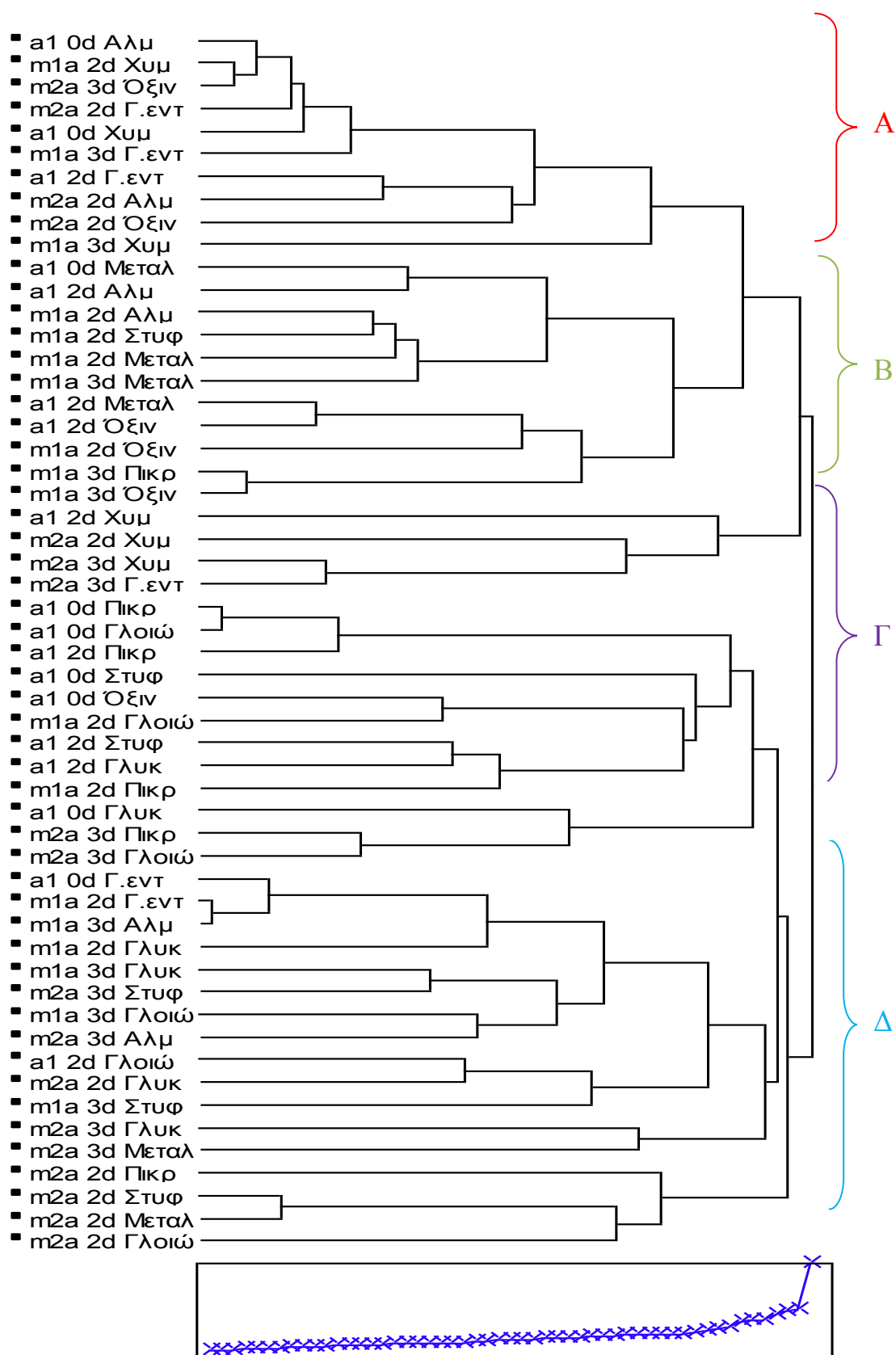
Όσον αφορά στο δενδρόγραμμα του Σχήματος 3.28 παρουσιάζονται τρεις μεγάλες ομάδες που ομαδοποιούν τα χαρακτηριστικά της γεύσης, καθώς επίσης και τη Γενική εντύπωση. Στην Α ομάδα ομαδοποιείται η ‘Γενική εντύπωση’ για τους πρώτους μάρτυρες και των δύο συστάσεων, την τρίτη ημέρα για την πρώτη σύσταση και τη δεύτερη για τη δεύτερη σύσταση, καθώς επίσης και για τον πρώτο μάρτυρα τη δεύτερη ημέρα. Στη Β ομάδα η μεταλλική γεύση ομαδοποιείται για τον πρώτο μάρτυρα της πρώτης και της δεύτερης ημέρας του πειράματος και μαζί με την όξινη ομαδοποιούν τα πρώτα δείγματα της πρώτης σύστασης τη δεύτερη και την τρίτη ημέρα αντίστοιχα. Ακόμη, η όξινη γεύση ομαδοποιεί τον πρώτο μάρτυρα τη δεύτερη ημέρα. Στην Γ ομάδα η χυμώδης γεύση ομαδοποιεί τον πρώτο μάρτυρα τη δεύτερη ημέρα και τα πρώτα δείγματα της δεύτερης σύστασης τη δεύτερη και την τρίτη ημέρα, αντίστοιχα. Επιπλέον, για τη Γ ομάδα τα περισσότερα χαρακτηριστικά γεύσης ομαδοποιούνται με τους πρώτους μάρτυρες την πρώτη και τη δεύτερη ημέρα του πειράματος, αντίστοιχα. Τέλος, στη Δ ομάδα, ομαδοποιούνται τα περισσότερα χαρακτηριστικά γεύσης με τα δείγματα και των δύο συστάσεων. Αυτό σημαίνει ότι για τα χαρακτηριστικά γεύσης τα δείγματα των δύο συστάσεων δε διαφοροποιούνται σημαντικά.



Σχήμα 3.26. Δενδρόγραμμα των εξεταζόμενων οργανοληπτικών χαρακτηριστικών της εμφάνισης



Σχήμα 3.27. Δενδρόγραμμα των εξεταζόμενων οργανοληπτικών χαρακτηριστικών της δομής.



Σχήμα 3.28. Δενδρόγραμμα των εξεταζόμενων οργανοληπτικών χαρακτηριστικών της γεύσης.

3.3. Ερμηνεία αποτελεσμάτων με χρήση της Discriminant Analysis

Πολλές φορές είναι δυνατόν να επαναλαμβάνεται η μελέτη ενός ζεύγους μεταβλητών κάτω από διαφορετικές συνθήκες περιβάλλοντος ή εργαστηρίου ή να ελέγχονται οι διαφορετικές μεταχειρίσεις σε αυτό. Πρακτικά, γίνεται η μελέτη του ίδιου ζεύγος μεταβλητών τόσες φορές όσες είναι οι μεταχειρίσεις, συλλέγοντας διαφορετικά στοιχεία για το καθένα. Αν σε όλες τις διαφορετικές συνθήκες ισχύει η γραμμική σχέση μεταξύ των εξεταζόμενων μεταβλητών ή τελικά σε όσες ισχύει, τότε είναι δυνατή η σύγκριση των ευθειών παλινδρομήσεων, προηγείται όμως υποχρεωτικά η στατιστική τεκμηρίωση της γραμμικής σχέσης. Με τον παραπάνω τρόπο γίνεται η μελέτη της γραμμικής συμπεριφοράς των μεταβλητών, όπως αυτή επηρεάζεται, από εξωγενείς παράγοντες (Πετρίδης, 1997).

Η παραπάνω ανάλυση στην παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια του στατιστικού προγράμματος SPSS Inc (έκδοση 12.0) και οι εξισώσεις που προέκυψαν αφορούν τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των γαρίδων, όλων των μεταχειρίσεων και συσχετίζουν τη γενική εντύπωση με κάποια από τα χαρακτηριστικά.

Στον Πίνακα 3.9. παρουσιάζονται οι διαφοροποιές συναρτήσεις που σχηματίζονται από τις ομάδες των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των γαρίδων όλων των μεταχειρίσεων. Συγκεκριμένα, η γενική εντύπωση για τις γαρίδες συσχετίζεται με τα υπόλοιπα 23 μετρούμενα χαρακτηριστικά των τεσσάρων κύριων κατηγοριών που είναι η εμφάνιση, η οσμή, η δομή και η γεύση.

Πίνακας 3.9. Διαφοροποιές συναρτήσεις των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών γαρίδων

Μεταχειρίσεις γαρίδων	Διαφοροποιές συναρτήσεις (Standardized canonical discriminant function coefficients)	Παραλλακτικότητα (%)
a1 0d	Γενική εντύπωση = 0,131 Γυαλιστερή εμφάνιση + 0,022 Λεία επιφάνεια + 0,098 Υγρή εμφάνιση + 0,062 Αφυδατωμένη εμφάνιση + 0,034 Γλοιώδης εμφάνιση – 0,034 Ελαστική δομή + 0,019 Μαλακή δομή – 0,054 Καταμερισμός κατά τη μάσηση	88,9
a1 2d	Γενική εντύπωση = 0,148 Γυαλιστερή εμφάνιση + 0,249 Λεία επιφάνεια – 0,037 Υγρή εμφάνιση – 0,387 Αφυδατωμένη εμφάνιση – 0,123 Γλοιώδης εμφάνιση + 0,182 Οσμή φρέσκου + 0,257 Οσμή μη φρέσκου – 0,115 Οσμή αλλοιωμένου + 0,137 Οσμή δυσάρεστη + 0,238 Σταθερή δομή + 0,396 Σφιχτή δομή – 0,234 Ελαστική δομή – 0,350 Μαλακή δομή	84,5
m1a 2d	Γενική εντύπωση = 0,133 Γυαλιστερή εμφάνιση + 0,066 Λεία επιφάνεια – 0,136 Υγρή εμφάνιση + 0,079 Αφυδατωμένη εμφάνιση – 0,231 Γλοιώδης εμφάνιση + 0,049 Οσμή φρέσκου + 0,099 Οσμή μη φρέσκου – 0,133 Οσμή αλλοιωμένου – 0,088 Οσμή δυσάρεστη + 0,122 Σταθερή δομή + 0,347 Σφιχτή δομή + 0,287 Ελαστική δομή	84,8
m2a 2d	Γενική εντύπωση = 0,122 Γυαλιστερή εμφάνιση + 0,192 Λεία επιφάνεια – 0,076 Υγρή εμφάνιση – 0,123 Αφυδατωμένη εμφάνιση – 0,366 Γλοιώδης εμφάνιση + 0,010 Οσμή φρέσκου – 0,021 Οσμή μη φρέσκου – 0,050 Οσμή μη φρέσκου – 0,112 Οσμή αλλοιωμένου + 0,003 Οσμή δυσάρεστη + 0,265 Σταθερή δομή + 0,130 Σφιχτή δομή + 0,021 Ελαστική δομή + 0,088 Μαλακή δομή	86,5
m1a 3d	Γενική εντύπωση = – 0,089 Γυαλιστερή εμφάνιση – 0,088 Λεία επιφάνεια – 0,044 Υγρή εμφάνιση – 0,021 Αφυδατωμένη εμφάνιση + 0,043 Γλοιώδης εμφάνιση – 0,010 Οσμή φρέσκου – 0,033 Οσμή μη φρέσκου + 0,075 Οσμή μη φρέσκου – 0,065 Οσμή αλλοιωμένου + 0,120 Οσμή δυσάρεστη – 0,166 Σταθερή δομή + 0,031 Σφιχτή δομή + 0,082 Ελαστική δομή + 0,086 Μαλακή δομή	87,8
m2a 3d	Γενική εντύπωση = 0,057 Γυαλιστερή εμφάνιση + 0,058 Λεία επιφάνεια – 0,011 Υγρή εμφάνιση – 0,030 Αφυδατωμένη εμφάνιση – 0,019 Γλοιώδης εμφάνιση + 0,042 Οσμή φρέσκου + 0,039 Οσμή μη φρέσκου – 0,019 Οσμή μη φρέσκου – 0,003 Οσμή αλλοιωμένου + 0,081 Οσμή δυσάρεστη + 0,005 Σταθερή δομή + 0,027 Σφιχτή δομή + 0,046 Ελαστική δομή	86,9

Το ποσοστό της παραλλακτικότητας που εξηγούν οι διαφοροποιές συναρτήσεις κυμαίνεται από 84% έως 89%. Σε όλες τις περιπτώσεις, οι μαθηματικές εξισώσεις που παρουσιάζουν τη συσχέτιση της γενικής εντύπωσης με τα υπόλοιπα εξεταζόμενα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, δεν περιλαμβάνουν το σύνολο των 23 χαρακτηριστικών που απομένουν αλλά τμήμα αυτών. Αυτό συμβαίνει διότι ο στόχος του παραγόμενου μοντέλου συσχέτισης είναι η ερμηνεία όσο το δυνατόν μεγαλύτερου ποσοστού της παραλλακτικότητας των αρχικών ομάδων μεταβλητών κι όχι η συμμετοχή όλων των οργανοληπτικών παραμέτρων στη συνάρτηση που προκύπτει.

