



**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ**

**ΠΜΣ: Επιστήμης Τροφίμων και Διατροφής του Ανθρώπου**

*Εργαστήριο Ποιοτικού Ελέγχου και Υγιεινής Τροφίμων και Ποτών*

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

«Συστηματική πολυμεταβλητή προσέγγιση του χρόνου ζωής των φρέσκων κομμένων σαλατών ρόκας , συναρτήσει της θερμοκρασίας και της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα.»

Λαμπρινή Η. Σκαμπαρδώνη

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ**

Παναγιώτης Σκανδάμης

**Αθήνα, Ιούνιος 2014**

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ

ΠΜΣ: Επιστήμης Τροφίμων και Διατροφής του Ανθρώπου

*Εργαστήριο Ποιοτικού Ελέγχου και Υγιεινής Τροφίμων και Ποτών*

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Συστηματική πολυμεταβλητή προσέγγιση του χρόνου ζωής των φρέσκων κομμένων σαλατών ρόκας , συναρτήσει της θερμοκρασίας και της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα.»

Λαμπρινή Η. Σκαμπαρδώνη

Τριμελής επιτροπή:

Καθ. Σταυριανός Γιαννιώτης

Καθ. Ελευθέριος Δροσινός

Υπεύθυνη Διδάκτορας Καπετανάκου Αναστασία

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα τελευταία χρόνια πολλά φυλλώδη λαχανικά χρησιμοποιούνται σαν πρόκλη ύλη σε μίγματα φρεσκοκομμένων πράσινων σαλατών ή μόνα τους. Ένα από τα πιο δημοφιλή στις χώρες της Μεσογείου είναι η ρόκα που η καταναλωσή της έχει αυξηθεί τα τελευταία χρόνια κατακόρυφα. Είναι γνωστή για την ευχάριστη πιπεράτη γεύση της και την υψηλή της διατροφική αξία. Ο πιο δημοφιλής τρόπος συσκευασίας της είναι σε τροποποιημένες ατμόσφαιρες (ΤΑ). Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να μελετήσει τον χρόνο ζωής των σαλατών ρόκας όχι μόνο μικροβιολογικά αλλά και οργανοληπτικά με την χρήση κλασικών μικροβιολογικών μεθόδων αλλά και μη παρεμβατικών όπως η ανάλυση πολυφασματικής απεικόνισης. Οι συνθήκες που εξετάστηκαν είναι στους

0°C, 5°C, 10°C, 15°C σε αναλογίες 0%O<sub>2</sub>:20%CO<sub>2</sub>, 5%O<sub>2</sub>:15%CO<sub>2</sub>, 10%O<sub>2</sub>:10%CO<sub>2</sub>, 15%O<sub>2</sub>:5%CO<sub>2</sub>, 20%O<sub>2</sub>:0%CO<sub>2</sub> και την εμπορική διάτρητη συσκευασία. Ακολούθησε η ανάπτυξη πρωτογενών και δευτερογενών μοντέλων με στόχο την πρόβλεψη του ρυθμού ανάπτυξης των ψευδομονάδων και των οξυγαλακτικών βακτηρίων αλλά και της οργανοληπτικής υποβάθμισης. Τα αποτελέσματα έδειξαν την κυριαρχία των ψευδομονάδων σε όλες τις συσκευασίες ανεξαρτήτως θερμοκρασίας και ΤΑ. Τα οξυγαλακτικά έδειξαν να ευνοούνται με την αύξηση του CO<sub>2</sub> στις υψηλές θερμοκρασίες. Οι ΤΑ 10%O<sub>2</sub>:10%CO<sub>2</sub> και 15%O<sub>2</sub>:5%CO<sub>2</sub>, παρέτειναν τον μικροβιολογικό χρόνο ζωής κατά 4 ημέρες στους 0°C. Πολύ καλή οργανοληπτική απόδοση επέδειξε η 15%O<sub>2</sub>:5%CO<sub>2</sub> και αύξησε τον χρόνο ζωής κατά περίπου 3 ημέρες. Τέλος τα μόντέλα φάνηκε να μην προβλέπουν με μεγάλη ακρίβεια τον ρυθμό αύξησης των μικροοργανισμών αλλά παρουσίασαν αρκετά καλή πρόβλεψη στις ποιοτικές παραμέτρους που προέρχονται από την πολυφασματική απεικόνιση όπως είναι το κιτρίνισμα και η υγρασία των φύλλων.

## ABSTRACT

In recent years, many raw leafy vegetables other than lettuce have been used in salads, either alone or as part of a salad mixture. One of the most popular vegetables in Mediterranean countries is rocket (*Eruca sativa* Mill.), with a growing consumer interest. Rocket is well known for its pleasant bitter taste but also for its high content of health-promoting phytonutrients. Rocket is usually marketed as leaf bundles or freshcut individual leaves in modified atmosphere packages. The purpose of this paper is to study the life of rocket salad not only microbiological and organoleptic using classical microbiological methods and non-invasive such as multispectral imaging analysis. The purpose of this paper is to study the life of rocket salad microbiological and organoleptic, using classical microbiological methods and non-invasive such as multispectral imaging analysis. The rocket was packaged at 6 different mix of gases : 0% O<sub>2</sub>:20% CO<sub>2</sub>, 5% O<sub>2</sub>:15% CO<sub>2</sub>, 10% O<sub>2</sub>:10% CO<sub>2</sub>, 15% O<sub>2</sub>:5% CO<sub>2</sub>, 20% O<sub>2</sub>:0% CO<sub>2</sub> and air perforated commercial package stored at 0°C, 5°C, 10°C, 15°C. Next step was the development of primary and secondary models to predict the growth of bacteria and the sensory decay. The results showed the dominance of *Pseudomonas* for all packages regardless of temperature and MAP. The lactic acid bacteria showed to be favored by increasing the CO<sub>2</sub> only at high temperatures. The MAP 10% O<sub>2</sub>:10% CO<sub>2</sub> and 15% O<sub>2</sub>:5% CO<sub>2</sub>, prolonged the microbiological shelf-life for 4 days in comparison with commercial map at 0°C. Very good organoleptic performance demonstrated the 15% O<sub>2</sub>:5% CO<sub>2</sub> and increased sensory life for 3 days. Finally the model was shown not to be very accurately predict the rate of growth of microorganisms but were good enough to predict quality parameters from the multispectral imaging such as yellowing and leaf moisture.

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Πριν προχωρήσω στην παρουσίαση των αποτελεσμάτων της διπλωματικής εργασίας, θεωρώ χρέος μου αλλά και ευχαρίστησή μου να αναφέρω και να ευχαριστήσω θερμά όλους όσους με βοήθησαν, με συμβούλευσαν και μου συμπαράσταθηκαν ώστε να φέρω σε πέρας την εργασία αυτή.

Κατ' αρχάς θα ήθελα να απευθύνω ένα μεγάλο ευχαριστώ στον καθηγητή μου κ. Παναγιώτη Σκανδάμη (Επίκουρος Καθηγητής στο Εργαστήριο Ποιοτικού Ελέγχου & Υγιεινής Τροφίμων και Ποτών), που ως επιβλέπων καθηγητής μου, μου παρείχε τις πολύτιμες συμβουλές του, την καθοδήγησή του και τη συμπαράστασή του ώστε να ολοκληρωθεί η παρούσα εργασία.

Στη συνέχεια θέλω να ευχαριστήσω τους Καθηγητές του τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων, εξαιρετικούς καθηγητές με βαρύνουσα άποψη και κύρος, για την τιμή που μου έκαναν να αποτελέσουν μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής. Ακόμα θα ήθελα να απευθύνω ιδιαίτερες ευχαριστίες στην υπεύθυνη διδάκτορα Καπετανάκου Αναστασία, για τη πολύτιμη βοήθεια της. Είναι άριστη επιστήμονας με πλούσια πνευματικά προσόντα και σπουδαίο ήθος που με τις πολύτιμες και ουσιαστικές της συμβουλές με βοήθησε σημαντικά στην εκπόνηση της παρούσας εργασίας.

Κλείνοντας, θα ήθελα να ευχαριστήσω την εργαστηριακή μου οικογένεια, τους συμφοιτητές μου και όλη την ομάδα του εργαστηρίου Ποιοτικού Ελέγχου και Υγιεινής Τροφίμων και Ποτών που χωρίς την ψυχική και πρακτική βοήθειά τους και την αμέριστη συμπαράστασή τους, δεν θα ήταν δυνατό να ολοκληρώσω τις μεταπτυχιακές σπουδές μου.

## Περιεχόμενα

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	8
1.1 Βοτανικά χαρακτηριστικά.....	8
1.2 Διατροφική αξία της ρόκας.....	8
1.3 Έτοιμες κομμένες συσκευασμένες σαλάτες .....	9
1.4 Μικροβιολογικά χαρακτηριστικά .....	12
1.5 Ρυθμός αναπνοής φρέσκων κομμένων λαχανικών. ....	16
1.6 Συσκευασία σε Τροποποιημένες Ατμόσφαιρες (ΤΑ).....	17
1.6.1 Αναλογία συγκέντρωσης αερίων .....	20
1.6.2 Χαρακτηριστικά συσκευασίας.....	21
1.6.3. Θερμοκρασία και ΤΑ .....	23
1.6.4 ΤΑ και μικροβιακή αλλοίωση.....	24
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	26
2.1 Παραλαβή και προετοιμασία δειγμάτων.....	26
2.2 Πορεία δειγματοληψίας. ....	27
2.3 Υποστρώματα θρεπτικών υλικών .....	28
2.4 Μέτρηση pH .....	29
2.5 Μέτρηση αερίων .....	29
2.7 Μετρήσεις χρώματος .....	31
2.8 Οργανοληπτικές μετρήσεις σαλάτας ρόκας.....	32
2.9 Μέτρηση Βιταμίνης C σε σαλάτα ρόκας .....	32
2.10. Στατιστική ανάλυση.....	33
2.11 Ανάπτυξη μοντέλων.....	34
2.12 ΣΤΟΧΟΙ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ.....	35
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ .....	36
3.1. Μικροβιολογικές μετρήσεις και ανάπτυξη κινητικών .....	36
3.2. Αποτελέσματα μέτρησης αερίων τροποποιημένων ατμοσφαιρών (ΤΑ). ....	50
3.3 Μετρήσεις χρώματος .....	58
3.5. Αποτελέσματα μέτρησης βιταμίνης C .....	66
3.6. Ανάλυση πολυφασματικής απεικόνισης (multispectral imaging analysis) . ....	67
3.7. Προσομοίωση δευτερογενών μοντέλων .....	70
3.8 Προσομοίωση ρυθμού ανάπτυξης ψευδομονάδων .....	71
3.9 Προσομοίωση ρυθμού ανάπτυξης οξυγαλακτικών.....	75

3.11.Προσομοίωση δεδομένων πολυφασματικής απεικόνισης .....	80
3.12 Προσομοίωση μετρήσεων βιταμίνης C.....	83
4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	85
5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	86

# 1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## 1.1 Βοτανικά χαρακτηριστικά

Η ρόκα είναι ένα φυτό ποώδες, μονοετές, που ανήκει στο γένος Έρουκα της οικογένειας των Κραμβοειδών και της συνομοταξίας των Σταυρανθών. Πρόκειται για χειμωνιάτικο φυτό που ανθοφορεί από Μάρτιο έως τον Ιούνιο. Το ύψος του φυτού φτάνει τα 80 χιλιοστά περίπου και οι βλαστοί του διακλαδίζονται, τα άνθη της ρόκας είναι λευκά με πορφυρές ραβδώσεις και σχηματίζουν ταξιανθίες κόρυμβο. Τα φύλλα της είναι πτερωτά και ο κάρπός της μικρός, κωνικός, ραμφοειδής με σπόρια ωοειδή, κίτρινου χρώματος.

Η ρόκα φύτεται κυρίως στις νότιες χώρες της Ευρώπης στην άγρια μορφή της (αυτοφυής) ή και καλλιεργείται ενώ έχει προσαρμοστεί ακόμη και στο κλίμα της βόρειας Αμερικής. Η καταγωγή της προέρχεται από την νοτιοανατολική Ασία. Από τα σπόρια της ρόκας λαμβάνεται ένα καυστικό έλαιο που χρησιμοποιείται στην φαρμακευτική.

Ο βλαστός του φυτού καθώς και τα φύλλα τρώγονται κυρίως ως σαλάτες και σπάνια μαγειρεύονται σε κάποιες περιοχές. Η γένυση της ωμής ρόκας είναι κάπως πιπεράτη, λίγο πικρή και ελαφρώς αρωματική. Το είδος σαλάτας που έκανε ευρέως γνωστή τη ρόκα είναι ο συνδιασμός της με παρμεζάνα, που είναι πολύ δημοφιλής στις μεσογειακές χώρες.