Πιο συγκεκριμένα, για το μάρτυρα των γαρίδων την πρώτη ημέρα του πειράματος, οι συντελεστές που παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη επίδραση στο σχηματισμό της γενικής εντύπωσης των δοκιμαστών, είναι αυτοί του χαρακτηριστικού της γυαλιστερής εμφάνισης (θετική), της λείας επιφάνειας (θετική), της υγρής εμφάνισης (θετική), της αφυδατωμένης εμφάνισης (θετική), της γλοιώδους εμφάνισης (θετική), της ελαστικής δομής (αρνητική), της μαλακής δομής (θετική) και τέλος του καταμερισμού κατά τη μάσηση (αρνητική). Με τα παραπάνω χαρακτηριστικά ερμηνεύεται το ποσοστό του 88,9% της συνολικής παραλλακτικότητας.

Η γενική εντύπωση των γαρίδων του μάρτυρα της δεύτερης ημέρας εξηγείται με ένα ποσοστό 84,5% μόνο με τη χρήση δεκατριών χαρακτηριστικών με σημαντικότερα την αφυδατωμένη εμφάνιση (αρνητική) και τη σφιχτή δομή (θετική).

Για το πρώτο δείγμα της πρώτης ατμόσφαιρας τη δεύτερη ημέρα, η γενική εντύπωση συσχετίζεται με τη γυαλιστερή εμφάνιση (θετική), τη λεία επιφάνεια (θετική), την υγρή εμφάνιση (αρνητική), την αφυδατωμένη εμφάνιση (θετική), τη γλοιώδη εμφάνιση (αρνητική), την οσμή φρέσκου (θετική), την οσμή μη φρέσκου

(θετική), την οσμή αλλοιωμένου (αρνητική), τη δυσάρεστη οσμή (αρνητική) και τέλος τη σταθερή, τη σφιχτή και την ελαστική δομή (θετικές). Η παραλλακτικότητα αγγίζει το 84,8% με τη χρήση των παρακάτω χαρακτηριστικών.

Ακόμη, για το πρώτο δείγμα της δεύτερης σύστασης τη δεύτερη ημέρα, η συνάρτηση που περιγράφει τη γενική εντύπωση των δοκιμαστών περιλαμβάνει δεκατέσσερα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά με σημαντικότερα αυτά της σταθερής δομής (θετική) και της γλοιώδους εμφάνισης (αρνητική). Τα παραπάνω χαρακτηριστικά ερμηνεύουν το 86,5% της συνολικής παραλλακτικότητας.

Επιπρόσθετα, η γενική εντύπωση για το πρώτο δείγμα της πρώτης σύστασης την τρίτη ημέρα εξηγείται με ένα ποσοστό 87,8% μόνο με τη χρήση δεκατεσσάρων χαρακτηριστικών με σημαντικότερα τη μαλακή δομή (θετική) και τη σταθερή δομή (αρνητική).

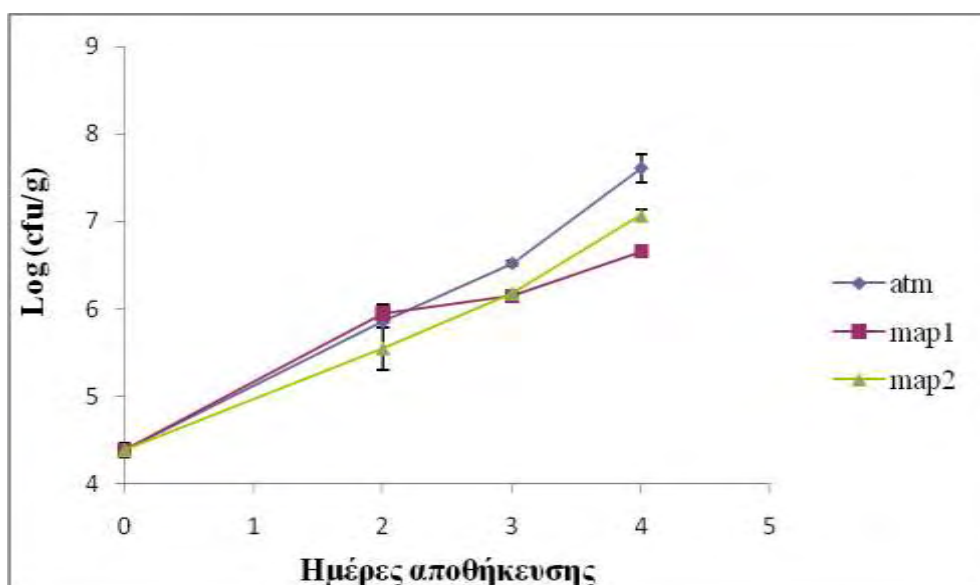
Τέλος, η γενική εντύπωση για το πρώτο δείγμα της δεύτερης σύστασης την τρίτη ημέρα εξηγείται με ένα ποσοστό 86,9% μόνο με τη χρήση δεκατριών χαρακτηριστικών με σημαντικότερα τη δυσάρεστη οσμή (θετική) και την αφυδατωμένη εμφάνιση (αρνητική).

3.4. Μικροβιακή ανάπτυξη

Τα αποτελέσματα των μικροβιολογικών εξετάσεων του πειράματος της συντήρησης της γαρίδας (*M.kerathurus*) παρουσιάζονται παρακάτω.

3.4.1. Ολική μεσόφιλη χλωρίδα (O.M.X.), (total viable counts)

Η μεταβολή του πληθυσμού της Ολικής Μεσόφιλης Χλωρίδας (O.M.X.) κατά τη διάρκεια της συντήρησης της *M.kerathurus* σε ατμοσφαιρικό αέρα όσο και με τη χρήση της MAP για χρονικό διάστημα των 4 ημερών απεικονίζεται παρακάτω.

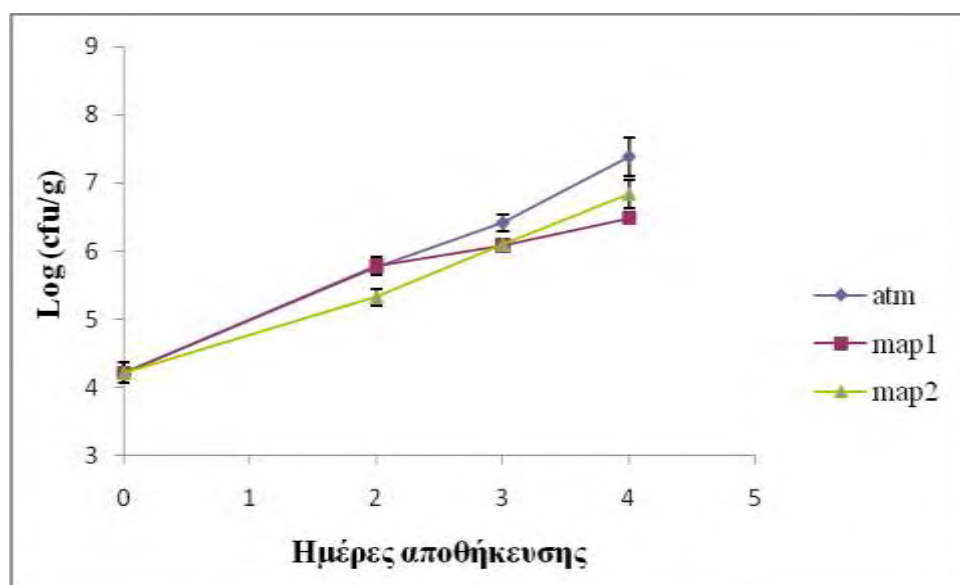


Εικόνα 3.1. : Απεικόνιση μεταβολής της O.M.X. κατά τη διάρκεια συντήρησης σε αέρα και τροποποιημένες ατμόσφαιρες.

Αυτό που παρατηρείται (Εικόνα 3.1.) είναι η μικρή αλλά εμφανής διαφοροποίηση του πληθυσμού της OMX κατά την αποθήκευση σε αέρα την τελευταία ημέρα (4^η) της δειγματοληψίας από περιπτώσεις αποθήκευσης σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα MAP1 (60% CO₂ : 40% N₂) και MAP2 (5.1% CO₂ : 92.9% N₂ : 2% O₂). Ο πληθυσμός είναι αυξημένος συγκριτικά με τις άλλες δύο μεταχειρίσεις. Η διαφορά είναι περίπου 0.5 και 1 λογαριθμικοί κύκλοι σε σχέση με το MAP2 και MAP1, αντίστοιχα.

3.4.2. Βακτήρια που παράγουν H₂S (*Shewanella putrefaciens*)

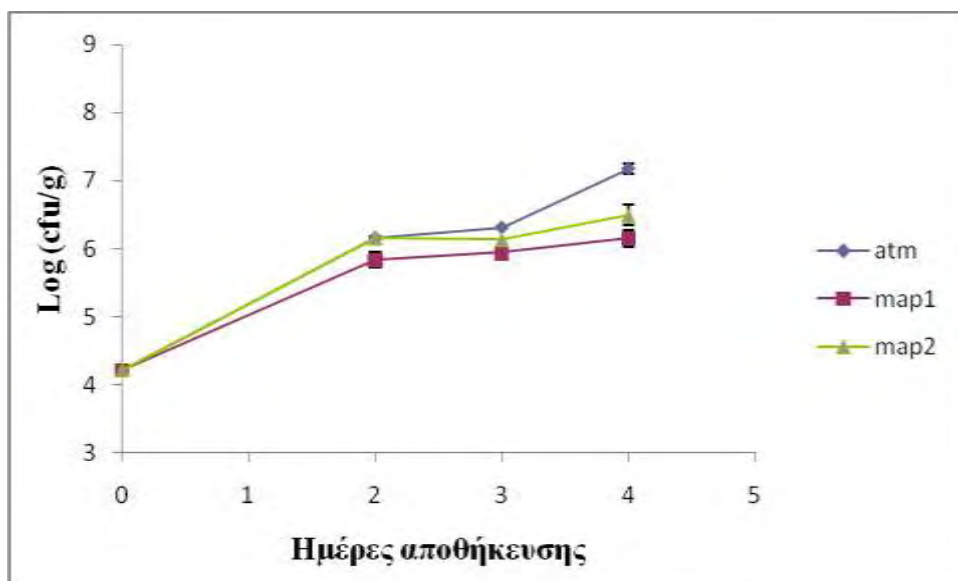
Σύμφωνα με τις μικροβιολογικές αναλύσεις που έγιναν διαπιστώθηκε ότι ο πληθυσμός των βακτηρίων που παράγουν H₂S (κυρίως *Shewanella putrefaciens*) στα δείγματα που συντηρήθηκαν σε ατμοσφαιρικό αέρα είναι αυξημένος συγκριτικά με τις άλλες δύο μεταχειρίσεις. Η διαφορά είναι περίπου 0.5 και 1 λογαριθμικοί κύκλοι σε σχέση με το MAP2 και MAP1, αντίστοιχα.



Εικόνα 3.2.: Απεικόνιση μεταβολής των βακτηρίων που παράγουν H₂S (κυρίως της *Shewanella putrefaciens*) κατά τη διάρκεια συντήρησης σε αέρα και τροποποιημένες ατμόσφαιρες.