## 1.2 Διατροφική αξία της ρόκας

Η ρόκα έχει χρησιμοποιηθεί σαν τροφή για μεγάλο χρονικό διάστημα σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες αλλά η δημοφιλία της αυξάνεται σημαντικά τα τελευταία χρόνια καθώς καταναλώνεται ωμή, μόνη της ή σε συνδιασμό με άλλα μείγματα πράσινων φυλλωδών λαχανικών (Siomos & Koukounaras, 2007).

Η ρόκα έχει πολύ μικρή θερμιδική αξία που αντιστοιχεί σε μόλις 5 θερμίδες ανά 50 γρ. Τα μέλη της οικογένειας των σταυρανθών καλλιεργούνται και καταναλώνονται παγκοσμίως στην καθημερινή διατροφή. Η ρόκα όπως όλα τα μέλη της οικογένειας



Brassicaceae περιέχει ένα μεγάλο αριθμό φυτικών συστατικών, που συμβάλλουν στην διατήρηση της καλής υγείας του ανθρώπου, όπως είναι η βιταμίνη C, φυτικές ίνες και φλαβονοειδή.( Crozier et al., 1997, Barillari et al., 2005). Επίσης είναι πλούσια σε δευτερογενείς μεταβολίτες όπως γλυκοζινολύτες , S-methylcysteine, σουλφοξείδιο, ανθοκυανίνες ,κουμαρίνες ,καροτενοειδή και αντιοξειδωτικά ένζυμα. (Shivapriya, Manchali et al 2012) .

Η υψηλή περιεκτικότητα σε φυτικές ίνες βοηθά στην διαδικασία της πέψης και την καλή λειτουργία του εντέρου. Επιπλέον η ρόκα περιέχει πολλά μέταλλα όπως ασβέστιο, χαλκό, σίδηρο, μαγνήσιο, μαγγάνιο, φώσφορο και κάλιο. Στην διατροφική αξία της ρόκας έρχονται να προστεθούν και ένας μεγάλος αριθμός από βιταμίνες όπως είναι η βιταμίνη C, η νιασίνη , η ριβοφλαβίνη, θειαμίνη καθώς και A, K, B που συμβάλλουν σημαντικά στην στήριξη του ανοσοποιητικού (Singh, Kawatra & Sehgal, 2001). Επιπλέον το φυτό της ρόκας είναι πλούσιο σε χλωροφύλλη και περιέχει και καροτενοειδή.

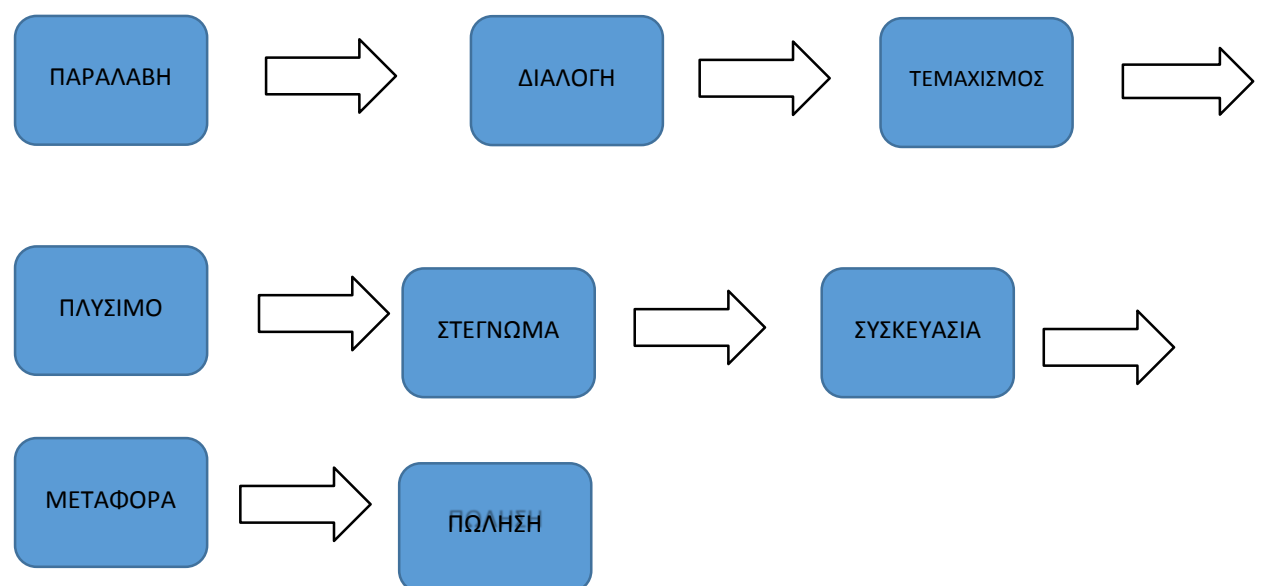
Η ρόκα φημίζεται και για την αντικαρκινική της δράση εξαιτίας της πληθώρας αντιοξειδωτικών που έχει (Benito et al., 1990). Οι ουσίες που προσδίδουν στην ρόκα την ιδιαίτερα έντονη και πικρή γεύση είναι αυτά που όταν μασηθούν και διασπαστούν από τον οργανισμό κατά την διαδικασία της πέψης αποκτούν μέγιστη αντικαρκινική δραστηριότητα.

### **1.3 Έτοιμες κομμένες συσκευασμένες σαλάτες**

Η άρρηκτη σύνδεση που υπάρχει μεταξύ των καθημερινών διατροφικών συνηθειών και της διατήρησης της ευζωίας με την κατανάλωση φρέσκων φρούτων και λαχανικών είναι ευρέως γνωστή και αποδεκτή (Hartley et al., 2013). Δυσκολίες που σχετίζονται με τον περιορισμένο χρόνο του σύγχρονου τρόπου ζωής και την έλλειψη ευκολίας της προετοιμασίας του καθημερινού γεύματος, έχει οδηγήσει αναπόφευκτα στην μείωση της πρόσληψης φρέσκων φρούτων και λαχανικών από τον άνθρωπο (Ragaert et al., 2004).

Η επιθυμία όμως των σύγχρονων καταναλωτών να εμπλουτίσουν την διατροφή τους με τρόφιμα που προσφέρουν καθαρά οφέλη στην υγεία τους, οδήγησε στην ανάπτυξη της τεχνολογίας των ελάχιστα επεξεργασμένων φρέσκων λαχανικών (Ragaert et al., 2004). Ως ελάχιστα μεταποιημένα λαχανικά ορίζονται αυτά που ως τρόφιμα έχουν υποβληθεί σε επεξεργασία, ώστε να ενισχυθεί η λειτουργικότητά τους χωρίς όμως να αλλάξουν οι ιδιότητες που τους προσδίδουν την φρεσκάδα (Salunkhe, Bollin & Reddy, 1991 ).

Η Διεθνής Οργάνωση Φρέσκων κομμένων προϊόντων ( IFPA) ορίζει ως φρέσκα κομμένα λαχανικά αυτά τα οποία έχουν τεμαχιστεί σε 100% συσκευασμένα, έτοιμα προς χρήση προϊόντα και προσφέρουν στους καταναλωτές υψηλή διατροφική αξία, άνεση και γεύση ενώ, παράλληλα διατηρούν την φρεσκάδα τους (Laminkara 2002).Ενώ οι συμβατικές μέθοδοι μεταποίησης επεκτείνουν την διάρκεια ζωής των λαχανικών, οι νέες μέθοδοι ελαχίστης επεξεργασίας που περιλαμβάνουν απλά πλύσιμο, κόψιμο, ανάμιξη και πακετάρισμα καθιστούν τα λαχανικά ιδιαίτερος αλλοιώσιμα. Η εμφανισή τους, η υφή, η γεύση τους και η θρεπτική τους αξία αλλάζουν σταδιακά κατά την διάρκεια αποθήκευσης, εξαιτίας των φυσιολογικών δραστηριοτήτων που προκαλούν την γήρανση των φυτικών ιστών ( Rico et al., 2007). Η τεχνολογία των έτοιμων προς κατανάλωση σαλατών περιλαμβάνει την παραλαβή λαχανικών από παραγωγούς,την διαλογή, τον τεμαχισμό,το πλύσιμο, το στέγνωμα, την συσκευασία σε διαπερατά πλαστικά και μεταφορά-πώληση με διατήρηση της ψυκτικής αλυσίδας στους 2-4°C (Caponigro et al, 2010).



Σχήμα 1. Στάδια παραγωγικής διαδικασίας φρέσκων λαχανικών.

Οι καταναλωτές θεωρούν τα έτοιμα προς βρώση λαχανικά και σαλάτες ιδιαίτερος ευαλλοίωτα. Ο όρος φρεσκότητα σχετίζεται άμεσα με τα λαχανικά και για αυτό η εικόνα της φρεσκάδας που έχει μια πράσινη κομμένη πράσινη σαλάτα, είναι το σημαντικότερο κίνητρο που θα τους οδηγήσει στην αγορά της και την καταναλωσή της. Οι Peneau et al.(2009) ,διατύπωσαν ότι η φρεσκάδα των λαχανικών σχετίζεται άμεσα με την εμφάνιση του προϊόντος δηλαδή το χρώμα, την υφή και την ελαστικότητα των φύλλων και την φυσιολογική ηλικία του προϊόντος κατά την κατανάλωση.

Έρευνες που αφορούν την κατανάλωση των φρέσκων κομμένων σαλατών έχουν δείξει ότι κοινωνικά γνωρίσματα όπως δημογραφικοί παράγοντες, περιβαλλοντικές και πολιτισμικές διαφορές, αγοραστικές συνηθειές (Bech et al., 2001, Jung et al., 2012) και οι πληροφορίες του προϊόντος επηρεάζουν σημαντικά την αντίληψη του καταναλωτή για το προϊόν και το πώς αυτός αντιλαμβάνεται την συνολική εικόνα φρεσκάδας. Συγκεκριμένα η σήμανση της διάρκειας ζωής και του χρόνου αποθήκευσης καθορίζουν την αποδοχή του και την αγορά του. Αυτό σχετίζεται άμεσα με την αντίληψη του αγοραστικού κοινού για τους κινδύνους που εγκυμονεί ένα ληγμένο προϊόν (Hough et al., 2003).

Η φρεσκάδα των πράσινων κομμένων σαλατών προέρχεται από την συνολική εμφάνιση του προϊόντος που περιγράφεται από 5 διαφορετικά στοιχεία τα οποία είναι: το πράσινο χρώμα, η συνοχή των φύλλων, η ελαστικότητα τους, το είδος της σαλάτας και την υγρασία μέσα στην συσκευασία, χαρακτηριστικά τα οποία σχετίζονται άμεσα με τα φυσιολογικά φαινόμενα γήρανσης των φύλλων που περιλαμβάνουν αλλαγές του χρώματος, της συνοχής των ιστών και αύξηση του ρυθμού αναπνοής ( Caterina Dinella et al.,2014).

Οργανοληπτικές αξιολογήσεις συχνά χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν τις αντιληπτές αλλαγές στις ιδιότητες των προϊόντων κατά την διάρκεια της αποθήκευσης και στο συνολικό επίπεδο φρεσκάδας ( Ares, 2012). Αξιολογούν κυρίως την υφή και την εμφάνιση και κατα δεύτερο λόγο την γεύση και την οσμή (Ares et al, 2008).

Τα φύλλα της ρόκας για να είναι ελκυστικά θα πρέπει να έχουν ομοιόμορφο, πράσινο, σκούρο χρώμα να είναι ομοιογενή ως προς την ελαστικότητά τους σε αντίθεση με τα κιτρινωπά και με όψη αποσύνθεσης φύλλα, τα οποία είναι απωθητικά και απορρίπτονται από τον καταναλωτή (Koukounaras et al.,2007). Τα

υψηλής ποιότητας φρέσκα φύλλα ρόκας δεν παρουσιάζουν συμπτώματα αρρώστιας ή προσβολής εντόμων ή τραυματισμούς λόγω χειρισμών ( Barrett et al.,2010).

Απο όλα τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι η συνολική οπτική επιθεώρηση των έτοιμων κομμένων συσκευασμένων σαλατών, έτοιμων προς κατανάλωση είναι αυτή που οδηγεί στην αγορά ή την απόρριψη του προϊόντος (Caterina Dinnella et al.,2014).