3.4.3. Ψευδομονάδες (*Pseudomonas* spp.)

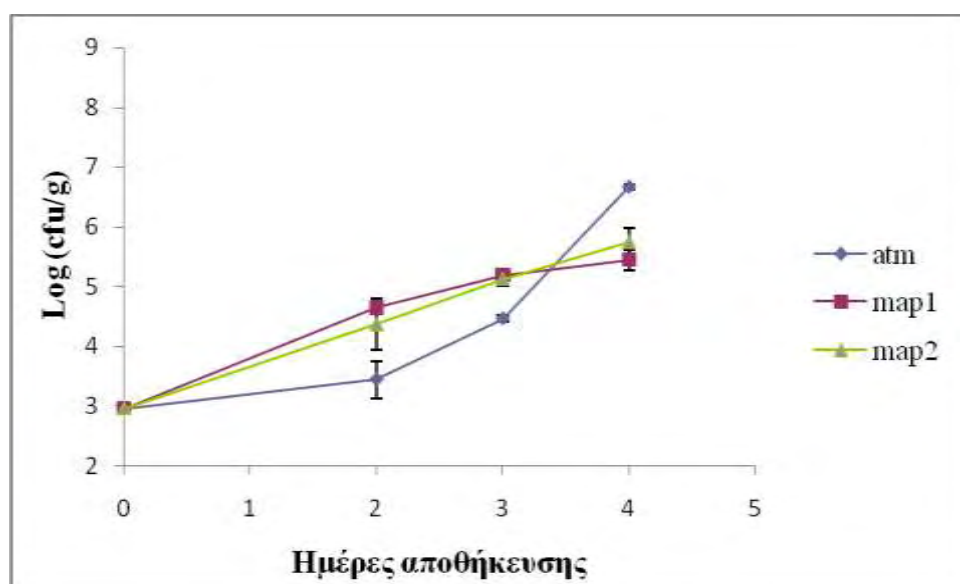
Η μεταβολή του πληθυσμού των ψευδομονάδων, κατά τη διάρκεια της συντήρησης της *M. kerathurus* για τις τρεις μεταχειρίσεις απεικονίζεται στην (Εικόνα 3.3.) Η πρώτη σύσταση (map1) εμφανίζει τη μικρότερη αύξηση, όσον αφορά τον πληθυσμό των ψευδομονάδων, ενώ η μεταχείριση του ατμοσφαιρικού αέρα παρουσιάζει τη μεγαλύτερη αύξηση. Ο πληθυσμός των ψευδομονάδων εμφανίζεται ελαφρά αυξημένος την τελευταία ημέρα.



Εικόνα 3.3.: Απεικόνιση μεταβολής των ψευδομονάδων (*Pseudomonas* spp.) κατά τη διάρκεια συντήρησης σε αέρα και τροποποιημένες ατμόσφαιρες.

3.4.4. *Brochothrix thermosphacta*

Στην Εικόνα 3.4 απεικονίζεται η μεταβολή του πληθυσμού του *Brochothrix thermosphacta* και των τριών μεταχειρίσεων. Ο πληθυσμός του μάρτυρα παρουσιάζει τη μικρότερη αύξηση, σε αντίθεση με τον πληθυσμό της δεύτερης σύστασης (map2) που εμφανίζει τη μεγαλύτερη.



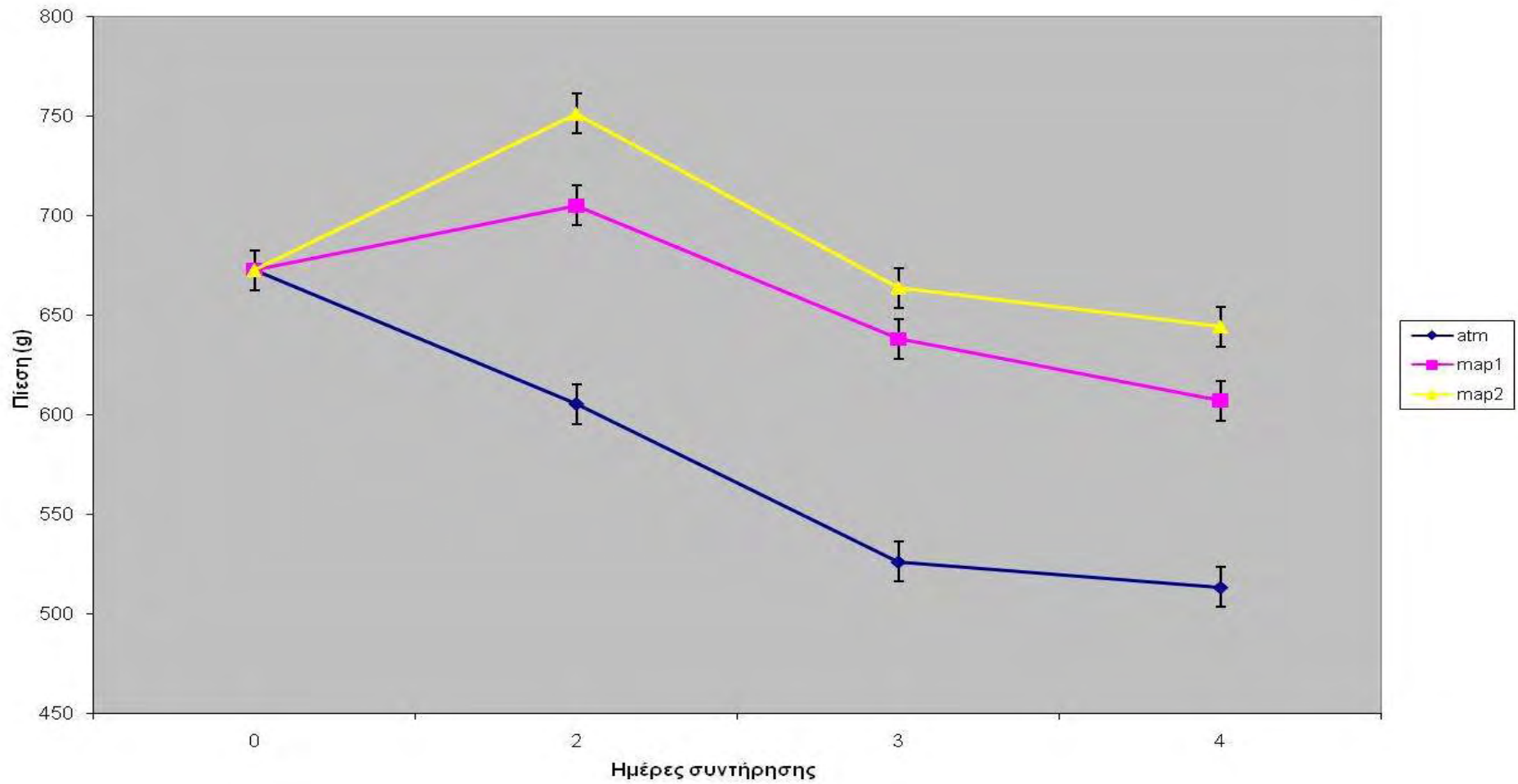
Εικόνα 3.4.: Απεικόνιση μεταβολής του *Brochothrix thermosphacta* κατά τη διάρκεια συντήρησης σε αέρα και τροποποιημένες ατμόσφαιρες.

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στην παρούσα εργασία διαπιστώθηκε ότι οι μηχανικές, οι φυσικοχημικές, οι οργανοληπτικές και οι μικροβιολογικές παράμετροι των γαρίδων επηρεάζονται από τη μεταχείριση που εφαρμόστηκε σε αυτές. Η εφαρμογή ενός συνδυασμού πολυπαραμετρικών μεθόδων στατιστικής ανάλυσης παρουσίασε μια παραλλακτικότητα σχέσεων στα εξεταζόμενα χαρακτηριστικά και βοήθησε στην κατανόηση των επιδράσεων των τριών μεταχειρίσεων στις γαρίδες (*M.kerathurus*).

4.1. Μηχανικές ιδιότητες

Η εφαρμογή της ανάλυσης σε κύριες συνιστώσες (PCA), σε όλα τα χαρακτηριστικά (μηχανικά, φυσικά, οργανοληπτικά και μικροβιολογικά) έδειξε ότι οι κύριες ομαδοποιήσεις των μηχανικών ιδιοτήτων, που πραγματοποιούνται μεταξύ των γαρίδων των τριών μεταχειρίσεων διαφοροποιούνται. Επιπρόσθετα, στην Εικόνα 4.1, η μεγαλύτερη πίεση (δηλαδή η πιο μεγάλη σκληρότητα) καταγράφεται στη δεύτερη συγκέντρωση (mar2), ενώ η μικρότερη στο μάρτυρα (atm). Επίσης, η πίεση που εφαρμόζεται στις γαρίδες όλων των μεταχειρίσεων μειώνεται με την πάροδο των ημερών, άρα ο ιστός της γαρίδας γίνεται λιγότερο συνεκτικός.



Εικόνα 4.1.:

Απεικόνιση διακύμανσης των μηχανικών ιδιοτήτων των γαρίδων κατά τη διάρκεια συντήρησης τόσο χωρίς την προσθήκη αερίων (μάρτυρας), όσο και με τη χρήση της τροποποιημένης ατμόσφαιρας.

4.2. Οπτικές ιδιότητες

Χρωματικός παράγοντας (L^)*

Αρχικά, από τη στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων και με την πάροδο των ημερών (Εικόνα 4.2.) δεν παρατηρείται σημαντική μεταβολή του χρωματικού παράγοντα (L^*) για το μάρτυρα (atm), είναι σχεδόν σταθερός όσον αφορά την εσωτερική επιφάνεια, ενώ όσον αφορά την εξωτερική επιφάνεια υπάρχει μία μικρή μεταβολή της φωτεινότητας. Ωστόσο, για τις δύο συγκεντρώσεις η παραπάνω χρωματική συντεταγμένη παρουσιάζει μείωση στην τιμή της, το οποίο πρακτικά σημαίνει ότι τα δείγματα των (map1 και map2) απέκτησαν πιο σκούρο χρώμα (L^* : Luminosity, φωτεινότητα). Συγκεκριμένα, η συγκέντρωση (map1) τη δεύτερη ημέρα έχει την υψηλότερη τιμή στις μετρήσεις και των δύο επιφανειών, με πιο φωτεινή την εσωτερική, μετά παρουσιάζει μείωση, δηλαδή απώλεια της φωτεινότητάς της. Η δεύτερη συγκέντρωση (map2), παρουσιάζει μεταβολή, κυρίως μείωση στην εξωτερική επιφάνεια τη δεύτερη ημέρα, ενώ αύξηση στην εσωτερική επιφάνεια την ίδια ημέρα.