## 1.4 Μικροβιολογικά χαρακτηριστικά

Οι μικροοργανισμοί είναι φυσικοί επιμολυντές των φρέσκων προϊόντων και η μόλυνση προέρχεται από διάφορες πηγές όπως τους χειρισμούς πριν και μετά την συγκομιδή και κατά την διάρκεια της επεξεργασίας (Beuachat, 1996). Η παρουσία και το πλήθος τους επίσης εξαρτάται από τον τύπο του προϊόντος, τις αγρονομικές πρακτικές, και τις κλιματικές συνθήκες πριν και μετά την συγκομιδή (B.Ramos et al 2013). Εξαιτίας της φύσης των χειρισμών που εφαρμόζονται, αναπτύσσεται ένα ευνοϊκό περιβάλλον για τον πολλαπλασιασμό των αλλοιογόνων μικροοργανισμών που περιορίζει τον χρόνο ζωής.

Καθώς τα στάδια που ακολουθούνται είναι το τεμάχισμα, το πλύσιμο, η διαλογή, η απολύμανση και η συσκευασία, δεν εγγυάται η απουσία των μικροοργανισμών και τα ελάχιστα επεξεργασμένα πράσινα λαχανικά απαιτούν την διατήρηση σε συνθήκες ψύξης σαν πρωταρχικό μέσο συντήρησης (Froder et al 2007, Tournas, 2005). Παρ όλο που οι φρέσκες κομμένες σαλάτες είναι ελαφρώς όξινα προϊόντα με  $pH < 6$ , στο στάδιο του τεμαχισμού προκαλούνται αλλαγές στην συνοχή των φυτικών ιστών και τραυματικό σοκ, που ευνοούν την ανάπτυξη των μικροοργανισμών και σε συνδιασμό με το υψηλό ποσοστό υγρασίας οδηγούν αναπόφευκτα στη μείωση του χρόνου ζωής του προϊόντος που δεν ξεπερνά τις 12 ημέρες (Soliva-Fortuny and Martín-Belloso, 2003).

Κάθε βήμα της παραγωγικής διαδικασίας από την καλλιέργεια ως το ράφι είναι σημαντικό από άποψη ποιότητας και ασφάλειας. Γενικές νομικές οδηγίες για την συσκευασία λαχανικών καθιστούν το πλύσιμο και την απολύμανση για την αφαίρεση

βρωμιάς, την απομάκρυνση των υπολειμμάτων λιπασμάτων καθώς και των μικροοργανισμών υπεύθυνων για την αλλοίωση, αναγκαία (Sapers 2003).

Η τεχνολογία των έτοιμων φρέσκων κομμένων σαλατών εφαρμόζει σύστημα προμήθευσης των ωμών λαχανικών από κάθετα οργανωμένες φάρμες, διαλογή, κόψιμο, πλύσιμο, στέγνωμα, συσκευασία και διανομή σε καθεστώς ψυχρής αλυσίδας (2-4 °C) . Υψηλά ποσοστά υγρασίας και η κατάλληλη τροποποίηση της ατμόσφαιρας με διαπερατά υλικά συσκευασίας και αποθήκευση σε χαμηλές θερμοκρασίες επιβραδύνουν το μεταβολισμό και βοηθούν στην διατήρηση της φρεσκάδας και της θρεπτικής αξίας και επιμηκύνουν την διάρκεια ζωής τους.

Ο αριθμός και το είδος των μικροοργανισμών που έχουν βρεθεί σε φρέσκα λαχανικά ποικίλλει. Τα μεσόφιλα βακτήρια κυμαίνονται περίπου  $10^3 - 10^9$  CFU/gr (Oliveira et al., 2010). Τα Gram αρνητικά βακτήρια κυριαρχούν στην μικροχλωρίδα των περισσότερων λαχανικών. Οι μύκητες είναι λιγότερο σημαντικοί στις φρεσκοκομμένες σαλάτες εξαιτίας των ενδογενών ιδιοτήτων τους που σαν ελαφρώς όξινα προϊόντα ευνοούν την ανάπτυξη κυρίως των βακτηρίων και λιγότερο των ζυμών (Tourmas 2005).

Η μικροχλωρίδα των φρέσκων λαχανικών απαρτίζεται κυρίως από τα είδη *Pseudomonas* spp., *Erwinia herbicola*, *Flavobacterium*, *Xanthomonas*, *Enterobacter agglomerans*, *Lactic Acid Bacteria* και μύκητες όπως *Altenaria*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Aspergillus*. Το είδος *Pseudomonas* spp συνήθως κυριαρχεί και αποτελεί το 50-90% του συνολικού μικροβιακού πληθυσμού (Arvanitogiannis & Sratakos, 2010)|.

Η φυσική μικροβιακή χλωρίδα των ωμών λαχανικών είναι συνήθως μη παθογενής για τους ανθρώπους και ίσως είναι παρούσα και κατα την κατανάλωση (Ahvenainen, R. (1996). Παρ όλα αυτά κατά την αναπτυξή τους στο χωράφι, στη συγκομιδή, στην μεταφορά ή την περεταίρω επεξεργασία τους είναι δυνατόν να προκύψει μόλυνση με παθογόνους από ανθρώπους, ζώα ή περιβαλλοντικές πηγές .

Κατά την διάρκεια του στάδιου τεμαχισμού δημιουργούνται πολλές επιφάνειες κοπής που εκτίθενται στον αέρα και έτσι υπάρχει πιθανότητα μόλυνσης επεξεργασμένων λαχανικών που επηρεάζουν το ενδεχόμενο μικροβιακής μόλυνσης και αλλοίωσης περιλαμβάνουν 1) παρουσία κομμένων επιφανειών, 2)ποσοστό υγρασίας, 3) ως ελάχιστα επεξεργασμένα προϊόντα δεν εγγυώνται την μικροβιακή σταθερότητα,

4) ο ενεργός μεταβολισμός και το φαινόμενο της αναπνοής του φυτικού ιστού ( Nguyenthe, C., & Carlin, F. 1994).

Συνεπώς τα φρέσκα λαχανικά μπορεί να αποτελούν όχημα μετάδοσης βακτηριακών παθογόνων και παθήσεων . Επειδή είναι κατηγορία τροφίμων που καταναλώνονται ωμά χωρίς να έχει προηγηθεί καμμία μέθοδος θανατηφόρας επίδρασης για τους μικροοργανισμούς θέτει μεγάλο ρίσκο ασφάλειας της δημόσιας υγείας (Carasco et al., 2012).

Η αλλοίωση των λαχανικών χαρακτηρίζεται από δυσχρωμίες, νέκρωση φυτικών ιστών, απώλεια υφής, εκχυση υγρών και παραγωγή δυσωδών αερίων (Ponce et al., 2002). Τα φρέσκα κομμένα λαχανικά έχουν πολύ μικρό χρονικό διάστημα ζωής, 4-7 μέρες (Ramos et al., 2013). Οι κυρίαρχες ομάδες αλοιιογόνων μικροοργανισμών που εμφανίζονται στα φρέσκα λαχανικά ανήκουν στις παρακάτω κατηγορίες :

### Ψευδομονάδες (*Pseudomonas spp.*)

Πρόκειται για ένα γένος Gram αρνητικών αυστηρά αερόβιων που βακτηρίων που ανήκουν στην οικ. *Pseudomonaceae* και έχουν 191 αναγνωρισμένα είδη (Ponce et al.,2002). Τα μέλη του γένους παρουσιάζουν μια μεγάλη ποικιλία μεταβολικής δραστηριότητας και συνεπώς μπορούν να αναπτυχθούν σε πολλά διαφορετικά περιβάλλοντα (Euzéby, J.P. 1997). Η κινησή τους πραγματοποιείται με μια ή παραπάνω βλεφαρίδες. Ανήκουν στις μεσόφιλες και ψυχρόφιλες ομάδες και αναπτύσσονται σε θερμοκρασίες 4-30 °C. Ο μεταβολισμός τους είναι πάντα οξειδωτικός και ποτέ ζυμωτικός και για αυτό δεν παράγουν ποτέ αέρια όπως το C O<sub>2</sub> ή άλλα αέρια.Δεν έχουν μεγάλες απαιτήσεις σε θρεπτικά στοιχεία. Αλλοιώνουν τα τρόφιμα με την παραγωγή λιπολυτικών και πρωτεολυτικών ενζύμων με χαρακτηριστική υδαρή και γλοιώδη όψη. Διασπών τις πρωτεΐνες προς δύσσομα παράγωγα όπως είναι τα H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>, ινδόλιο. Επίσης αρκετά είδη των ψευδομονάδων προκαλούν δυσχρωμίες στα τρόφιμα με την παραγωγή διάφορων χρωστικών. Τέλος είναι θετικά στο τεστ της καταλάσης και της οξειδάσης.

## Εντεροβακτήρια (*Enterobacteriaceae*)

Τα εντεροβακτήρια (*Enterobacter*) ανήκουν στην οικ. *Enterobacteriaceae*. Είναι αρνητικά κατά Gram, δεν σχηματίζουν σπόρους και η κινησή τους γίνεται με την βοήθεια περίτριχων βλεφαρίδων. Αναπτύσσονται σε αναερόβιες αλλά και μη αναερόβιες συνθήκες και είναι όλοι χημειοετερότροφοι οργανισμοί. Ο μεταβολισμός τους είναι ζυμωτικός και οξειδωτικός. Δεν παρουσιάζουν μεγάλη απαίτηση σε θρεπτικά στοιχεία. Σχηματίζουν οξέα και μεγάλες ποσότητες αερίων μεταβολίζοντας την γλυκόζη, υδατάνθρακες και πολυδρικές αλκοόλες. Τα εντεροβακτήρια πραγματοποιούν την μυρμηγκική ζύμωση κατά την οποία παράγεται το μυρμηγκικό οξύ με την αποικοδόμηση του πυροσταφυλικού οξέος με την παρέμβαση του συνενζύμου A. Το μυρμηγκικό οξύ είναι εντελώς ανεπιθύμητο προϊόν γιατί έχει έντονη άσχημη οσμή και γεύση και υποβαθμίζει κατακόρυφα την ποιότητα του προϊόντος. Η περισσότερο τυπική διάσπαση σακχάρων από εντεροβακτήρια είναι η μεικτή ζύμωση με την οποία σχηματίζονται γαλακτικό οξύ, οξικό οξύ, ηλεκτρικό, μυρμηγκικό(ή  $\text{CO}_2 + \text{H}_2$ ) και αιθανάλη.

## Οξυγαλακτικά βακτήρια (LAB)

Χαρακτηριστικό των οξυγαλακτικών βακτηρίων είναι ο σχηματισμός γαλακτικού οξέος, ως κύριο προϊόν μεταβολισμού των υδατανθράκων. Είναι ασποριογόνα, θετικά κατά Gram βακτήρια και ανεξαρτήτως σχήματος απαντούν σε ζεύγη ή σε αλυσίδες βραχείες ή επιμήκεις. Στερούνται βλεφαρίδων και δεν κινούνται, εκτός από μεμονωμένες περιπτώσεις. Ο μεταβολισμός τους είναι ζυμωτικός, μπορούν όμως να χαρακτηριστούν ως προαιρετικά αναερόβια ή μικροαερόφιλα. Σχεδόν όλα μπορούν να αναπτυχθούν από αερόβιες συνθήκες (μέσα σε τρυβλία) ενώ υποχρεωτικά αναερόβια είναι ελάχιστα στελέχη, αν όχι κανένα. Έχουν μικρές συνθετικές ικανότητες και για το λόγο αυτό αναπτύσσονται μόνο σε πλούσια θρεπτικά υλικά.

Χαρακτηρίζονται από την ικανότητα τους να αντέχουν σε χαμηλές τιμές pH.

## Ζύμες-Μύκητες

Οι μύκητες είναι ευκαρυωτικοί, πολυκύτταροι συνήθως μικροοργανισμοί, με εξαίρεση τις ζύμες που είναι μονοκύτταροι. Δεν διαθέτουν αυτόνομη κίνηση. Οι περισσότεροι είναι αερόβιοι ή προαιρετικά αναερόβιοι. Όταν αναπτύσσονται και αλλοιώνουν τα τρόφιμα, σχηματίζουν μυκήλιο που είναι και μακροσκοπικά ορατό, έτσι ώστε να ζημιώνουν την εμφάνιση τους, σε σημείο που να μην είναι αποδεκτά από το καταναλωτικό κοινό. Κυρίως λόγω της γρήγορης ανάπτυξης των βακτηρίων, οι μύκητες αποτελούν δευτερεύοντες παράγοντες αλλοίωσης. Η ανάπτυξη τους ευνοείται από υψηλή υγρασία και υψηλές θερμοκρασίες.

### **1.5 Ρυθμός αναπνοής φρέσκων κομμένων λαχανικών.**

Γενικά, η γήρανση των φυτικών ιστών των κομμένων φρέσκων λαχανικών συνδέεται άμεσα με τον αναπνευστικό ρυθμό του προϊόντος ( Watada & Ki, 1999 ). Για παράδειγμα φυτικά προϊόντα με υψηλούς ρυθμούς αναπνοής τείνουν να έχουν μικρότερο χρόνο ζωής εν συγκρίσει με αυτά που έχουν μικρό ρυθμό αναπνοής.

Ως ρυθμός αναπνοής ορίζεται ο ρυθμός στον οποίο καταναλώνεται το  $O_2$  και παράγεται το  $CO_2$ . Μετράται ως την ποσότητα  $O_2$  που καταναλώνεται και την ποσότητα  $CO_2$  που παράγεται ανά κιλό φρέσκου προϊόντος και ανά ώρα. Ο ρυθμός αναπνοής στα φρέσκα προϊόντα επηρεάζεται από αβιοτικούς παράγοντες όπως είναι η θερμοκρασία αποθήκευσης, ο χρόνος, η αρχική σύνθεση και η επικρατούσα συγκέντρωση των αερίων αλλά και από βιοτικούς όπως το είδος και η ποικιλία του φυτού, οι συνθήκες ανάπτυξης του και ο χρόνος συγκομιδής του ( Fonseca et al., 2002). Ο ρυθμός αναπνοής των φρέσκων προϊόντων ελέγχεται με την ψύξη σε συνδιασμό με συσκευασία σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα ή χωρίς. Η θερμοκρασία συντήρησης είναι η πιο σημαντική παράμετρος που επηρεάζει τον ρυθμό αναπνοής. Έχει αποδειχτεί ότι αυξάνει όσο αυξάνει η θερμοκρασία σε όλους τους συνδιασμούς συγκεντρώσεων  $O_2$  και  $CO_2$  (Lammertyn et al., 2001; Fonseca et al., 2002; Uchino et al., 2004; Koukounaras et al., 2007; Iqbal et al., 2009). Η αναπνοή του προϊόντος είναι πιο ευαίσθητη στις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας σε σύγκριση με την περατότητα του φιλμ και την αέρια σύσταση (Jacxsen et al., 2000).



Τον ρυθμό αναπνοής επίσης επηρεάζουν ο χειρισμός και η προετοιμασία των φρέσκων προϊόντων καθώς προκαλεί φυσιολογικές αντιδράσεις στους φυτικούς ιστούς ( Saltveit, 2003a ). Η μείωση του ρυθμού αναπνοής στο πέρασμα του χρόνου οφείλεται στην παροδική επίδραση του τραυματικού σοκ στους ιστούς ή στην εξάντληση των αποθεμάτων υδατανθρακών για να αναπληρωθεί η απώλεια των σακχάρων κατά την διάρκεια της συντήρησης (Bastrash et al., 1993).

Τα ελαχίστως επεξεργασμένα λαχανικά είναι ζωντανοί ιστοί και μετά την οποιαδήποτε μεταχείριση. Αυτό συνδέεται με το γεγονός ότι οι κατεστραμμένοι φυτικοί ιστοί δείχνουν μια αύξηση στον ρυθμό αναπνοής μετά την συγκομιδή (Laties 1998). Τα λαχανικά που έχουν μεγάλους ρυθμούς αναπνοής έχουν μικρότερη διάρκεια ζωής (Eskin 1990). Τροποποιώντας την ατμοσφαιρική σύνθεση στην οποία αποθηκεύεται το προϊόν, μικραίνει ο αναπνευστικός ρυθμός και μειώνεται ο μεταβολισμός και η ωρίμανση του προϊόντος ( Kader et al., 1989), και έχουμε απώλεια του βάρους φρέσκου προϊόντος. Μια συνήθης πρακτική προσεγγίση για την εκτίμηση του αναπνευστικού ρυθμού που χαρακτηρίζει κάθε φυτό μπορεί να γίνει με την μέτρηση της αέριας σύστασης στον διαθέσιμο χώρο της συσκευασίας (Del Nobile et al 2006; Lewicki et al, 2001).

Η συγκέντρωση του  $O_2$  και  $CO_2$  μέσα στην συσκευασία σχετίζεται με την μεταβολική δραστηριότητα του προϊόντος. Τα επίπεδα του  $O_2$  έχουν επίδραση στην ποιότητα του προϊόντος όπως αδρανοποίηση ενζυματικών δραστηριοτήτων. Επειδή απαιτείται παρουσία  $O_2$  για να επαχθεί ο αποχρωματισμός στις επιφάνειες κοπής , μειώνοντας έτσι την ποσότητα  $O_2$  μέσα στην συσκευασία του φρέσκου λαχανικού, μειώνονται και οι αποχρωματισμοί.

## **1.6 Συσκευασία σε Τροποποιημένες Ατμόσφαιρες (ΤΑ)**

Όπως έχει ήδη αναφερθεί προηγουμένως η κατανάλωση της ρόκας έχει αυξηθεί κατακόρυφα τα τελευταία χρόνια αφού είναι ένα λαχανικό που τρώγεται ή μόνο του ή σαν συστατικό σε μίγμα πράσινων σαλατών. Προσφέρει πολλά οφέλη

στοιχεία για τον ανθρώπινο οργανισμό, όπως είναι οι βιταμίνες, τα ιχνοστοιχεία οι φυτικές ίνες και τα φλαβονοειδή.

Οι καταναλωτές τα τελευταία χρόνια στρέφονται όλο και περισσότερο στην υιοθέτηση ενός υγιεινού τρόπου ζωής και διατροφής και αυτο συνεπώς έχει οδηγήσει στην κατακόρυφη αύξηση της κατανάλωσης φρέσκων φρούτων και λαχανικών. Ο σύγχρονος όμως τρόπος ζωής δεν προσφέρει στον μέσο καταναλωτή την άνεση για εύκολη προετοιμασία τέτοιων υγιεινών γευμάτων. Αυτήν την ανάγκη ήρθε να ικανοποιήσει η τεχνολογία των ελάχιστα επεξεργασμένων προϊόντων και των φρέσκων κομμένων σαλατών έτοιμων προς κατανάλωση.

Μια φυσική μέθοδος συντήρησης που χρησιμοποιείται ευρέως στην βιομηχανία τροφίμων και έχει συμβάλλει στην διάδοση των εμπορικά έτοιμων κομμενων πράσινων σαλατών είναι και η συσκευασία σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα (Modified Atmosphere Packaging, MAP). Η ΤΑ έχει χρησιμοποιηθεί για πολλούς τύπους προϊόντων, αλλά τα λαχανικά επειδή έχουν την ιδιότητα να αναπνέουν, η ηαλληλεπίδραση του υλικού συσκευασίας με το προϊόν είναι πολύ σημαντική (Sandhya 2010).

Η μέθοδος της ΤΑ έχει εξελιχθεί πολύ τις τελευταίες δεκαετίες σαν μια τεχνική η οποία η οποία ενώ διατηρεί σημαντικά αναλλοίωτα και σε υψηλή ποιότητα τα φρέσκα λαχανικά παράλληλα συμβάλλει στην αύξηση του χρόνου ζωής τους. Είναι μια μέθοδος που τροποποιεί την εσωτερική σύσταση της ατμόσφαιρας μέσα σε μια συσκευασία μειώνοντας την ποσότητα οξυγόνου  $O_2$  και αντικαθιστώντας την με  $CO_2$  ή  $N_2$ . Με την μέθοδο αυτή καταφέρνουμε να παρατείνουμε τον χρόνο ζωής των προϊόντων μετά την συγκομιδή μειώνοντας ουσιαστικά τον ρυθμό αναπνοής και την παραγωγή αιθυλενίου, ελαχιστοποιώντας την μεταβολική δραστηριότητα, καθυστερώντας την ενζυμική κασάνωση και τελικά καθυστερώντας την διαδικασία γήρανσης και διατηρώντας το προϊόν σε άριστη οπτική εμφάνιση (Cui et al., 2009).

Τα αέρια που είναι ευρέως διαδεδομένα και χρησιμοποιούνται στην τεχνολογία ΤΑ είναι τα  $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $N_2$ . Παρ' όλα αυτά έχει ερευνηθεί η εφαρμογή και κάποιων άλλων αερίων όπως είναι το όζον, το θειϊκό διοξείδιο, το μονοξείδιο του άνθρακα και άλλα. Δεν έχουν εφαρμοστεί εμπορικά όμως για λόγους ασφαλείας, νομοθετικών περιορισμών και υψηλού κόστους.

## ΟΞΥΓΟΝΟ

Το οξυγόνο είναι ένα άχρωμο, άοσμο αέριο το οποίο είναι ιδιαίτερα δραστικό και προωθεί την καύση. Χαρακτηρίζεται από μικρή διαλυτότητα στο νερό (0.040 g/kg σε 100 kPa, 20 °C). Η παρουσία του οξυγόνου προωθεί αρκετούς τύπους αντιδράσεων

αλλοίωσης στα τρόφιμα όπως οξείδωση λιπών, αντιδράσεις καστανώσης και οξείδωσης χρωστικών. Εξ'άλλου τα περισσότερα αλλοιογόνα βακτήρια και οι μύκητες απαιτούν την παρουσία οξυγόνου για την αναπτυξή τους. Ως εκ τούτου για την αύξηση του χρόνου ζωής των τροφίμων η συσκευασία θα πρέπει να περιέχει μικρή ποσότητα διαθέσιμου οξυγόνου ώστε να περιοριστούν όλες οι αντιδράσεις που προκαλούν την αλλοίωση ( Sandhya et al.,2010).

## ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ (CO<sub>2</sub>)

Το CO<sub>2</sub> είναι ένα άχρωμο αέριο με μια ελαφρώς οξεία μυρωδιά σε πολύ υψηλές συγκεντρώσεις. Προκαλεί ασφυξία και είναι ελαφρώς διαβρωτικό σε συνδιασμό με παρουσία υγρασίας. Διαλύεται εύκολα στο νερό (1.57 g/ kg at 100 kPa, 20 °C) και παράγει ανθρακικό οξύ το οποίο αυξάνει την οξύτητα του διαλύματος και μειώνει την τιμή του Ph. Αυτό παίζει μεγάλο ρόλο στην εφαρμογή της MAP στα τρόφιμα . Η μεγάλη διαλυτότητα του CO<sub>2</sub> μπορεί να οδηγήσει στην κατάρρευση της συσκευασίας εξαιτίας της μείωσης του διαθέσιμου όγκου μέσα στην συσκευασία ( Sandhya et al.,2010).

## ΑΖΩΤΟ

Το άζωτο είναι σχετικά ένα αδρανές αέριο χωρίς οσμή, γεύση και χρώμα. Έχει μικρότερη πυκνότητα από τον αέρα, είναι μη εύφλεκτο και έχει μικρή διαλυτότητα στο νερό (0.018 g/kg at 100 kPa, 20 °C). Δεν υποστηρίζει την ανάπτυξη αερόβιων μικροβίων και ως εκ τούτου αναστέλλει την αναπτυξή των αερόβιων αλλοιογόνων

μικροοργανισμών αλλά, δεν αποτρέπει την ανάπτυξη των αναερόβιων βακτηρίων. Ο μικρός βαθμός διαλυτότητας του αζώτου στα τρόφιμα βοηθάει στο να αποτραπεί η κατάρρευση της συσκευασίας. Προσθέτοντας αρκετή ποσότητα N<sub>2</sub> στο μίγμα της αέριας σύστασης ισορροπείται η απώλεια όγκου εξαιτίας της διαλυτότητας του CO<sub>2</sub> ( Sandhya et al.,2010).

### 1.6.1 Αναλογία συγκέντρωσης αερίων

Η αναλογία των αερίων επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας είτε ενεργές τεχνικές στις οποίες η συσκευασία σφραγίζεται με συγκεκριμένη σύσταση ατμόσφαιρας ή παθητικές που η συσκευασία σφραγίζεται υπό κανονικές συνθήκες αέρα (Al-Ati & Hotckins., 2002). Άλλος ένας παράγοντας που επηρεάζει την αναλογία των αερίων είναι ο τύπος και ο συνδιασμός των διαφορετικών μεμβρανών που χρησιμοποιούνται (Saxena et al., 2008). Από την στιγμή που η συσκευασία σφραγίζεται δεν υπάρχει περαιτέρω έλεγχος της σύστασης αερίων και οποιαδήποτε αλλαγή προέρχεται από την διαδικασία αναπνοής του λαχανικού και την περατότητα του υλικού συσκευασίας που έχει χρησιμοποιηθεί (Sivertsvik., 2002).