Χρωματικός παράγοντας (a^)*

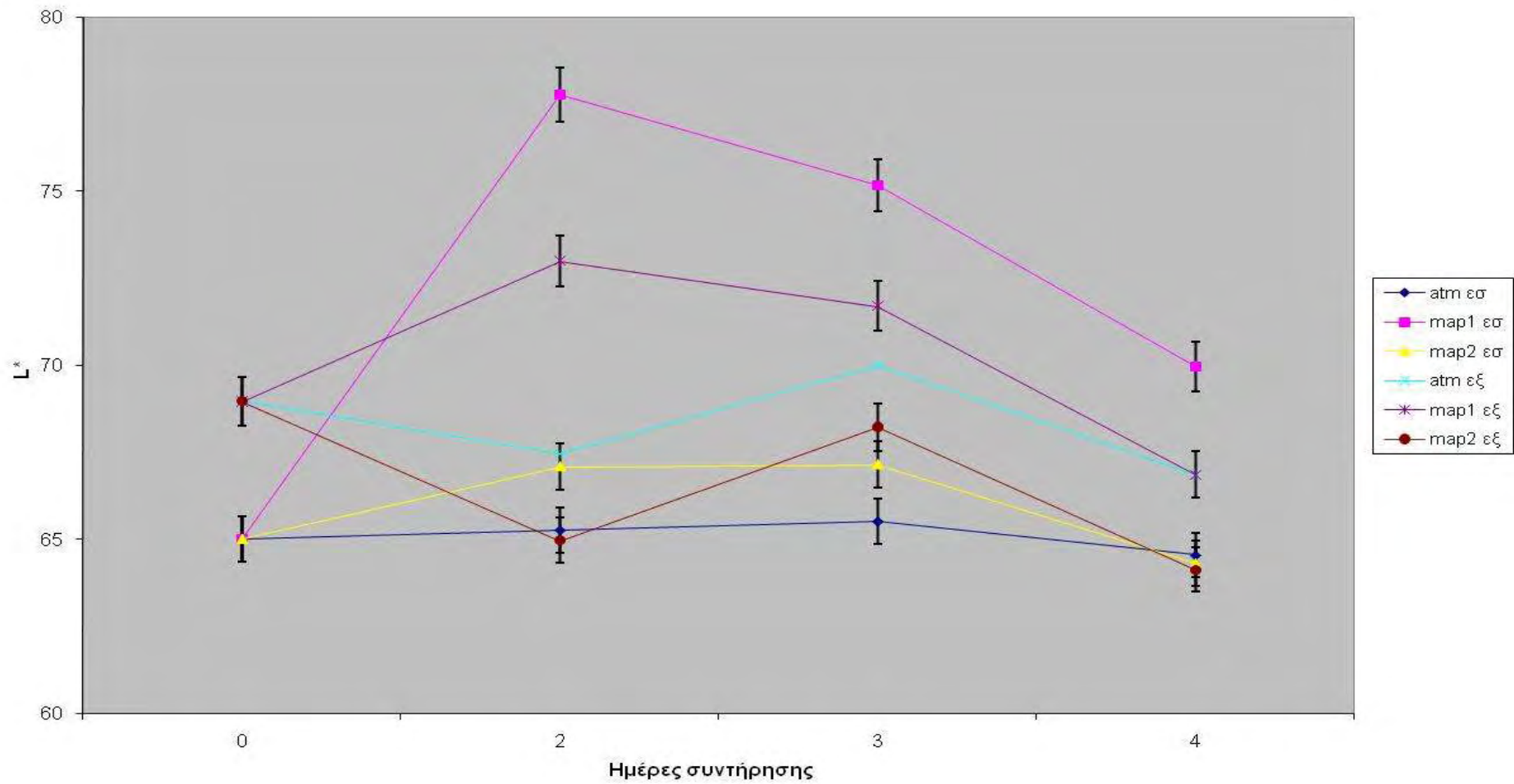
Οι θετικές τιμές που προέκυψαν (Εικόνα 4.3) από τις μετρήσεις του χρωματικού παράγοντα (a^*), αντιπροσωπεύουν αποχρώσεις του κόκκινου. Άρα, επειδή η παραπάνω χρωματική συντεταγμένη στην εσωτερική και στην εξωτερική επιφάνεια του μάρτυρα μειώνεται σημαντικά με την πάροδο των ημερών, ελαττώνεται κατά συνέπεια και η απόχρωση του κόκκινου χρώματος. Όμως, για την εσωτερική επιφάνεια οι δύο συγκεντρώσεις (map1) και (map2) εμφανίζουν μείωση του χρωματικού παράγοντα (a^*), ενώ αύξηση παρουσιάζεται από την τρίτη στην τέταρτη ημέρα, όσον αφορά την

εξωτερική επιφάνεια μόνο στη μεταχείριση (map1). Δηλαδή, στην εσωτερική επιφάνεια και οι δύο συγκεντρώσεις παρουσιάζουν ελάττωση της απόχρωσης του κόκκινου, ενώ στην εξωτερική μόνο η (map1) έχει πιο έντονη την απόχρωση του κόκκινου από την τρίτη στην τέταρτη ημέρα.

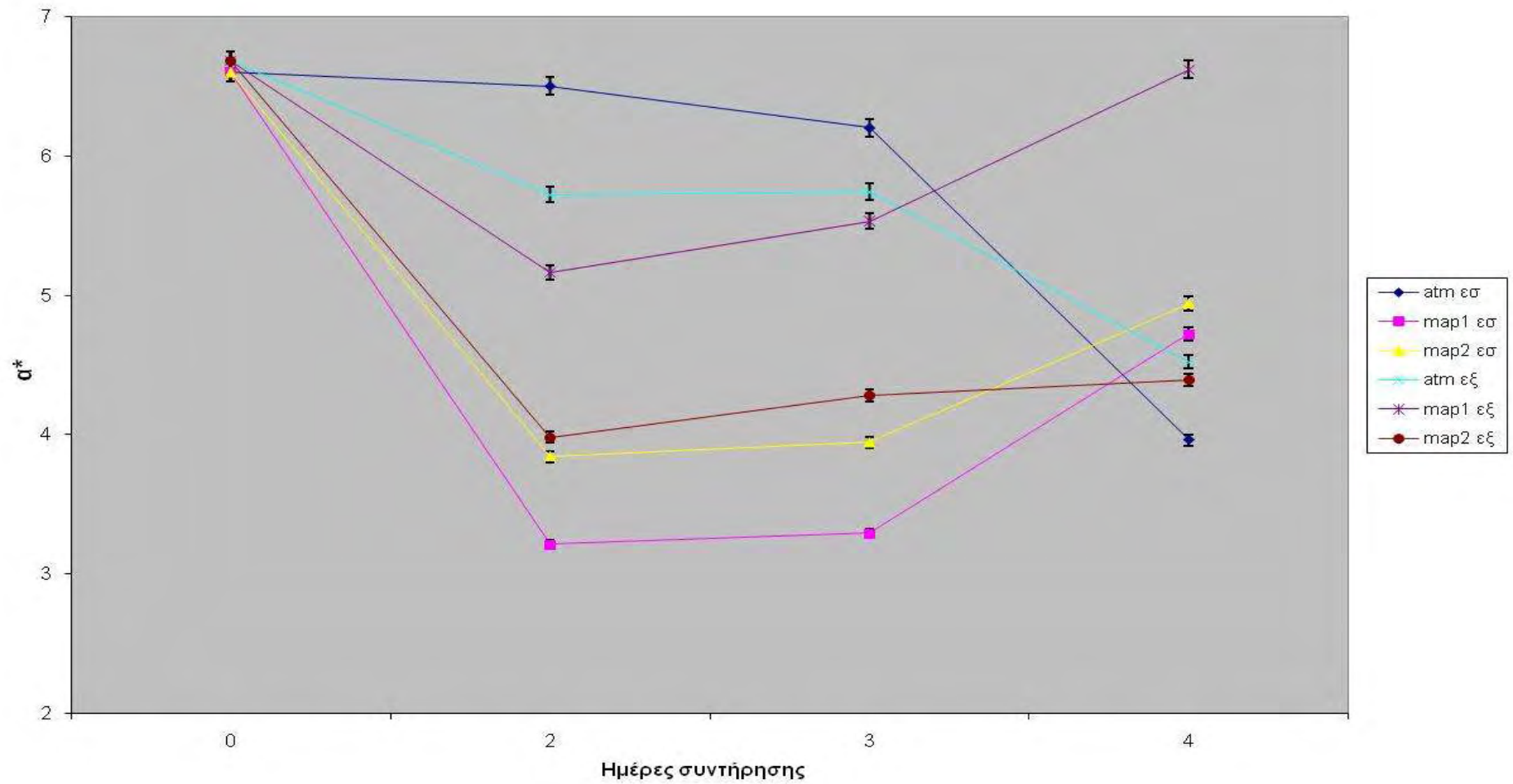
Χρωματικός παράγοντας (b*)

Επιπρόσθετα, οι θετικές τιμές που προέκυψαν (Εικόνα 4.4) από τις μετρήσεις του χρωματικού παράγοντα (b*), αντιπροσωπεύουν τις αποχρώσεις του κίτρινου. Επομένως, επειδή οι τιμές της παραπάνω χρωματικής συντεταγμένης στην εσωτερική και στην εξωτερική επιφάνεια του μάρτυρα παρουσιάζουν μείωση, κυρίως της εξωτερικής, ελαττώνεται και η απόχρωση του κίτρινου. Ωστόσο, οι μεταχειρίσεις (map1 και map2), παρουσιάζουν κοινή συμπεριφορά, όσον αφορά τις τιμές της εσωτερικής επιφάνειας (μείωση της έντασης του κίτρινου χρώματος), ενώ μόνο η συγκέντρωση (map2) προκαλεί αύξηση στις τιμές της εξωτερικής επιφάνειας των γαρίδων, δηλαδή αύξηση στην ένταση του κίτρινου χρώματος.

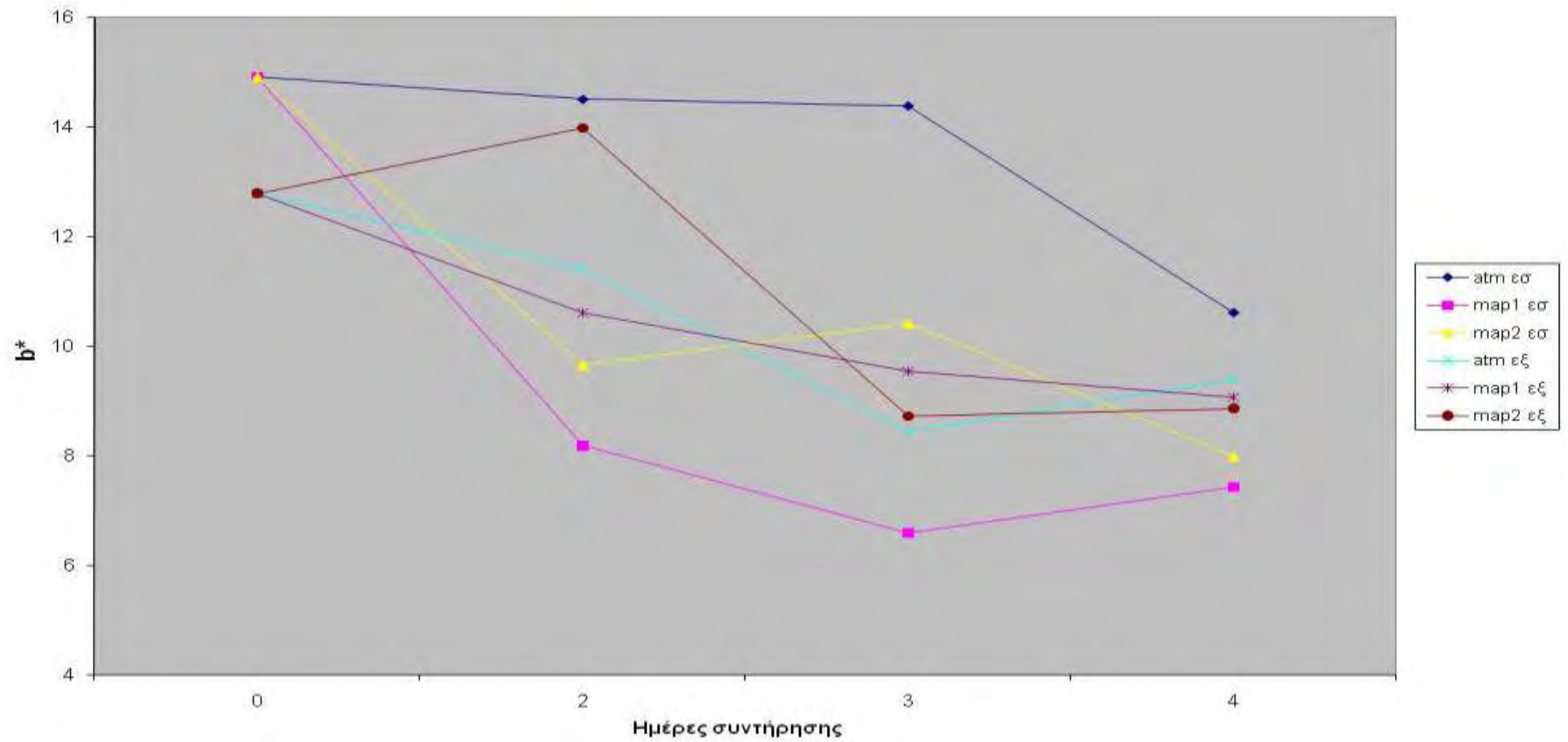
Σύμφωνα με τους (Poli *et al.*, 2006), τα (απεντερωμένα φιλέτα λαβρακιού (*Dicentrarchus labrax*) σε πάγο, είχαν υψηλότερες τιμές, όσον αφορά τους χρωματικούς παράγοντες a^* (απόχρωση του κόκκινου) και b^* (απόχρωση του κίτρινου), από ότι τα φιλέτα συντηρημένα σε MAP ή στον ατμοσφαιρικό αέρα. την έκτη και τη δεύτερη ημέρα μετά τη συσκευασία αντίστοιχα.