Η συνιστώμενη αναλογία συγκέντρωσης στην συσκευασία της ΤΑ εξαρτάται από τον τύπο του προϊόντος. Γενικά, τα φρέσκα κομμένα λαχανικά είναι είναι πιο ανθεκτικά από τα ολόκληρα και άθικτα λαχανικά στις υψηλές συγκεντρώσεις CO<sub>2</sub>, εξαιτίας του γεγονότος ότι η αντιστάσή τους στην διάχυση είναι μικρότερη (Kader et al., 1989). Οι άριστες τιμές συγκεντρώσεων O<sub>2</sub> και CO<sub>2</sub> για τα περισσότερα προϊόντα έχει βρεθεί από μελέτες ότι κυμαίνεται γενικά σε ποσοστά 3-5 % O<sub>2</sub> και 3-10 % CO<sub>2</sub> ώστε να μειώσουν τους ρυθμούς της αναπνευστικής διαδικασίας χωρίς όμως να δημιουργηθούν συνθήκες ανοξίας στο εσωτερικό της συσκευασίας (Jacxsens et al., 2000). Αν η περατότητα του φιλμ στο O<sub>2</sub> και το CO<sub>2</sub> είναι προσαρμοσμένη στην αναπνοή του προϊόντος τότε επέρχεται μια ισορροπία ανάμεσα στα δύο με αποτέλεσμα ο χρόνος ζωής του προϊόντος να αυξάνεται (Sandhya et al., 2010). Όταν η εσωτερική σύσταση του αέρα στην συσκευασία δεν είναι αντίστοιχη του ατμοσφαιρικού αέρα

(21% O<sub>2</sub> , 0.01% CO<sub>2</sub> και 78% N<sub>2</sub>) αλλά αποτελείται από χαμηλότερη τιμή O<sub>2</sub> και υψηλότερη τιμή CO<sub>2</sub> επίσης έχουμε μείωση της αναπνοής του προϊόντος και επιμήκυνση της χρονικής διάρκειας ζωής του. Υπάρχουν πολλοί παράγοντες που καθορίζουν την επίδραση της ΤΑ στο φρεσκοκομμένο προϊόν. Ένας από αυτούς είναι η κίνηση του O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> και του αιθυλενίου ( C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> ) και η αλληλεπίδρασή τους με το προϊόν που πραγματοποιείται μέσα στην συσκευασία με το φαινόμενο της διάχυσης καθώς υπάρχει διαφορά συγκεντρώσεων. Υπερβολικά χαμηλά επίπεδα O<sub>2</sub> ευνοούν τις ζυμωτικές διαδικασίες, οι οποίες με την σειρά τους προκαλούν τον σχηματισμό ακεταλδεΐδης και την εμφάνιση παραγώγων που αλλοιώνουν την γεύση (Kays et al., 1991). Μερικές φορές συγκέντρωση CO<sub>2</sub> από 10-20% οδηγεί στην καταστολή των αερόβιων μεταβολικών διεργασιών ακόμα και αν η παρουσία αρκετού O<sub>2</sub> μειώνει την αρνητική επίδραση στην ποιότητα του προϊόντος ( Mathooko 1996, Watking 2000). Επίσης έλλειψη O<sub>2</sub> επάγει την δημιουργία δυσάρεστων οσμών η γένεσων εξαιτίας της αλλαγής από αερόβιο σε αναερόβιο μεταβολισμό.

Οι συγκεντρώσεις του O<sub>2</sub> και του CO<sub>2</sub> μέσα σε μια συσκευασία είναι δυνατόν να μοντελοποιηθούν. Έχουν αναπτυχθεί κάποια μοντέλα τα οποία δίνουν την δυνατότητα να επιλέγεται το κατάλληλο υλικό συσκευασίας για τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά γνωρίσματα του συγκεκριμένου τύπου προϊόντος. Ένα κοινό μαθηματικό μοντέλο που χρησιμοποιείται είναι το Michaelis–Menten και περιγράφει πως μεταβάλλεται η αναπνοή σε σχέση με την θερμοκρασία το O<sub>2</sub> και το CO<sub>2</sub>. Μοντέλα τα οποία δίνουν τον ρυθμό αναπνοής συνδιάζονται με μια εξίσωση που περιγράφει την ευαισθησία του φιλμ στην περατότητα του υλικού στα αέρια σε σχέση με την θερμοκρασία (εξίσωση Arrhenius) ώστε να προβλέψει τα επίπεδα O<sub>2</sub> συναρτήσει της θερμοκρασίας, της μάζας προϊόντος, της επιφάνειας και το πάχος του φιλμ (Cameron et al.,1994, Lakakul et al.,1999)

## 1.6.2 Χαρακτηριστικά συσκευασίας

Τα φρεσκοκομμένα προϊόντα έχουν σημαντικές διαφορές στις απαιτήσεις στα χαρακτηριστικά της συσκευασίας που απαιτούνται σε σύγκριση με τα ολόκληρα. Για

τα φρέσκα μη τεμαχισμένα προϊόντα πρωταρχικός σκοπός της συσκευασίας είναι να παραμείνουν άθικτα κατά τους διάφορους χειρισμούς. Ενώ στις τεχνικές των ΤΑ, εσωκλείεται το προϊόν που αναπνέει σε πολυμερικές μεμβράνες στα οποία το αέριο περιβάλλον αλλάζει είτε ενεργητικά ή παθητικά ώστε να μειώσει τον ρυθμό αναπνοής, να περιορίσει την απώλεια υγρασίας και την αποσύνθεση και τελικά να αυξήσει την διάρκεια ζωής. Πολλά από τα υλικά συσκευασίας που χρησιμοποιούνται δεν προσφέρουν μόνα τους όλες τις απαιτούμενες ιδιότητες. Το πολυαιθυλένιο είναι το πιο συχνά χρησιμοποιούμενο υλικό συσκευασίας για ασφαλές ερμητικό σφράγισμα. Ο βαθμός στον οποίο γίνεται η τροποποίηση της ατμοσφαιρικής σύνθεσης μέσα στην συσκευασία εξαρτάται από παραμέτρους όπως η περατότητα του φιλμ σε O<sub>2</sub> και CO<sub>2</sub>, την αναπνοή του προϊόντος και την επίδραση της θερμοκρασίας στα δύο προηγούμενα. Υπάρχει μεγάλο εμπορικό ενδιαφέρον για την ανάπτυξη υλικών συσκευασίας με υψηλά ποσοστά μεταφοράς αερίων που επιτυγχάνεται έτσι ώστε το O<sub>2</sub> και το CO<sub>2</sub> αλλά και οι υδρατμοί να εισέρχονται και να εξέρχονται με ελεγχόμενο τρόπο ώστε να ικανοποιούνται οι ανάγκες της αναπνοής και ταυτόχρονα να διατηρούνται τα επίπεδα CO<sub>2</sub> και της υγρασίας.

Ένα σημαντικό γεγονός στην διαχείριση και επεξεργασία των φρέσκων λαχανικών είναι ότι πρόκειται για ζωντανούς ιστούς και συνεχίζουν να αναπνέουν όσο υπάρχουν διαθέσιμα θρεπτικά συστατικά νερο και αέρας. Αναπνοή και διαπνοή συνεχίζουν και μετά την συγκομιδή και από την στιγμή που το προϊόν έχει αποσπαστεί από την πηγή του νερού, φωτοσύνθεσης και θρεπτικών στοιχείων είναι ολοκληρωτικά εξαρτώμενο από τις δικές του αποθήκες θρεπτικών στοιχείων και νερού. Η απώλεια νερού σημαίνει απώλεια κερδοφόρου βάρους για τον καλλιεργητή ή για τον παραγωγό. Μια απώλεια 5% σε νερό θα κάνει πολλά λαχανικά να φαίνονται ζαρωμένα ή μαραμμένα και σε συνθήκες υψηλών θερμοκρασιών και έλλειψη υγρασίας αυτό θα συμβεί σε λίγες ώρες χωρίς την κατάλληλη συσκευασία. Το είδος των φιλμ συσκευασίας μπορεί να πετύχει αύξηση του χρόνου ζωής μειώνοντας τον ρυθμό της αναπνοής. Αυτό επιτυγχάνεται σχεδιάζοντας μια συσκευασία με άριστο συνδιασμό συγκέντρωσης O<sub>2</sub> και το CO<sub>2</sub> και ρυθμίζοντας τις απώλειες νερού μέσω συσκευασίας.

Χαμηλή σχετική υγρασία αυξάνει την διαπνοή και οδηγεί σε ξήρανση, σε έντονους ρυθμούς αναπνοής και τελικά σε ανεπιθύμητο προϊόν. Ένα σημαντικό πρόβλημα που σχετίζεται με την υψηλή υγρασία μέσα στην συσκευασία είναι η συμπύκνωση των υδρατμών στην επιφάνεια του φιλμ που προκαλείται από τις διακυμάνσεις της

θερμοκρασίας. Για τα περισσότερα προϊόντα το φώς δεν αποτελεί παράγοντα επιρροής αλλά στα πράσινα λαχανικά μπορεί να υπάρξει κατανάλωση CO<sub>2</sub> και παραγωγή O<sub>2</sub> μέσω της φωτοσύνθεσης

Περιορισμένο ποσοστό διαθέσιμου χώρου μέσα στην συσκευασία οδηγεί στην αύξηση της αντίστασης στην αέρια διάχυση. Μια από τις σημαντικότερες επιδράσεις της μεθόδου των ΤΑ όπως έχει τονιστεί είναι η μείωση του ρυθμού αναπνοής και επομένως τον ρυθμό που εξαντλεί το φυτικό προϊόν τα διαθέσιμα θρεπτικά στοιχεία του. Το αιθυλένιο είναι μια φυτική ορμόνη που παίζει κεντρικό ρόλο στην έναρξη της διαδικασίας ωρίμανσης και γήρανσης του λαχανικού. Η παραγωγή του μειώνεται περίπου στο μισό σε ποσοστά O<sub>2</sub> 2,5% περίπου. Το χαμηλό ποσοστό O<sub>2</sub> επιτυγχάνει να καθυστερεί την γήρανση του φυτικού ιστού αναστέλλοντας την παραγωγή και την δράση του αιθυλενίου.

### **1.6.3. Θερμοκρασία και ΤΑ**

Είναι κοινώς αποδεκτό ότι η συντήρηση σε χαμηλές θερμοκρασίες αυξάνει την διάρκεια ζωής των φύλλων της ρόκας διατηρώντας σε πολύ καλή κατάσταση τις οργανοληπτικές της ιδιότητες αφού η αλλοίωση αυξάνει με την θερμοκρασία (Koukounaras et al., 2007).

Η θερμοκρασία του αέρα κατά την διάρκεια της προετοιμασίας των προϊόντων δε θα πρέπει να ξεπερνά τους 12 °C ενώ κατά το πλύσιμο, το κόψιμο και την συσκευασία η θερμοκρασία θα πρέπει να παραμένει 4-6 °C. Μετά τον τεμαχισμό όμως οι ιδανικές συνθήκες θερμοκρασίας για την καλύτερη διατήρηση του προϊόντος δεν πρέπει να ξεπερνούν τους 4 °C (Willcox 1995). Οι συνθήκες σχέσης, χρόνου και θερμοκρασίας στις οποίες έχει εκτεθεί ένα προϊόν είναι πολύ σημαντικές. Αποτελεί ένα πολύ σημαντικό σημείο κρίσιμου ελέγχου στο σύστημα HACCP και θα πρέπει να καταγράφεται λεπτομερώς και να διατηρείται το αντίστοιχο αρχείο.

Οι μεταβολικές λειτουργίες όπως είναι η αναπνοή και ο ρυθμός ωρίμανσης είναι ευαίσθητες στις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας. Οι βιολογικές αντιδράσεις

γενικά αυξάνουν 2 ή 3 φορές για κάθε αύξηση 10 °C . Ως εκ τούτου είναι ζωτικής σημασίας ο έλεγχος της θερμοκρασίας προκειμένου η τεχνολογία των ΤΑ να αποδώσει τα μέγιστα αποτελέσματα. Επίσης η περατότητα της μεμβράνης της συσκευασίας, αυξάνεται όσο αυξάνει η θερμοκρασία, με το CO<sub>2</sub> να επηρεάζεται περισσότερο από το O<sub>2</sub>. Η μη σωστή διατήρηση της κατάλληλης θερμοκρασίας κατά την διάρκεια των σταδίων της μεταφοράς της αποθήκευσης και της έκθεσης του προϊόντος στην αγορά είναι πρωταρχικής σημασίας στην βιομηχανία των φρέσκων προϊόντων γιατί επιφέρει αύξηση του φυτικού μεταβολισμού και ανάπτυξη αλλοιογόνων μικροοργανισμών. Τα επίπεδα O<sub>2</sub> μειώνονται ενώ αυξάνονται τα επίπεδα CO<sub>2</sub> όσο ανεβαίνει η θερμοκρασία (Beaudry et al.,1992). Έτσι όταν υπάρχει αύξηση της θερμοκρασίας η επακόλουθη αύξηση στην περατότητα του φιλμ δεν μπορεί να διατηρήσει παράλληλο ρυθμό με την αύξηση της ζήτησης για O<sub>2</sub>. Στις συσκευασίες που είναι κατασκευασμένες από περατά υλικά αυτό το φαινόμενο είναι προφανές γιατί υπάρχει μικρή αύξηση μεταφοράς O<sub>2</sub> μέσω των πόρων της συσκευασίας αναλογικά με την αύξηση της θερμοκρασίας. Ένα υλικό προσφέρει ιδανική σύσταση ατμόσφαιρας στο εσωτερικό της συσκευασίας για τις συγκεκριμένες συνθήκες θερμοκρασίας που σχεδιάστηκε. Σε υψηλότερες τιμές θερμοκρασίας προκαλείται συσσώρευση CO<sub>2</sub> και εξάντληση O<sub>2</sub> από τους έντονους ρυθμούς αναπνοής. Στη περίπτωση που επικρατήσει χαμηλότερη θερμοκρασία, ο μειωμένος ρυθμός αναπνοής θα οδηγήσει σε συσσώρευση O<sub>2</sub> πάνω από το επιθυμητό (L. Jacxsens et al., 2002).

#### **1.6.4 ΤΑ και μικροβιακή αλλοίωση**

Η δυνατότητα της τεχνολογίας των ΤΑ να επεκτείνει την διάρκεια ζωής πολλών τροφίμων είναι κοινώς αποδεκτή. Παρ' όλα αυτά υπάρχει μια τεράστια ανησυχία σχετικά με την ασφάλεια των προϊόντων αυτών που πηγάζει από το γεγονός της επιθυμητής καταστολής των οργανισμών που προκαλούν την αλλοίωση στα λαχανικά που δημιουργούν όμως ένα ευνοϊκό περιβάλλον και για ανάπτυξη παθογόνων βακτηρίων ( Rosner 2003). Σε υψηλά επίπεδα CO<sub>2</sub> οι αερόβιοι αναστέλλονται ενώ οι δυνητικά παθογόνοι μπορεί να διεγερθούν. Επιπλέον η συντήρηση των λαχανικών σε σχετικά υψηλές συγκεντρώσεις CO<sub>2</sub> , 5-10% σε συνδιασμό με χαμηλές θερμοκρασίες έχει σαν αποτέλεσμα την αναστολή των gram αρνητικών βακτηρίων όπως είναι οι ψευδομονάδες και τα εντεροβακτήρια που θεωρούνται τα πιο κοινά αλλοιογόνα



βακτήρια στα φρέσκα κομμένα φυλλώδη λαχανικά εξαιτίας του υψηλού ρυθμού ανάπτυξης τους στις χαμηλές θερμοκρασίες.( Jacxsens, Devlieghere, & Debevere, 2002; Jacxsens et al., 1999; Nguyen-the & Carlin,1994). Η *Pseudomonas fluorescens* έχει προσδιοριστεί ως δείκτης αλλοίωσης για τις έτοιμες κομμένες συσκευασμένες σαλάτες (Wilcox 1993).

Συμπερασματικά, ο Sandhya (2009) σε ανασκόπηση για τις συσκευασίες τροποποιημένης ατμόσφαιρας φρέσκων προϊόντων καταλήγει στα εξής :

- 1) Το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα στην επέκταση του χρόνου διάρκειας ζωής των φρέσκων κομμένων λαχανικών συμβαίνει σε επίπεδα συγκέντρωσης  $O_2$  πριν αρχίσει να πραγματοποιείται η αναερόβια αναπνοή. Το προτεινόμενο ποσοστό  $O_2$  σε συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας για λαχανικά κυμαίνεται στο εύρος 1-5% παρ όλο που στη συνέχεια το οξυγόνο φτάνει σε τιμές κάτω απ το 1% στις TA.
- 2) Όταν το υλικό της συσκευασίας είναι φτιαγμένο από διαπερατές μεμβράνες, η αλλοίωση προκύπτει πριν την παραγωγή τοξινών. Ιδιαίτερη σημασία θα πρέπει να δίνεται ώστε το υλικό συσκευασίας να μην δημιουργεί συνθήκες ανοξίας στην θερμοκρασία για την οποία έχει σχεδιαστεί.
- 3) Ο επιτυχής έλεγχος της θερμοκρασίας σε όλα τα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας και ιδιαίτερα στο στάδιο της λιανικής πώλησης είναι που διασφαλίζει τα επιθυμητά αποτελέσματα. Επιπλέον ο έλεγχος του ρυθμού αναπνοής του προϊόντος και η παραγωγή αιθυλενίου με την κατάλληλη TA δίνει ένα λαχανικό υψηλής οργανοληπτικής ποιότητας.
- 4) Τα αέρια  $O_2$ ,  $CO_2$  και  $N_2$  είναι αυτά που χρησιμοποιούνται πιο συχνά στις συσκευασίες τροποποιημένης ατμόσφαιρας. Το  $CO_2$  είναι το μόνο που παρουσιάζει άμεση αντιμικροβιακή δράση, το οποίο επιφέρει

επιμήκυνσης της φάσης προσαρμογής των μικροοργανισμών καθώς και του χρόνου πολλαπλασιασμού κατά τη διάρκεια της λογαριθμικής φάσης ανάπτυξης τους. Αν και έχουν εξεταστεί κι άλλα αέρια όπως διοξείδιο του θείου, αιθυλένιο, όζον κλπ, δεν έχουν εφαρμοστεί εμπορικά για οικονομικούς, κανονιστικούς και λόγους ασφαλείας.

## 2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Η προμήθεια των συσκευασμένων σαλατών άγριας ρόκας (*Diplotaxis integrifolia*), έγινε από εταιρία παραγωγής πρασινων κομμένων φρέσκων σαλατών. Η συγκομιδή έγινε μέσα Νοεμβρίου. Πρίν τη συσκευασία της ρόκας στις σακούλες προηγήθηκε πλύσιμο με χλωριωμένο νερό. Στη συνέχεια 100 γρ. Ρόκας τοποθετήθηκαν στη σακούλα. Η εμπορική συσκευασία, λόγω της έντονης αναπνοής της ρόκας είναι διάτρητη (micro-perforated) με σκοπό την γρήγορη αναπλήρωση του οξυγόνου εντός της συσκευασίας.

### 2.1 Παραλαβή και προετοιμασία δειγμάτων

Τα δείγματα που παρελήφθησαν συσκευασμένα στη συνέχεια ανασυσκευάστηκαν σε τροποποιημένες ατμόσφαιρες με την βοήθεια της σφραγιστικής μηχανής συσκευασίας εμφύσησης αερίων (Henko Vac 1900 Machine, Howden Food Equipment B.V., The Netherlands) στις εξής συστάσεις :

- 20% O<sub>2</sub> – 0% CO<sub>2</sub>
- 10% O<sub>2</sub> – 10% CO<sub>2</sub>
- 0% O<sub>2</sub> – 20% CO<sub>2</sub>
- 5% O<sub>2</sub> – 15% CO<sub>2</sub>
- 15% O<sub>2</sub> – 5% CO<sub>2</sub>

Ένας αριθμός δειγμάτων διατηρήθηκε ως έχει στην εμπορική συσκευασία, που χρησιμοποιείται από την βιομηχανία παραγωγής, που χαρακτηρίζεται από την περατότητα στον αέρα. Έχει επιλεγεί η διάτρητη συσκευασία γιατί το λαχανικό της ρόκας χαρακτηρίζεται από μεγάλο ρυθμό αναπνοής. Στη συνέχεια τα δείγματα μεταφέρθηκαν σε ψυκτικούς θαλάμους των 0°C, 5°C, 10°C, 15°C υψηλής ακρίβειας ( $\pm 0,5$  ° C) (MIR-153, Sanyo Electric Co., Osaka, Japan) καθώς και σε ψυκτικό θάλαμο μεταβαλλόμενων θερμοκρασιών με θερμοκρασιακό πρόγραμμα 8 ώρες/ 4°C, 8 ώρες/ 12°C και 8 ώρες/ 8°C).

## **2.2 Πορεία δειγματοληψίας.**

Αρχικά σε κάθε ημέρα δειγματοληψίας πραγματοποιούνταν μέτρηση της σύστασης των αερίων σε κάθε συσκευασία με την χρήση του οργάνου Gas meter Check Mate 9900 O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>/PBI-Dansensor A/S, Denmark. Στη συνέχεια τα δείγματα μεταφέρθηκαν στον εργαστηριακό πάγκο όπου και ξεκίνησε η διαδικασία της δειγματοληψίας υπό ασηπτικές συνθήκες παρουσία λύχνου Bunsen. Ζυγίστηκαν 10 gr δείγματος σε αναλυτικό ζυγό εντός αποστειρωμένης σακούλας stomacher, προστέθηκαν 90 ml αποστειρωμένου ισοτονικού διαλύματος Ringer (LABM, Lancashire, UK) και έπειτα τοποθετήθηκαν σε συσκευή Stomacher προς ομογενοποίηση του δείγματος. Από κάθε συσκευασία παρελήφθησε δείγμα 10 gr εις διπλούν, ώστε να έχουμε δύο επαναλήψεις A και B. Στο σημείο αυτό διατηρήθηκε παράλληλα και δείγμα σε τρυβλία για μέτρηση στην συσκευή πολυφασματικής απεικόνισης. Στη συνέχεια από κάθε σακούλα stomacher αντλήθηκαν με πιπέτα 1 ml δείγματος και τον προστέθηκε σε γυάλινο αποστειρωμένο δοκιμαστικό σωλήνα που περιείχε 9 ml ringer φτάνοντας έτσι στην δεύτερη δεκαδική αραιώση και συνεχίζοντας μέχρι τον απαιτούμενο βαθμό. Στον πίνακα που ακολουθεί καταγράφονται οι ημέρες της δειγματοληψίας για κάθε θερμοκρασία.

**Πίνακας 1.** Ημέρες δειγματοληψίας ανά θερμοκρασία

Θερμοκρασία	0°C	5°C	10°C	15°C	4-12 °C
Ημέρα δ/ψιας	0	0	0	0	0
	5	2	2	1	2
	9	5	4	2	5
	12	8	7	3	7
	16	12	9	4	9
	19	16	12	5	12
	22	19			
	26	22			
	29				

### 2.3 Υποστρώματα θρεπτικών υλικών

Τα θρεπτικά υλικά που χρησιμοποιήθηκαν και οι συνθήκες επώασης για κάθε κατηγορία μικροοργανισμού είναι οι εξής :

- **PCA** (Plate Count Agar, LAB M) για τον προσδιορισμό της ολικής μεσόφιλης χλωρίδας με την μέθοδο της ενσωμάτωσης, 1 ml δείγματος απο την κατάλληλη αραιώση στο μη επιλεκτικό υπόστρωμα. Ακολούθησε επώαση σε θάλαμο 30°C για 48-72 ώρες και η καταμέτρηση των αποικιών.
- **VRBG** (Violet Red Bile Glucose Agar, LAB M) για τον προσδιορισμό των εντεροβακτηρίων. Η διαδικασία είναι η ίδια, 1 ml από την αντίστοιχη αραιώση ενσωματώνεται στο επιλεκτικό υπόστρωμα και στη συνέχεια προστίθεται 2<sup>η</sup> στρώση ώστε να δημιουργηθούν αναερόβιες συνθήκες που απαιτούνται για την ανάπτυξη των εντεροβακτηρίων. Ακολουθεί επώαση στους 37°C για 24 ώρες και μετά καταμέτρηση των αποικιών.
- **MRS Agar** ( de Man Rogosa and Sharpe Agar , LAB M) για τον προσδιορισμό των γαλακτικών βακτηρίων, ρυθμισμένο σε pH 5,8 με χρήση HCl. Με την χρήση πιπέτας λαμβάνουμε 1 ml και το ενσωματώνουμε στο

επιλεκτικό υπόστρωμα προσθέτοντας 2<sup>η</sup> στρώση για την δημιουργία αναερόβιων συνθηκών. Μετά από επώαση στους 30°C για 48 ώρες γίνεται καταμέτρηση των χαρακτηριστικών αποικιών .

- **Pseudomonas Agar +modified Cephalothin Fucidin Cetrimide (CFC LAB M)** για τον προσδιορισμό των ψευδομονάδων με την διαδικασία της επιφανειακής επίστρωσης όπου 0,1 ml εξαπλώθηκε στο επιλεκτικό υπόστρωμα με την προσθήκη αντιβιοτικού . Επώαση στους 25°C για 24-48 ώρες και καταμέτρηση των χαρακτηριστικών αποικιών.
- **RBC (Rose Bengal Chloramphenicol, RBC LAB M)** για τον προσδιορισμό των ζυμών και μυκήτων με την μέθοδο της επιφανειακής επίστρωσης όπου 0,1ml εξαπλώνονται στο θρεπτικό επιλεκτικό υπόστρωμα με την χρήση αντιβιοτικού ( Chloramphenicol, X009). Επώαση στους 25°C για 72-120 ώρες και απαρίθμηση των σχηματισθέντων αποικιών.