Εικόνα 4.2.: Απεικόνιση διακύμανσης της μέτρησης του χρωματικού παράγοντα (L^*) της εξωτερικής και της εσωτερικής επιφάνειας των γαρίδων στο χρόνο για όλες τις μεταχειρίσεις.



Εικόνα 4.3. Απεικόνιση διακύμανσης της μέτρησης του χρωματικού παράγοντα (a^*) της εξωτερικής και της εσωτερικής επιφάνειας των γαρίδων στο χρόνο για όλες τις μεταχειρίσεις.



Εικόνα 4.4. Απεικόνιση διακύμανσης της μέτρησης του χρωματικού παράγοντα (b^*) της εξωτερικής και της εσωτερικής επιφάνειας των γαρίδων στο χρόνο για όλες τις μεταχειρίσεις.

4.3. Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά

Οι αλλαγές που επέρχονται στα αλιεύματα κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης μπορούν να δώσουν άμεσες πληροφορίες, για τη νωπότητα (φρεσκότητα) και την ποιότητα των ψαριών (Botta, 1995) και συχνά συνδέονται με τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, τα οποία είναι απαραίτητα για την ικανοποίηση του καταναλωτή.

Ένας από τους βασικούς σκοπούς των ερευνητών όσον αφορά στην αλλοίωση των τροφίμων είναι και η εξεύρεση μιας μεθόδου, βάσει της οποίας θα είναι δυνατή η ακριβής μέτρηση και καταγραφή όλων των σταδίων της (Farber, 1965).

Η ανάλυση σε κύριες συνιστώσες (PCA), η οποία εφαρμόστηκε και για τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά έδειξε ότι οι κύριες ομαδοποιήσεις που πραγματοποιούνται μεταξύ των δύο συγκεντρώσεων στα περισσότερα χαρακτηριστικά της εμφάνισης, είναι πολλές, άρα δεν παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές. Οι ομαδοποιήσεις αυτές παρατηρούνται κυρίως τη δεύτερη και την τρίτη ημέρα με μικρές διαφοροποιήσεις μόνον την πρώτη και την τέταρτη ημέρα. Ακόμη, όσον αφορά το μάρτυρα δεν υπάρχουν ομαδοποιήσεις με τις *map1* ή *map2*. Επιπρόσθετα, τα χαρακτηριστικά της δομής φαίνεται να ομαδοποιούνται για τις δύο συστάσεις, σε αντίθεση με αυτά του μάρτυρα που διαφέρουν και πάλι. Σχετικά με το οργανοληπτικό χαρακτηριστικό γεύση, διακρίνονται διαφορές μεταξύ των δύο συστάσεων αλλά δεν είναι σημαντικές. Επίσης, μη σημαντικές είναι οι διαφορές που καταγράφονται για τον μάρτυρα.

Η ανάλυση κατά ομάδες (Cluster Analysis), ομαδοποιεί και πάλι τις δύο συγκεντρώσεις για τα χαρακτηριστικά της εμφάνισης, οπότε δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές, όμως σε σχέση με το μάρτυρα υπάρχουν. Για τα χαρακτηριστικά της δομής

δεν έχουμε εμφανείς διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων. Τέλος, για τα χαρακτηριστικά της γεύσης οι δύο συγκεντρώσεις ομαδοποιούνται, άρα δεν υπάρχουν διαφοροποιήσεις, ενώ συγκριτικά με το μάρτυρα υπάρχουν διαφοροποιήσεις χωρίς να είναι σημαντικές.

Τέλος, η εφαρμογή της διακριτικής ανάλυσης (Discriminant Analysis) για τις τρεις μεταχειρίσεις που εφαρμόστηκαν στις γαρίδες έδειξε ότι οι πιο σημαντικές παράμετροι που περιγράφουν τη γενική εντύπωση είναι η γυαλιστερή εμφάνιση, η λεία επιφάνεια, η υγρή εμφάνιση, η αφυδατωμένη εμφάνιση, η γλοιώδης εμφάνιση και η ελαστική δομή. Επίσης, από τα 23 χαρακτηριστικά που εξετάζονται μόνο 25-50% της συνολικής παραλλακτικότητας χρησιμοποιείται για να προκύψει η γενική εντύπωση.

Συμπερασματικά, αξίζει να σημειωθεί ότι παρουσιάζονται όμοιες ομαδοποιήσεις και με την εφαρμογή της PCA και με την εφαρμογή της Cluster Analysis, όσον αφορά τις δύο συγκεντρώσεις (map1 και map2) σε αντίθεση με το μάρτυρα, όπου δεν παρουσιάζονται όμοιες ομαδοποιήσεις με καμία από τις δύο συστάσεις.

4.4. Βακτηριακή ανάπτυξη

4.4.1 Βακτηριακός πληθυσμός

Έχει αποδειχθεί ότι ορισμένες ομάδες βακτηρίων που ορίζονται ως ειδικοί μικροοργανισμοί που προκαλούν αλλοιώσεις (Specific Spoilage Organisms-SSO), στις οποίες περιλαμβάνονται το βακτήριο *Brochothrix thermosphacta*, οξυγαλακτικά βακτήρια, το βακτήριο *Photobacterium phosphoreum* και τέλος το βακτήριο *Shewanella putrefaciens*, έχουν δώσει πολύ καλούς συσχετισμούς με τη μεταβολή των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών ιχθύων που συντηρήθηκαν σε πάγο ή σε MAP (Olafsdottir *et al.*, 1997).

Επίσης, λόγω των σημαντικών ποσοτήτων σε ελεύθερα αμινοξέα, της μεγάλης περιεκτικότητας σε νερό και της χαμηλής περιεκτικότητας σε συνδετικό ιστό, τα αλιεύματα αποσυντίθενται ταχέως (Gram and Huss 1996). Οι αλλοιώσεις οφείλονται στην αυτόλυση, στην οξείδωση και υδρόλυση των λιπών καθώς και στη δράση των βακτηρίων (Gram *et al.*, 2002).

Η κυρίαρχη μικροχλωρίδα σε νωπά ψάρια περιλαμβάνει τα γένη: *Acinobacter*, *Aerobacter*, *Aeromonas*, *Alcaligenes*, *Alteromonas*, *Bacillus*, *Clostridium*, *Corynebacterium*, *Flavobacterium*, *Micrococcus*, *Moraxella*, *Proteus*, *Pseudomonas*, *Vibrio* (Dalgaard, 1995; Austin, 2002).

Ακόμη, αλιεύματα που συντηρούνται σε θερμοκρασίες συντήρησης 0°C έως 5 °C οδηγούν στο να κυριαρχεί ψυχρότροφη μικροχλωρίδα προκαλώντας αλλοιώσεις στα νωπά αλιεύματα. Αντίθετα θερμοκρασίες από 15°C έως 30°C ευνοούν τη γρήγορη ανάπτυξη των *Vibrionaceae*, *Enterobacteriaceae* καθώς και Gram θετικών μικροοργανισμών (Dalgaard, 1995; Αρβανιτογιάννης, 2001α).

Τα δείγματα που εξετάστηκαν είχαν αξιόλογη μικροβιακή επιβάρυνση, πιθανόν εξαιτίας του υψηλού αρχικού μικροβιακού φορτίου των γαρίδων. Όσον αφορά τη συγκέντρωση της O.M.X. έχει αναφερθεί ότι ο προσδιορισμός της π.χ. σε καπνιστούς ιχθείς αποτελεί τον κύριο μικροβιακό δείκτη που μπορεί να δείξει την πραγματική εικόνα της υγιεινής κατάστασης των προϊόντων (Civera *et al.*, 1995). Σύμφωνα με τη ICMSF (1986), ο πληθυσμός της O.M.X. δεν πρέπει να ξεπερνά το όριο των 10^7 cfu/g (Dodds *et al.*, 1992). Τέτοια τιμή καταγράφηκε την τελευταία ημέρα του πειράματος και μόνο για το μάρτυρα (συντήρηση στον ατμοσφαιρικό αέρα), από όλα τα δείγματα που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία. Αυτό που ίσως πρέπει να σημειωθεί

είναι ότι η μεταχείριση αυτή παρουσίασε γενικά και το μεγαλύτερο μικροβιακό πληθυσμό καθ' όλη τη διάρκεια της συντήρησης (Olafsdottir *et al.*, 1997).

Κατά καιρούς έχουν προταθεί διάφορες μέθοδοι καταμέτρησης διαφόρων μικροοργανισμών, που βοηθούν στην εκτίμηση της νωπότητας των ιχθύων και κατ' επέκταση στην εκτίμηση της ποιότητάς τους. Πειραματικά έχει αποδειχτεί ότι η O.M.X. των ιχθύων έχει υψηλή συσχέτιση με το χρόνο συντήρησης των ιχθύων σε ψύξη. (Olafsdottir *et al.*, 1997).

Ακόμη, σύμφωνα με τους Koutsoumanis *et al.* (2000), για να επιτευχθεί παρεμπόδιση μικροοργανισμών, η θερμοκρασία της αποθήκευσης των προϊόντων της MAP πρέπει να είναι όσο το δυνατόν χαμηλότερη, γιατί η διαλυτότητα του CO₂ μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας.

Οι El-Marrakchi *et al.* (1990) ανέφεραν ότι ο αρχικός μικροβιακός πληθυσμός της O.M.X. σε σαρδέλες συντηρημένες σε πάγο ήταν 3.16×10^2 cfu/g και έφτασε το όριο των 10^6 – 10^7 cfu/g την ένατη ημέρα, ενώ αυτά τα όρια ξεπεράστηκαν μέσα σε 24 ώρες σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Επιπλέον, σύμφωνα με τους Goulas *et al.*, 2005, ο αρχικός πληθυσμός της O.M.X. για τα μύδια ήταν $4.5 \log \text{CFU g}^{-1}$ την πρώτη ημέρα. Όμως, ο πληθυσμός αυτός ξεπέρασε τα $7 \log \text{CFU g}^{-1}$, το οποίο όπως προαναφέρθηκε είναι το ανώτατο όριο αποδοχής για τα γλυκά νερά και τα θαλάσσια είδη όπως έχει καθοριστεί από την ICMSF (1986) την όγδοη ημέρα για τις συγκεντρώσεις (50%/50% CO₂/N₂ και 40%/30%/30% CO₂/N₂/O₂).

Στην εργασία των Pournis *et al.* (2005), η O.M.X. στο μπαρμπούνι (*Mullus surmuletus*) έφτασε την τέταρτη ημέρα στα $6.80 \log \text{CFU/g}$ στη μεταχείριση του αέρα και $6.25 \log \text{CFU/g}$ στη μεταχείριση με συγκέντρωση 10%/20%/70%:O₂/CO₂/N₂. Όσον

αφορά, τον πληθυσμό των *Pseudomonas* spp. ανήλθε σε 6.14 log CFU/g στον αέρα, ενώ στη συγκέντρωση 10%/20%/70%:O₂/CO₂/N₂. τα 5.11 log CFU/g.

Σύμφωνα με τους Mejlholm *et al.* (2005) οι οποίοι ασχολήθηκαν με έτοιμες προς κατανάλωση γαρίδες, η διαδικασία του μαγειρέματος αδρανοποιεί την ανθεκτικότητα των ψυχρόφιλων βακτηρίων που αποτελούν τη μικροχλωρίδα των γαρίδων κι έτσι μπορεί να δικαιολογηθεί ότι στην εργασία τους παρατηρήθηκε απουσία των βακτηρίων που παράγουν H₂S. Στην παρούσα εργασία για τα βακτήρια που παράγουν H₂S (κυρίως της *Shewanella putrefaciens*), μόνο ο μάρτυρας ξεπέρασε ελάχιστα το όριο 7 log CFU g⁻¹ την τελευταία ημέρα του πειράματος (τέταρτη ημέρα).

Το βακτήριο *Brochothrix thermosphacta* έχει αναφερθεί ως βακτήριο που παίζει σημαντικό ρόλο στην αλλοίωση των αλιευμάτων (Drosinos and Nychas 1996). Επειδή, ο τελικός πληθυσμός των βακτηρίων του συγκεκριμένου είδους *Brochothrix thermosphacta* ήταν μικρότερος από εκείνους των βακτηρίων που παράγουν H₂S (κυρίως της *Shewanella putrefaciens*) και για των *Pseudomonas* spp., φαίνεται ότι το συγκεκριμένο είδος βακτηρίου συνεισέφερε λιγότερο στην αλλοίωση των γαρίδων συντηρημένων στον αέρα ή σε τροποποιημένες ατμόσφαιρες. Τα παραπάνω συμφωνούν με τα αποτελέσματα των Pournis *et al.*, 2005, που αναφέρθηκαν για το μπαρμπούνι (*Mullus surmuletus*). Ακόμη, κατά τους Stamatis and Arkoudelos (2007), ο πληθυσμός του βακτηρίου *Brochothrix thermosphacta* έφτασε την τέταρτη ημέρα περίπου στα 4.8(log cfu/g) στον ατμοσφαιρικό αέρα, ενώ στη σύσταση της τροποποιημένης ατμόσφαιρας με συγκέντρωση (50%CO₂:50%N₂) τα 3 (log cfu/g) .

Παρόμοια αποτελέσματα της MAP έχουν αναφερθεί για ποικίλα θαλάσσια είδη. Οι Ozogul *et al.* (2004) και οι Lopez-Caballero *et al.* (2002), αναφέρουν ότι στο τέλος της συντήρησης, στις σαρδέλες (*Sardina pilchardus*), για τους πρώτους μελετητές και

στις γαρίδες (*Parapenaeus lolongirostris*) για τους δεύτερους, η O.M.X. αναπτύχθηκε ταχύτερα στον ατμοσφαιρικό αέρα από ότι υπό MAP. Η σύσταση μιγμάτων αερίων που χρησιμοποιήθηκε για την πρώτη εργασία ήταν η συγκέντρωση (60% CO₂:40% N₂), ενώ για τη δεύτερη εργασία οι συγκεντρώσεις CO₂/O₂/N₂ (%): 40/30/30 και 45/5/50.

Σύμφωνα με τους Goulas *et al.*, (2005), ο αρχικός μικροβιακός πληθυσμός των βακτηρίων του γένους *Pseudomonas* spp. που αποτελούν μέρος της φυσικής χλωρίδας των μυδιών ήταν 3.5 log CFU/g⁻¹. Τα *Pseudomonas* spp αν και είναι ψυχρότροφα και αερόβια, αναπτύχθηκαν ανεξάρτητα από τις συνθήκες συσκευασίας σε τροποποιημένες ατμόσφαιρες φτάνοντας τα 5.5 log CFU/g⁻¹ την πέμπτη ημέρα του πειράματος στη συγκέντρωση 50%/50% CO₂/N₂ (χωρίς O₂), ενώ το όριο των 7 log CFU/g⁻¹ ξεπεράστηκε την όγδοη ημέρα της συντήρησης για τη συγκέντρωση 40%/30%/30% CO₂/N₂/O₂. Στην παρούσα εργασία την τέταρτη ημέρα, ο παραπάνω πληθυσμός στη συγκέντρωση 60%/40% CO₂/N₂ (χωρίς O₂) έφτασε τα 6.15 log CFU/g⁻¹, ενώ μόνο ο μάρτυρας (συντήρηση σε ατμοσφαιρικό αέρα) άγγιξε τα 7 log CFU/g⁻¹ την τελευταία ημέρα του πειράματος (τέταρτη).

Ακόμη, στην εργασία των Goulas *et al.* (2005), τα βακτήρια *Pseudomonas* spp., με μεγαλύτερο πληθυσμό στη μεταχείριση με συγκέντρωση 40%/30%/30% CO₂/N₂/O₂; όπως ήταν αναμενόμενο, γιατί εμπεριείχε τη μεγαλύτερη συγκέντρωση σε O₂ (30%). Τα προαναφερόμενα αποτελέσματα βρίσκονται σε συμφωνία με την παρούσα εργασία όπου ο μεγαλύτερος αριθμός των βακτηρίων *Pseudomonas* spp. καταγράφηκε στη δεύτερη σύσταση (map2) με συγκέντρωση (CO₂/O₂/N₂ (%): 5.1/2/92.9), η οποία εμπεριείχε O₂.

Δεν είναι απόλυτα σαφή τα συμπεράσματα για το ποια σύνθεση αερίων δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα στη συντήρηση των γαρίδων μέχρι την τέταρτη ημέρα, αφού

από τις μεταχειρίσεις που χρησιμοποιήθηκαν, κάποιες δίνουν πολύ καλές συσχετίσεις για την καλύτερη συντήρηση σε κάποια από τα χαρακτηριστικά, ενώ μειονεκτούν σε κάποια άλλα. Ωστόσο φαίνεται ότι η συγκέντρωση αερίων με σύσταση 60%CO₂:40%N₂, είναι πιο αποτελεσματική από τη δεύτερη συγκέντρωση που εμπεριέχει O₂. Παρόλα αυτά καθεμιά από τις συγκεντρώσεις αερίων που χρησιμοποιήθηκαν παρουσιάζει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα.

Επίσης, φαίνεται ότι η MAP αποτελεί καλύτερη επιλογή για τη συσκευασία των νωπών ιχθύων, αλλά και αλιευμάτων γενικά, από τη συντήρηση υπό ψύξη σε αερόβιες συνθήκες. Το θέμα αυτό θα χρειαστεί περισσότερη έρευνα (Δελτίο Ελλην. Κτην. Εταιρείας, 1998).

Τέλος, οι συνθήκες μεταφοράς και συντήρησης των δειγμάτων, πρέπει να γίνονται με σταθερές συνθήκες θερμοκρασίας. Ενώ οι συνθήκες συσκευασίας πρέπει να γίνονται στο συντομότερο δυνατό χρόνο και με τις καλύτερες συνθήκες υγιεινής, έτσι ώστε να αποφεύγεται η μικροβιακή επιβάρυνση των προϊόντων. Συνεπώς, θα πρέπει αρχικά να καταβληθεί προσπάθεια αποφυγής ή εξάλειψης των παραγόντων που τα μολύνουν κατά τη διάρκεια των παραπάνω διαδικασιών, ενώ ταυτόχρονα πρέπει να βελτιωθούν και να ελέγχονται σχολαστικά όλες οι συνθήκες τόσο κατά την επεξεργασία όσο και κατά τη συντήρηση των προϊόντων αυτών, σε αυτό συμφωνεί και το Δελτίο Ελληνικής Κτηνιατρικής Εταιρείας (2000). Και αυτό γιατί σήμερα οι καταναλωτές απαιτούν τρόφιμα που έχουν υποστεί την ελάχιστη δυνατή επεξεργασία, έτσι ώστε να διατηρούν στο έπακρο τη θρεπτική τους αξία, εξοικονομώντας χρόνο όσον αφορά τους χειρισμούς και την προετοιμασία για κατανάλωση. Σε αυτό συμφωνεί και το Δελτίο Ελληνικής Κτηνιατρικής Εταιρείας (1998).

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

5.1. ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- **Austin B., (2002).** The Bacterial Microflora of Fish. *The Scientific World JOURNAL*. Vol. 2, pp. 558-572.
- **Baker, D.A., Genigeorgis, C., Glover, J. & Razvilar, V., (1990).** Growth and toxigenesis of *C. botulinum* type E in fishes packaged under modified atmospheres. *International Journal of Food Microbiology*, **10**, 269-290.
- **Boskou, G.; Debevere, J., (1997).** Reduction of trimethylamine oxide by *Shewanella* spp. under modified atmosphere in vitro. *Food Microbiology*, **14**: 543-553.
- **Boskou, G.; Debevere, J., (1998).** *In vitro* study TMAO reduction by *Shewanella putrefaciens* isolated from cod fillets packed in modified atmosphere. *Food Additives and Contaminants*, **15**: 229-236.
- **Botta, J.R., (1995).** *Evaluation of seafood Freshness Quality*. VCH Publishers Inc., New York, U.S.A.
- **Broadbent, D. A., (2003).** A Critical Review of the Development of the CIE1931 RGB Color-Matching Functions, *Wiley Periodicals, Inc.*, Vol. 29, Number 4, pp.267-272.
- **Brody, AL (1989),** Modified atmosphere packaging of seafoods. In: BRODY AL (ed) Controlled/modified atmosphere/vacuum packaging of foods. Food and Nutrition Press, Inc., Connecticut, USA, pp 59-65.

- **Cai, P., Harrison, M.A., Huang, Y.W. & Silva, J.L., (1997).** Toxin production by *Clostridium botulinum* type E in packaged channel catfish. *Journal of Food Protection*, **60**: 1358-1363.
- **CIE (1978).** Recommendations on uniform color spaces-color difference equations, psychometric color terms. Supplement 2 to CIE publication No. 15 (E-1.3.1) 1971/(TC-1-3). Commission Internationale de l'Eclairage, Paris.
- **Clydesdale, M. F., (1998).** Color: origin, stability, measurement and quality. In Irwin A.T. and R.P. Singh (ed.), *Food Storage Stability* (pp 175-190). CRC Press, Boca Raton, Boston, London, N.Y., Washington, D.C.
- **Conides, A. J., Lumare, F., Papaconstantinou, C., Scordella, G. K. Kapis., (2001b).** Skewed sex ratios and reproduction in an intensively exploited shrimp *Penaeus kerathurus* population in western Greece. *5th International Crustacean Congress and "Summer" 2001 meeting" of the Crustacean Society"* Melbourne, 9-13 July.
- **Conides, A., Lumare, F. Kapis K. & G. Scordella., (2001a).** Reproduction and life history of the native shrimp *Penaeus kerathurus* in North Mediterranean. *European Decapod Fisheries Assessment and Management*.
- **Conides, A., Papaconstantinou, G., Lumare, F. & G. Scordella., 2002.** Management aspects for the coastal Fishery of the shrimp *Penaeus (Melicertus) kerathurus* (FORSKÅL, 1775) in Amvrakikos Gulf (Western Greece). *International conference on Fishery and environment in S. E. Europe, Preveza Hellas 20-30 June, 2002.*

- **Cooley, W.W. and Lohnes, P.R., (1971).** *Multivariate Data Analysis*. John Wiley and Sons Inc., New York.
- **Cornelius, L., (2001).** A Matter of Perspective: Understanding Color Theory for Remanufacturing, *RECHARGER Magazine*, pp. 36-42.
- **Coyne, F.P., (1932).** The effect of carbon dioxide on bacterial growth with special reference to the preservation of fish. Part I. *Journal of the Society of Chemical Industry*, **51**: 119T±121T.
- **Coyne, F.P., (1933).** The effect of carbon dioxide on bacterial growth with special reference to the preservation of fish. Part II. *Journal of the Society of Chemical Industry*, **52**: 19T±24T.
- **Dalgaard, P. and Jørgensen, L.V., (2000).** Cooked and brined shrimps packed in a modified atmosphere have a shelflife of >7 months at 0°C, but spoil in 4-6 days at 25 °C. *Int. Food Science and Technology* **35**: 431-442.
- **Dalgaard, P., (1995).** Modelling of microbial activity and prediction of shelf life for packed fresh fish. *Int. J. Food Microbiol.* **26**:305–317.
- **Dalgaard, P., (1995).** Qualitative and quantitative characterization of spoilage bacteria from packed fish. *International Journal of Food Microbiology*, **26**: 319-333.
- **Dalgaard, P.; Gram, L. and Huss, H. H., (1993).** Spoilage and shelf-life of cod fillets packed in vacuum or modified atmospheres. *International Journal of Food Microbiology*, **19**: 283-294.
- **Dalgaard, P.; Mejholm, O.; Christiansen, T.J. and Huss, H. H., (1997).** Importance of *Photobacterium phosphoreum*, in relation to spoilage of modified

atmosphere- packaged fish products. *Letters in Applied Microbiology*, **24**: 373-378.