## 2.4 Μέτρηση pH

Μετά το πέρας της κάθε δειγματοληψίας ακολουθούσε μέτρηση του pH σε κάθε δείγμα μέσα στην αντίστοιχη σακούλα stomacher με ψηφιακό πεχάμετρο που διαθέτει το εργαστήριο τύπου (pH526 WTW, Multical). Πρίν τη μέτρηση προηγούνταν βαθμονόμηση του οργάνου με τη χρήση κατάλληλων ρυθμιστικών διαλυμάτων και στη συνέχεια ακολουθούσε ο εμβαπτισμός του ηλεκτροδίου στο δείγμα και η καταγραφή της μέτρησης.

## 2.5 Μέτρηση αερίων

Η μέτρηση της αέριας σύστασης σε κάθε συσκευασία μετρήθηκε πρίν την έναρξη της δειγματοληψίας με ειδικό όργανο ( Gas meter Check Mate 9900

O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>/PBI-Dansensor A/S, Denmark), που διαθέτει κατάλληλο αισθητήρα εφοδιασμένο με ζirkόνια και διπλής δέσμης υπέρυθρο αισθητήρα. Μια βελόνα τοποθετείται απ ευθείας στην συσκευασία και εμφανίζεται η μέτρηση στην οθόνη του οργάνου.



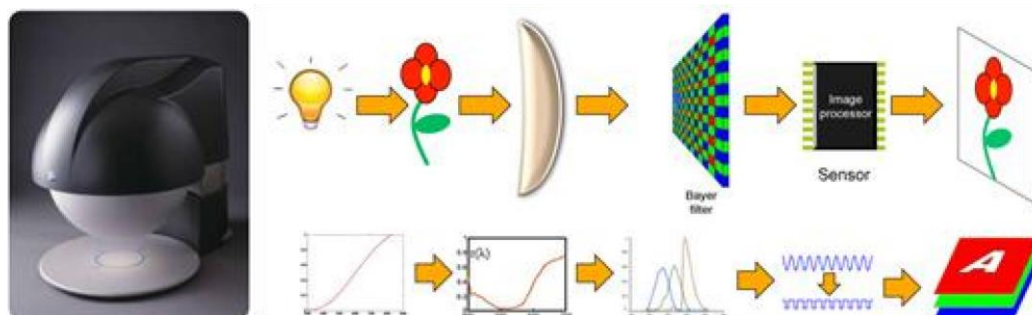
**Εικόνα 1.** Όργανο μέτρησης αερίων.

## 2.6 Πολυφασματική απεικόνιση

Το όργανο που χρησιμοποιήθηκε για την απόκτηση των εικόνων πολυφασματικής απεικόνισης ονομάζεται VideometerLab και σύλλεξε

πολυφασματικές εικόνες των φύλλων της ρόκας από 18 διαφορετικά μήκη κύματος στο ηλεκτρομαγνητικό φάσμα, στην περιοχή του ορατού και κοντά στο υπέρυθρο : 405, 435, 450, 470, 505, 525, 570, 590, 630, 645, 660,700, 780, 850, 870, 890, 940, και 970 nm. Το αντικείμενο τοποθετείται στην ενσωματωμένη σφαίρα σε λευκή επίπεδη επιφάνεια και το όργανο φωτίζει το αντικείμενο προς εξέταση με διάχυση φωτός. Κάθε φορά το φως που εκπέμπεται είναι σε συγκεκριμένο μήκος κύματος. Αυτό διασφαλίζεται από τις διόδους εκπομπής φωτός. Η κάθε πολυφασματική απεικόνιση αποτελείται από 18 ξεχωριστες εικόνες αντίστοιχες με τα 18 μήκη κύματος που εκπέμπεται το φως. Στην διαδικασία μέτρησης ένα τρυβλίο με φύλλο ρόκας τοποθετείται κάτω από την ενσωματωμένη σφαίρα . Από την πολυφασματική απεικόνιση οι τιμές L,a,b υπολογίστηκαν για κάθε εικονοκύτταρο (pixel). Η αφαίρεση οποιουδήποτε στοιχείου από την περιοχή μέτρησης που θα αλλοιώσει την μέτρηση είναι πολύ σημαντικό. Για την αφαίρεση της περιττής περιοχής γύρω από το φύλλο της ρόκας χρησιμοποιείται το πρόγραμμα της Κανονικής Διαχωριστικής Ανάλυσης

(CDA),( Cruzcastillo et al., 1994). Πριν από την έναρξη της διαδικασίας μέτρησης το σύστημα πρώτα καλιμπράρεται ραδιομετρικά χρησιμοποιώντας μια λευκή και μια μαύρη επιφάνεια και στην συνέχεια γεωμετρικά ώστε να εξασφαλίσει την σωστή αντιστοιχία των εικονοκυττάρων με κάθε μήκος κύματος.



**Εικόνα 2.** Όργανο πολυφασματικής απεικόνισης , videometer.Lab.

Τα δεδομένα που συγκεντρώθηκαν μελετήθηκαν και συγκρίθηκαν με βάση τα ποσοστά ανάκλασης που εμφάνισαν. Πιο συγκεκριμένα μελετήθηκε το φαινόμενο του κιτρινίσματος των φύλλων ροκας εκτιμώντας το ποσοστό ανάκλασης στην περιοχή του ορατού φάσματος 470 -700 nm και το φαινόμενο εμφάνισης σταγόνων επάνω στα φύλλα που συνδέεται με την περιοχή κοντά στο υπέρυθρο στα 780-940 nm.

## 2.7 Μετρήσεις χρώματος

Το χρώμα των φύλλων της ροκας και οι αλλαγές του για τις 4 διαφορετικές θερμοκρασίες και τις 6 διαφορετικές συσκευασίες μετρήθηκε με το ειδικό όργανο CR200 Minolta Chromameter (Minolta Co., Chuo-Ku, Osaka, Japan). **Εικόνα** . και προσδιορίστηκαν οι τιμές CIE Lab. . Η παράμετρος L αποτελεί δείκτη φωτεινότητας με μια κλίμακα από 0 (μαύρο) έως 100 (άσπρο). Η παράμετρος a μετρά τον βαθμό του κόκκινου (+a) ή του πράσινου(-a) χρώματος και η παράμετρος b το βαθμό του κίτρινου(+b) ή του μπλε (-b) χρώματος. Η διαδικασία είχε ως εξής : ένα φύλλο ροκας αντιπροσωπευτικό της σαλάτας ,τεμαχίστηκε σε 5 κομμάτια και μετρήθηκαν σε τακτά χρονικά διαστήματα κατά την διάρκεια της συντηρησής τους από κάθε θερμοκρασία.



**Εικόνα 3.** Όργανο μέτρησης χρώματος

Η θερμοκρασία συντήρησης επηρεάζει την φωτεινότητα  $L$  και οι τιμές της μειώνονται ανάλογα με την αύξηση της θερμοκρασίας. Άλλη μια παράμετρος σχετική με το φαινόμενο καφετίωσης των φύλλων και στην μείωση της χλωροφύλλης είναι η τιμή  $a$ . Αύξηση της τιμής  $a$  υποδεικνύει αλλαγή του χρώματος από πράσινο σε κόκκινο.

## **2.8 Οργανοληπτικές μετρήσεις σαλάτας ρόκας**

Ειδική εκπαιδευμένη ομάδα δέκα ατόμων επιλέχθηκαν για την εκτίμηση των οργανοληπτικών ιδιοτήτων της φυλλώδους σαλάτας ρόκας. Εκτιμήθηκαν η συνολική οπτική αποδοχή, οσμή, υφή, γεύση, φρεσκάδα και συνολική εντύπωση βάσει της προτίμησης. Η συνολική υφή του φύλλου εκτιμάται από την ικανότητα του φύλλου να κόβεται όταν δαγκωθεί (brittleness) την ύπαρξη σταγόνων υγρασίας (sprinklyness) και την αίσθηση της γεύσης. Η βαθμολογία βασίζεται σε μια κλίμακα 9 βαθμών όπου η τιμή 1 αντιπροσωπεύει πολύ φτωχά χαρακτηριστικά και η τιμή 9 άριστη κατάσταση. Η ομάδα σημείωνε την βαθμολογία των ποιοτικών χαρακτηριστικών σε ειδικό φύλλο. Κατα την διάρκεια της αξιολόγησης η ομάδα ρωτήθηκε για την συνολική αποδοχή της σαλάτας με τις δυο πιθανές απαντήσεις "αποδεκτή" ή "μη αποδεκτή". Η βαθμολογία που καθιστά την σαλάτα μη αποδεκτή ήταν η τιμή 5.

## **2.9 Μέτρηση Βιταμίνης C σε σαλατα ρόκας**

Η βιταμίνη C μετρήθηκε με την χρήση της μεθόδου υψηλής ανάλυσης υγρής χρωματογραφίας (HPLC) (Giannakourou and Taoukis, 2003). Όλες οι αναλύσεις διεχξήχθησαν εις διπλούν. Πέντε γραμμάρια ομογενοποιημένου υλικού ανάδεύτηκαν



σε δέκα ml διαλύματος μεταφωσφορικού οξέος για 15 λεπτά. Το μίγμα διηθείται υπό κενό με την μέθοδο της υγρής χρωματογραφίας, ο τελικός συνολικός όγκος μετρήθηκε και ένα κλάσμα του διηθείται σε ειδικό φίλτρο πρίν την έγχυση εντός της χρωματογραφικής στήλης. Τα δεδομένα επεξεργάστηκαν με πρωτογενές εκθετικό μοντέλο τύπου  $(C/C_0) \cdot 100 = \exp(-kt)$  και στη συνέχεια με δευτερογενές μοντέλο Arrhenius.

## 2.10. Στατιστική ανάλυση

Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έγινε με την μέθοδο της Ανάλυσης Κύριων Συνιστωσών ( Principal Component Analysis, PCA ).

Η μέθοδος των Κυρίων Συνιστωσών είναι μία τεχνική ανάλυσης δεδομένων με σκοπό τη δημιουργία καινούργιων μεταβλητών, οι οποίες είναι γραμμικοί συνδυασμοί των αρχικών μεταβλητών, έτσι ώστε να είναι ασυσχέτιστες μεταξύ τους και να περιέχουν όσο το δυνατόν μεγαλύτερο μέρος της διακύμανσης των αρχικών μεταβλητών. Οι νέες μεταβλητές που παράγονται ονομάζονται Κύριες Συνιστώσες. Το τι επιτυγχάνεται από τη μέθοδο αυτή είναι ότι από ένα σύνολο συσχετισμένων μεταβλητών καταλήγουμε σε ένα σύνολο ασυσχέτιστων μεταβλητών, το οποίο είναι χρήσιμο για αρκετές στατιστικές μεθόδους. Επίσης, οι κύριες συνιστώσες που προκύπτουν μπορούν να ερμηνεύσουν το μεγαλύτερο ποσοστό της διακύμανσης, που σημαίνει πως καταλήγουμε σε ένα πιο μικρό αριθμό μεταβλητών από ότι είχαμε αρχικά, με κόστος ότι χάνουμε ένα μικρό ποσοστό της συνολικής μεταβλητότητας. Αυτό είναι πολύ σημαντικό ιδιαίτερα στις περιπτώσεις που έχουμε λίγες παρατηρήσεις και πολλές μεταβλητές. Συνεπώς, αν σε μια τέτοια περίπτωση θέλαμε να εφαρμόσουμε ένα (γενικευμένο) γραμμικό μοντέλο, η υπερπαραμετροποίηση του μοντέλου μπορεί να ξεπεραστεί χρησιμοποιώντας την παραπάνω μέθοδο.