- **Dalgaard, P.; Munoz, L.G. and Mejholm, O., (1998).** Specific inhibition of *Photobacterium phosphoreum* extends the shelf life of modified-atmosphere-packed cod fillets. *Journal of Food Protection*, **61**:1191-1194.
- **Davis, A.R. and Slade, A., (1995).** Fate Aeromonas and Yersinia on modified-atmosphere-packaged (MAP) cod and trout. *Letters in Applied Microbiology*, **21**: 354-358.
- **Debevere, J. and Boskou, G., (1996).** Effect of modified atmosphere packaging on the TVB/TMA –producing microflora of cod fillets. *International Journal of Food Microbiology*, **31**: 221-229.
- **Dodds, KL., Brodsky, MH., Marburton, DW. (1992).** A retail survey of smoked ready-to-eat fish to determine their microbiological quality. *J. Food protect.*, **55**:208-210.
- **Drosinos, E. H., and G.-J. E. Nychas., (1996).** *Brochothrix thermosphacta*, a dominant organism in Mediterranean fresh fish (*Sparus aurata*) stored under modified atmosphere. *Ital. J. Food Sci.* **4**:323–329.
- **El Marrakchi, A. E., Bennour, M., Bouchaiti, N., Hamma, A., & Tagafait, H., (1990).** Sensory, chemical and microbiological assessment of Moroccan sardines (*Sardinas pilchardus*) stored in ice. *Journal of Food Protection*, **53**, 600–605.
- **Fagan, J.D., Gormley, T.R. & Mhuirheartaigh, M. M. Uí. (2004).** Effect of modified atmosphere packaging with freeze-chilling on some quality parameters

of raw whiting, mackerel and salmon portions. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, **5**, 205-214.

- **Farber, J. M., (1991).** Microbiological aspects of modified-atmosphere packaging technology- a review. *Journal of Food Protection*, **54**: 58-70.
- **Francis, F.J. & Clydesdale, F.M., (1975).** *Food Colorimetry: Theory and Applications*. The Avi Publishing Company, Inc., Westport, Connecticut.
- **Garthwaite, G. A., (1997).** Chilling and freezing of fish. In G. M. HALL (Ed), *Fish Processing Technology* (2st ed) (pp. 119-158). Blackie Academic & Professional, London, Glasgow, New York, Tokyo, Melbourne, Madras.
- **Garthwaite, G.A., (1992).** Chilling abd freezing of fish. In: Fish Processing Technology Hall, G.M. (ed.), Blackie Academic & Professional, London 90-113.
- **Giese, J., (2003).** Color Measurements in Foods. *FoodTechnology*. Vol. 57. No.12
- **Goulas, A.E., Chouliara, I. Nessi E., Kontominas, M.G. and. Savvaidis, I.N., (2005).** Microbiological, biochemical and sensory assessment of mussels (*Mytilus galloprovincialis*) stored under modified atmosphere packaging, *Journal of Applied Microbiology*, **98**, 752–760.
- **Goulas, AE., Kontominas, MG., (2007).** Effect of modified atmosphere packaging and vacuum packaging on the shelf-life of refrigerated chub macherel (*Scomber japonicus*): biochemical and sensory attributes, *Eur Food Research and Technology*, **224**:545-553.

- **Gould, G.W., (2000).** Strategies for Food Preservation. In *The Microbiological Safety and Quality of Food* ed. Lund, B.M., Baird-Parker, T.C. and Gould, G.W. pp. 19-35. Gaithersburg, MD: Aspen Publishers, Inc.
- **Gram, L. & Dalgaard, P., (2002).** Fish spoilage – problems and solutions. *Current Opinion in Biotechnology*, **13**, 262–266.
- **Gram, L. & Huss, H.H., (1996).** Microbiological spoilage of fish and fish products. *International Journal of Food Microbiology*, **33**, 121–137.
- **Gram, L., Ravn, L., Rasch, M., Bruhn, J.B., Christensen, A.B., Givskov, M., (2002).** Food spoilage-interactions between food spoilage bacteria. *International Journal of Food Microbiology* **78** :79-97.
- **Gram, L., Trolle, G. & Huss, H.H., (1987).** Detection of specific spoilage bacteria from fish stored at low (0°C) and high (20°C) temperatures. *International Journal of Food Microbiology*, **4**, 65–72.
- **Hintlian, C.B. and Hotchkiss, J.H., (1986).** The safety of modified atmosphere packaging: a review. *Journal Food Technology*, **40**: 70-76.
- **Holthuis, L. B., (1987).** Crevettes. In: Fisher W., M. Schneider, M. -L. Bauchot. *Fiches FAO d' identification des espèces pour les besoins de la pêche* 37. Révision 1. Volume **1**. Végétaux et invertébrés. FAO, Rome: 189-292.
- **Holthuis, L., B., (1980).** FAO species catalogue. Shrimps and Prawns of the world. An annotated Catalogue of Species of Interest to Fisheries. *FAO Fisheries Synopsis* No 125, Volume **1**: 277pp.
- **Huss, H.H., (1995).** Quality and Quality Changes in Fresh Fish. FAO Fisheries Technical Paper no. 348. Rome, Italy: FAO.

- **Hutchings, B.J., (1994).** *Food Colour and Appearance*, Blackie Academic & Professional, Glasgow, UK.
- **ICMSF (1986).** Sampling plans for fish and shellfish. In: The Intl. Commission on Microbiological Specifications for Foods of the Intl. Union of Biological Societies *Microorganisms in Foods*, editor. Sampling for microbiological analysis: principles and specific applications. 2nd ed. Oxford :Blackwell Scientific Publications. p 181–96.
- **IFST (1999).** Development and use of microbiological criteria for foods. London: Inst. of Food Science and Technology 79 p.
- **Karani, I., Kitsos, M.S, Chartosia, N. and Koukouras, A., (2005).** Diet composition of the Penaeid shrimp *MELICERTUS KERATHURUS* (Forskal, 1775) (PENAEIDAE, DECAPODA) in the Aegean Sea. *Crustaceana* , volume **78** (4): 385-396 (12).
- **Kevrekidis, K., Thessalou- Legaki, M., (2001).** First results on the fisheries biology of *Penaeus (Melicertus kerathurus)* from Thermaikos Gulf (N. Aegean Sea). Life histories, Assessment and Management of Crustacean Fisheries. *EDFAM Conference*.
- **Kevrekidis, K., Thessalou- Legaki, M., (2002).** Fisheries biology of the prawn *Melicertus kerathurus* in Thermaikos Gulf (N. Aegean Sea). In *8th CCDM abstracts, Greece: 2 – 6 September*, 72p.
- **Koutsoumanis, K.P., Taoukis P.S., Drosinos, E.H., Nychas, G-J.E., (2000).** Applicability of an Arrhenius Model for the Combined Effect of Temperature

and CO₂ Packaging on the Spoilage Microflora of Fish. *APPLIED AND ENVIRONMENTAL MICROBIOLOGY*, Vol. 66, No. 8, p. 3528–3534.

- **Lagardère, J. P., (1971).** Les crevettes des côtes du Maroc. *Trav. Inst. Sci. Chérifien et de la Faculté des Sciences, Rabat, série Zoologique*, **36**: 140pp.
- **Leistner, L., (1992).** Food preservation by combined methods. *Food Research International*, **25**: 151-158.
- **Leung, C., Huang, Y. & Harrison, M.A., (1992).** Fate of *Listeria monocytogenes* and *Aeromonas hydrophila* on packaged channel catfish fillets stored at 4° C. *Journal of Food Protection*, **55**: 728-730.
- **López-Caballero, M.E., Goncalves, A. and Nunes, M.L., (2002).** Effect of CO₂/O₂ containing modified atmospheres on packed deepwater shrimp (*Parapenaeus longirostris*). *European Food Research Technology* **214**, 192-197.
- **Lyver, A., Smith, J. P., Tarte, I., Austin, J. and Blanchfield, B., (1998a).** Competitive inhibition of *Clostridium botulinum* type E by *Bacillus* species in a modified atmospheres. *Food Research International*, **31**: 311-319.
- **Lyver, A., Smith, J. P., Tarte, I., Farber, J.J. and Natress, F.M., (1998b).** Challenge studies with *Listeria monocytogenes* in a value-added seafood product stored under modified atmospheres. *Food Microbiology*, **15**: 379-389.
- **Marcilene, C., Soccoli, H. & Oetterer, M., (2003).** Use of Modified Atmosphere in Seafood Preservation. *Brazilian archives of Biology and Technology*, **46**, 569-580.

- **Mejlholm, O, Bøknæs N. and Dalgaard P., (2005).** Shelf-life and safety aspects of chilled cooked and peeled shrimps (*Pandalus borealis*) in modified atmosphere packaging. *Journal of Applied Microbiology*, **99**: 66-76.
- **Munro, A.L.S., (1970).** Measurement and control of pH values. In methods of Microbiology, Vol.2. NORRIS, J. R. and D.W. RIBBONS (eds.), Academic Press, New York.
- **O’connor-Shaw, R.E. & Reyes, V.G. (1999).**, Use of Modified-atmosphere Packaging. Academic Press.
- **Oberlender, V., Hanna, M.O., Miget, R., Vanderzant, C. & Finne, G., (1983).** Storage characteristics of fresh sword-fish steaks stored in carbon dioxide-enriched controlled (flow-trough) atmospheres. *Journal of Food Protection*, **46**: 434±440.
- **Olafsdottir, G., Martinsdottir, E., Oehlenschlager, J., Dalgaard, P., Jensen, B., Undeland, I., Mackie, I.M., Henahan, G., Nielsen, S., Nielsen, H., (1997).** Methods to evaluate fish freshness in research and industry. *Trends in food science and technology*, **8**:258-265.
- **Özogul F. & Özogul Y. (2006).** Biogenic amine content and biogenic amine quality indices of sardines (*Sardina pilchardus*) stored in modified atmosphere packaging and vacuum packaging. *Food Chemistry*, **99**, 574-578.
- **Özogul, F., Polat, A., Özogul, Y., (2004).** The effects of modified atmosphere packaging and vacuum packaging on chemical, sensory and microbiological changes of sardines (*Sardina pilchardus*), *Food Chemistry* **85** 49–57.

- **Papadakis, E.S. and Yam, L.K., (2000).** A Versatile Inexpensive Technique for Measuring Color of Foods, *Food Technology*, Vol. 54, No. 12.
- **Parry, R.T. (1993).** Carbon dioxide, In: Principles and applications of modified atmosphere packaging of food. Parry, R.T. (ed.), Blackie Academic & Professional. pp 1-3.
- **Pérez Farfante, I. & B. Kensley., (1997).** Penaeoid and Sergestoid Shrimps and Prawns of the World. Keys and Diagnoses for the Families and Genera. *Mémoires du Muséum National d' Histoire Naturelle*, **175**: 234pp.
- **Post, D.A., Solberg, M., Furgang, D., Specchio, J. & Graham, C., (1985).** Development of Botulinal Toxin and Sensory Deterioration During Storage of Vacuum and Modified Atmosphere Packaged Fish Fillets. *Journal of Food Science*, **50**: 990-996.
- **Punj, G. and Stewart, D., (1983).** Cluster analysis in marketing research: review and suggestions for application. *Journal of Marketing Research*, **20**(5): 134-148.
- **Reale A., Sorrentino E., Iaffaldano N., Maria P. R., Ragni, P., Coppola R., Capitani D., Sobolev, A.P., Tremonte P., Succi M., Mannina L., (2008).** Effects of ionizing radiation and modified atmosphere packaging on the shelf life of aquacultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) *World Journal Microbiol Biotechnol.* **12** (24): 2757-2765.
- **Reddy N.R., Solomon, H.M., Yep, H., Roman, M.G. & Rhodehamel, E.J. (1997).** Shelf-life and toxin development by *Clostridium botulinum* during

storage of modified atmosphere-packaged fresh aquacultured salmon fillets. *Journal of Food Protection*, **60**: 1055-1063.

- **Reddy, N.R., Paradis, A., Roman, M.G., Solomon, H. M. & Rhodehamel, E., J. (1996).** Toxin development by *Clostridium botulinum* in modified atmosphere packaged fresh tilapia fillets during storage. *Journal of Food Science*. **61**: 632-635.
- **Reddy, N.R., Roman, M.G., Villanueva, M., Solomon, H.M., Kauter, D.A. & Rhodehamel, E.J., (1997a).** Shelf-life and *Clostridium botulinum* toxin development during storage of modified atmosphere packaged fresh catfish fillets. *Journal of Food Science*, **62**: 878-884.
- **Reddy, N.R.; Armstrong, D.J.; Rhodehamel, E.J. and Kauter, D.A., (1992).** Shelf-life extension and safety concerns about fresh fishery products packaged under modified atmosphere: a review. *Journal Food Safety*, **12**: 87-118.
- **Rodriguez, A., (1977).** Contribution to knowledge of biology and fishing of prawn, *Penaeus kerathurus* (Forskål, 1775) from Cadiz Gulf (Spanish South-Atlantic region). *Investigation Pesquera*, **41** (3): 603 – 635.
- **Rodriguez, A., (1987).** Biología del langostino *Penaeus kerathurus* (Forskål, 1775) de Golfo de Cádiz. *Investigacion Pesquera*, **51** (Supl. 1): 587 – 588.
- **Ruppert, E., R. & Barnes, R. D., (1993).** Invertebrate Zoology, Sixth edition. *Brooks/ Cole*: 10, 56 pp.
- **San Feliu, J.M., Muñoz, F. S., Alcaraz, M., (1973).** Techniques of artificial rearing of crustaceans [in: 12. Sess. General Fisheries Council for the

Mediterranean Symposium on brackish-water Aquaculture, Athens, Greece, 2 Mar. 1972]. *Stud. Rev., GFCM*, (52): 107 – 123.

- **Scalera Liaci, L., Piscitelli, G., Sciscioli, M., (1980).** Alimentazione naturale di *Penaeus kerathurus* (Forscål, 1775). *Mem. Biol. Marina e Oceanogr.*, Suppl. **X**: 447-448.
- **Scalera-Liaci, L., Piscitelli, G., Sciscioli, M., (1982).** Richerche sull' alimentazione naturale di «*Penaeus kerathurus*». *Oebalia*, **8**: 15-29.
- **Schanda, J., (2000).** The concept of colour rendering revisited. CGIV '2002 First European Conference on Color in Graphics Imaging and Vision, Univ. Poitiers, France 2002. 04. 2-5.
- **Siliker, J.H. and Wolfe, S.K., (1980).** Microbiological safety considerations in controlled-atmosphere storage of meats, *Food Technology*, **34**: 59-63.
- **Sivertsvik, M. and Birkeland, S., (2006).** Effects of Soluble Gas Stabilisation, Modified Atmosphere, Gas to Product Volume Ratio and Storage on the Microbiological and Sensory Characteristics of Ready-to-Eat Shrimp (*Pandalus borealis*). *Food Science and Technology International*, **12**; 445.
- **Sivertsvik, M. Jeksrud, W.K., Rosnes, J.T., (2002).** A review of modified atmosphere packaging of fish and fishery products – significance of microbial growth, activities and safety *International Journal of Food Science and Technology* **37**:107-127.
- **Soccol, M.C.H and Oetterer, M., (2003).** Use of Modified Atmosphere in Seafood Preservation, *An International Journal*, **46** (4): pp. 569-580.

- **Stamatis, N., and Arkoudelos, J.S., (2007).** Effect of modified atmosphere and vacuum packaging on microbial, chemical and sensory quality indicators of fresh, filleted *Sardina pilchardus* at 3 °C. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. **87**:1164–1171.
- **Stiles, M.E., (1991).** Scientific principles of controlled/modified atmosphere packaging. In: *Modified Atmosphere Packaging of Food* (edited by B. Ooraikul & M.E. Stiles), pp. 18±25. London: Ellis Horwood.
- **Susstrunk, S. Buckley, R. and Swen, S., (1999).** Standard RGB Color Spaces, *Proc. 7th Color Imaging Conference: Color Science, Systems and Applications*, pp.127-134.
- **Udekem d' Acoz, C. d', (1999).** Inventaire et distribution des crustacés décapodes del' Atlantique nord-oriental, de la Méditerranée et des eaux continentales adjacentes au nord de 25N. *Patrimoines naturels (M.N.H.N./S.P.N.)*, **40**: 383p.
- **Wolfe, S.K., (1980).** Use of CO and CO₂ enriched atmospheres for meats, fish and produce. *Food Technology*, **34**: 55-58.
- **Yam, L. K. and Papadakis, E. S., (2004).** A simple digital imaging method for measuring and analyzing color of food surfaces. *Journal of Food Engineering*, **61**: 137-142.

5.2. ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- **Αρβανιτογιάννης, Ι. (2001α).** «Ασφάλεια τροφίμων: εφαρμογή της ανάλυσης επικινδυνότητας και κρίσιμων σημείων ελέγχου (HACCP) στις βιομηχανίες τροφίμων και ποτών». Εκδόσεις University Studio Press. Θεσ/νίκη, σελ.192.
- **Αρβανιτογιάννης, Ι. (2001β).** «Στοιχεία τεχνολογίας, μεταποίησης και συσκευασίας τροφίμων». Εκδόσεις University Studio Press. Θεσ/νίκη, σελ. 13: 193-197.
- **Βαρελτζής, Κ. (1999).** «Ποιοτικός έλεγχος και τεχνολογία αλιευμάτων». Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία. Θεσ/νίκη, σελ. 27-28, 63-64.
- **Βασιλειάδου, Σ. (2003).** «Τεχνολογία και ποιοτικός έλεγχος αλιευμάτων». Σημειώσεις Α.Τ.Ε.Ι.Θ του τμήματος Τεχνολογίας Αλιείας & Υδατοκαλλιεργειών, σελ.: 79-80, 134-135.
- **Γεωργάκης, Σ.Α. (1986).** «Τεχνολογία τροφίμων ζωικής προέλευσης». Εκδόσεις University Studio Press. Θεσ/νίκη, σελ.: 9, 13-14.
- **Γεωργάκης, Σ.Α., Βαρελτζής, Κ.Π., Αμβροσιάδης, Ι.Α. (2002).** «Τεχνολογία τροφίμων ζωικής προέλευσης, κεφ.19: τεχνολογία αλιευμάτων» (Βαρελτζής), β' έκδοση. Εκδόσεις Σύγχρονη παιδεία. Θεσ/νίκη, σελ. 576-578.
- **Δελτίον Ελληνικής Κτηνιατρικής Εταιρείας, (1998).** Τεύχος 49 (4) σελ.: 281-286.
- **Δελτίον Ελληνικής Κτηνιατρικής Εταιρείας, (2000).** Τεύχος 51 (2), σελ.134-139.

- **Καράνη Ε., Νεοφύτου Χ., Χαρτόσια, Ν., (2003).** Στομαχικό περιεχόμενο της βενθικής γαρίδας *Penaeus (Melicertus) kerathurus* (Forskål, 1775) (Decapoda, Penaeidae) ανοιχτά της εκβολής του ποταμού Πηνειού στο Θερμαϊκό Κόλπο. *Πρακτικά 25^{ου} Ε.Ε.Β.Ε. Μυτιλήνη, 29 Μαΐου – 1 Ιουνίου*: 128 – 129.
- **Κλαουδάτος, Σ. Δ., (1984).** Συμβολή στη βιολογία και στην υπό ελεγχόμενες συνθήκες αναπαραγωγή και εκτροφή της γαρίδας *Penaeus kerathurus* (Forskål, 1775) *Ινστιτούτο Ωκεανογραφικών και Αλιευτικών Ερευνών*. Ειδική έκδοση Ν^ο9: σελ.238.
- **Κούκουρας, Α., Καλλιανιώτης, Α., Παπακωσταντίνου, Κ., Βαφείδης, Δ., Κίτσος, Μ. Σ., (1997).** Διανομή και ενδιαίτηματα των εμπορεύσιμων γαρίδων Αιγαίου. *Πρακτικά 5^{ου} Πανελλήνιου Συμποσίου Ωκεανογραφίας και Αλιείας, Καβάλα, 15-18 Απριλίου*, 2: 95-98.
- **Μαυρομάτης, Γ. (1999).** *Στατιστικά μοντέλα και μέθοδοι ανάλυσης δεδομένων*. University Studio Press, Θεσσαλονίκη, σελ. 169.
- **Ορφανάκος, Κ. Β. (2004).** *Χρωματομετρία*, Εκδ. Σταμούλη, Αθήνα, σσ. 200.
- **Παπαγρηγορίου, Ν. (2001).** «Εφαρμογή της στατιστικής ανάλυσης των κυρίων συνιστωσών (principal components analysis) σε πειραματικά δεδομένα που καταγράφηκαν μετά από ωσμωτική αφυδάτωση ακτινιδίων», πτυχιακή εργασία. Θεσ/νίκη σελ.: 11-15, 17-18, 29, 42.
- **Πετρίδης, Δ. (1997).** «Εφαρμοσμένη Στατιστική στην Τεχνολογία Τροφίμων». Θεσ/νίκη, σελ.: 2-4, 173, 177.

5.3. ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- **HunterLab (1996).** CIE L*a*b* Color Scale, *HunterLab*, Applications Note, Vol.8, No. 7.:1-4. : <http://www.agro.cmu.ac.th/departement/fe/elearning/315Col2.PDF>.
- **HunterLab (2000).** What is color and how is measured? Insight on color (Vol. 12, No. 5). <http://www.hunterlab.com/appnotes/an05_00.pdf>. Accessed June 28, 2005.
- **HunterLab (2001).** The Basics Of Color Perception and Measurements, HunterLab Presents, Version 1.4.: <http://www.hunterlab.com/pdf/color.pdf>.
- **Kapiris Kostas (1997).** Shrimp culture in Hellas. National Centre for Marine Research Institute of the Marine Biological Resources. Greece.: www.darwin.bio.vci.edu/~sustain/shrimpecos/Greece.html.

6. ABSTRACT

Fish products were always a significant source of proteins of high biological value for humans. The biological value of fish products is high and thereby rendering them a valuable food source which deserves a grater spread and appreciation. This research had as a purpose to get an insight of the *Melicertus kerathurus* quality and safety during its preservation. Within this framework a quality evaluation took place by studying the organoleptic and microbiologically features in conjunction with the physico-chemical properties of texture and colour of the product. After the removal of the cephalothorax and the exoskeleton, under aseptic conditions, the samples were packaged and being stored either in air or in modified atmosphere package (60% CO₂: 40% N₂ και 92.9%N₂:5.1% CO₂:2% O₂) for 5 days at 3° C. Their organoleptic features were assessed by a tasty panel whereas their microbiological analysis was carried out as soon as shrimps were removed from preservation facilities and before the boiling. It included the assessment: i) of the total viable count, of H₂S- producing bacteria (mainly *Shewanella putrefaciens*), iii) of *Pseudomonas* spp., and iv) of *Brochothrix thermosphacta*. Furthermore, as regards the texture analysis, a compression test was performed in order to measure the hardness of the shrimps. Moreover, the colour parameters (L*,a* and b*) were also estimated. The shelf-life of the product as determined by the organoleptic and microbiological analysis was 4 days for the shrimps stored under MAP in comparison to the control, which reached a shelf-life of 3 days, at 3°C.

The statistic analysis was carried out by using the Principal Component Analysis (PCA), Cluster Analysis and Discriminant Analysis. The results of those statistic

analysis showed that grouping of various parameters studied was feasible and the MAP composition (60%CO₂/40%N₂) should be preferred to (5.1%CO₂/92.9%N₂/2%O₂).

Keywords: MAP, shelf-life, shrimp, *Melicertus kerathurus*.