## 2.11 Ανάπτυξη μοντέλων

Αρχικά τα μικροβιολογικά δεδομένα που συλλέχθηκαν στον εργαστηριακό χώρο επεξεργάστηκαν με το πρωτογενές μοντέλο Baranyi & Roberts (Baranyi & Roberts, 1994) και απεικονίσθηκαν γραφικά συναρτήσει του χρόνου σε καμπύλη ανάπτυξης. Η παράμετρος που υπολογίστηκε από το πρωτογενές μοντέλο είναι ο μέγιστος ειδικός ρυθμός αύξησης  $\mu_{max}$ . Η προσαρμογή των μικροβιακών δεδομένων που συγκεντώθηκαν κατά την πειραματική διαδικασία στο μοντέλο Baranyi & Roberts, έγινε με την χρήση του λογιστικού προγράμματος DMFit (Institute of Food Research, Reading, UK). Στη συνέχεια ο μέγιστος ειδικός ρυθμός αύξησης των δύο κυρίαρχων

αλλοιογόνων μικροοργανισμών αλλοίωσης μοντελοποιήθηκε συναρτήσει της θερμοκρασίας συντήρησης και της συγκέντρωσης του CO<sub>2</sub> με την χρήση του δευτερογενούς πολυωνυμικού μοντέλου. Η γενική εξίσωση του πολυωνυμικού μοντέλου είναι :

$$Y = \alpha_1 + \alpha_2 X_1 + \alpha_3 X_2 + \alpha_4 X_1^2 + \alpha_5 X_2^2 + \alpha_6 X_1 X_2$$

Όπου  $\alpha_1, \dots, \alpha_6$  σταθερές,  $X_1$  είναι η θερμοκρασία σε C,  $X_2$  η συγκέντρωση του CO<sub>2</sub> και  $Y$  η  $\mu_{max}$ .

Η επικύρωση των μοντέλων έγινε σε δύο επίπεδα. Αρχικά με την συντήρηση σαλατών ρόκας σε συνθήκες μεταβαλλόμενων θερμοκρασιών όπως αναφέρθηκε προηγουμένως και δευτερευόντως με την παραλαβή σαλατών ρόκας διαφορετικής ποικιλίας και διαφορετικής αέριας σύστασης τύπου Bryan που διατηρήθηκαν σε δύο διαφορετικά θερμοκρασιακά καθεστάτα.

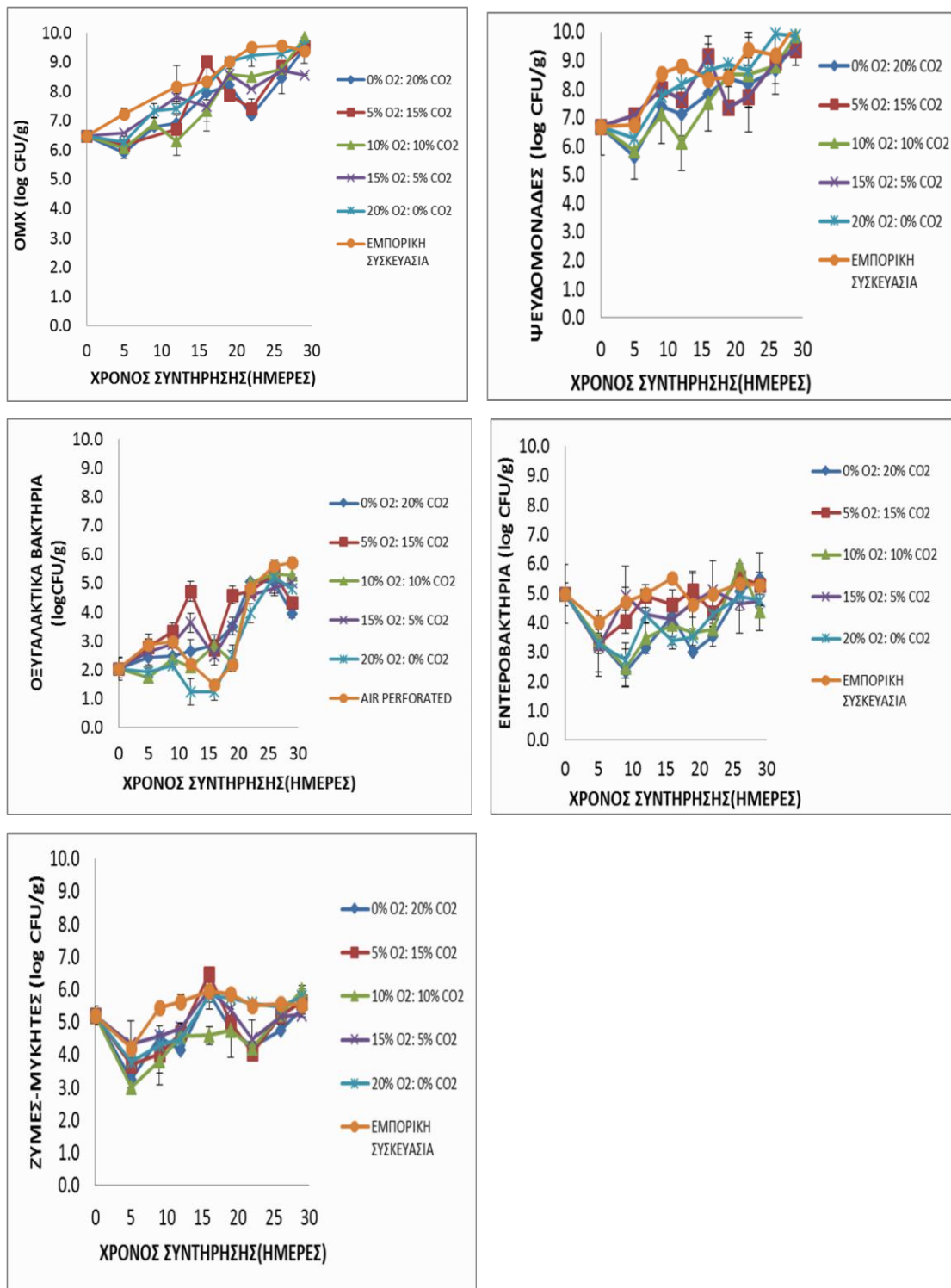
## 2.12 ΣΤΟΧΟΙ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

- 1) Να καθορίσει τον κατάλληλο μηχανισμό ατμοσφαιρικής σύνθεσης μέσα στην συσκευασία που ελέγχει την κυριαρχία των αερόβιων ή μικρό-αερόφιλων οργανισμών που επηρεάζουν το ποσοστό, τον τύπο και την ένταση της αλλοίωσης συναρτήσει της αρχικής θερμοκρασίας συντήρησης και του ποσοστού CO<sub>2</sub>.
- 2) Να αναγνωρίσει τον κυρίαρχο μηχανισμό της υποβάθμισης της ποιότητας της εμπορικά έτοιμης σαλάτας ρόκας συναρτήσει της αρχικής σύστασης ατμόσφαιρας και της αρχικής θερμοκρασίας αποθήκευσης.
- 3) Αναπτυξη κινιτικών και πολυμεταβλητών μαθηματικών μοντέλων, ενσωματώνοντας δεδομένα μικροβιολογικά, ποιοτικά, αλλά και πληροφορίες από μη παρεμβατικές μεθόδους όπως ανάλυση πολύφασματικής απεικόνισης.

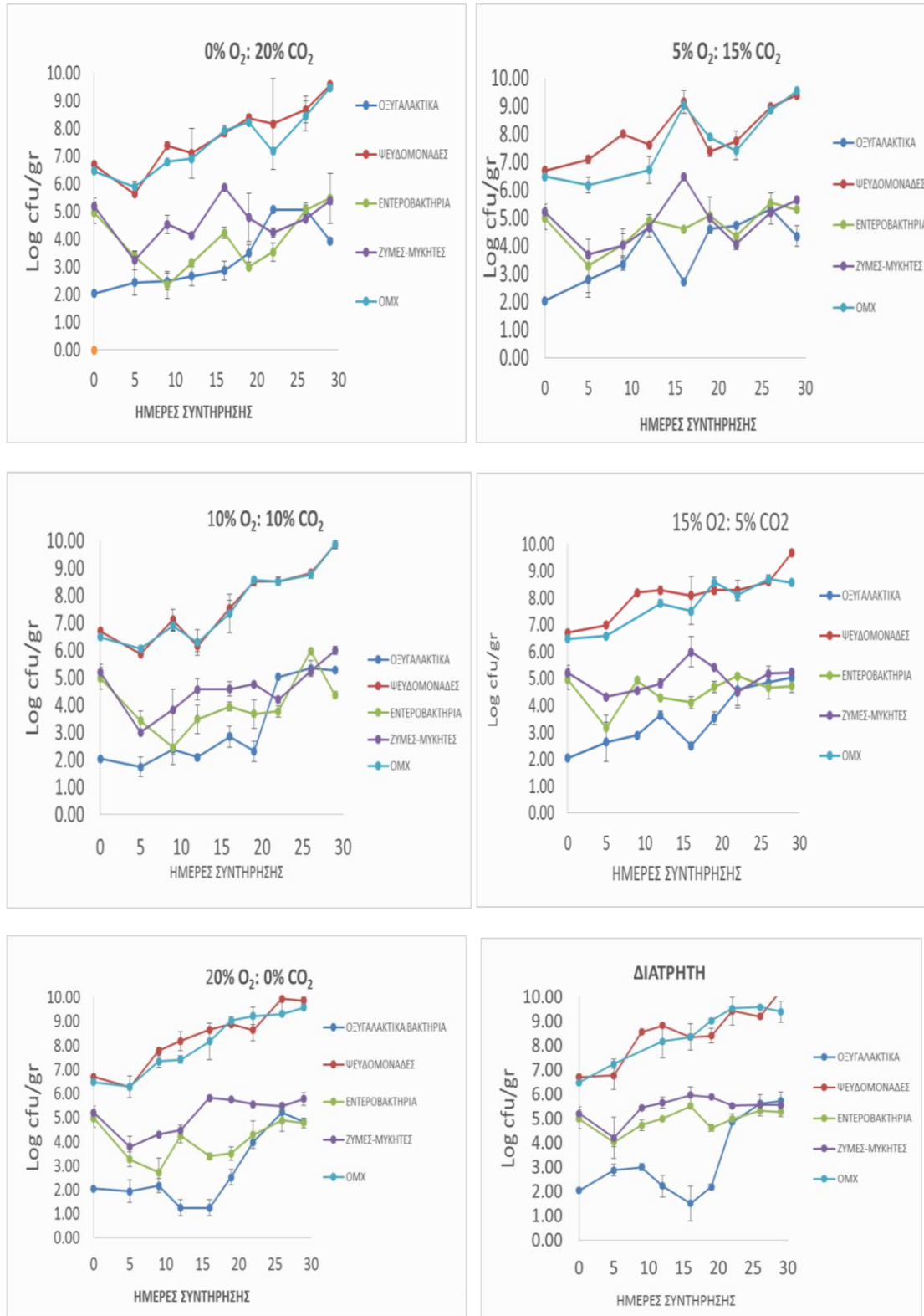
## 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

### 3.1. Μικροβιολογικές μετρήσεις και ανάπτυξη κινιτικών

Στα διαγράμματα που παρατίθενται στην συνέχεια αποτυπώνεται η πορεία των πέντε μικροβιολογικών ομάδων (ολική μεσόφιλη χλωρίδα, ψευδομονάδες, εντεροβακτήρια, οξυγαλακτικά βακτήρια, ζύμες-μύκητες), που εξετάστηκαν σε θερμοκρασίες 0°C, 5°C, 10°C, 15°C, σε έξι διαφορετικές τροποποιημένες ατμόσφαιρες που είναι οι 0%O<sub>2</sub>:20%CO<sub>2</sub>, 20%O<sub>2</sub>: 0%CO<sub>2</sub>, 10%O<sub>2</sub>:10%CO<sub>2</sub>, 5%O<sub>2</sub>:15%CO<sub>2</sub>, 15%O<sub>2</sub>:5%CO<sub>2</sub> και η εμπορική συσκευασία που είναι διαπερατή στον αέρα, σε έτοιμες, συσκευασμένες σαλάτες ρόκας έτοιμες προς κατανάλωση.



**Διάγραμμα 1.** Οι πληθυσμοί της ολικής μεσόφιλης χλωρίδας, των ψευδομονάδων, των οξυγαλακτικών, των εντεροβακτηρίων, και των ζυμών-μυκήτων, σε σαλάτα ρόκας, στους 0 °C για τις 6 διαφορετικές ΤΑ σε διάστημα 29 ημερών.



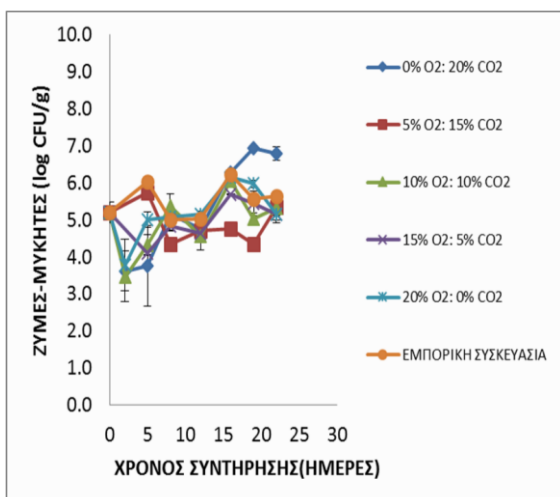
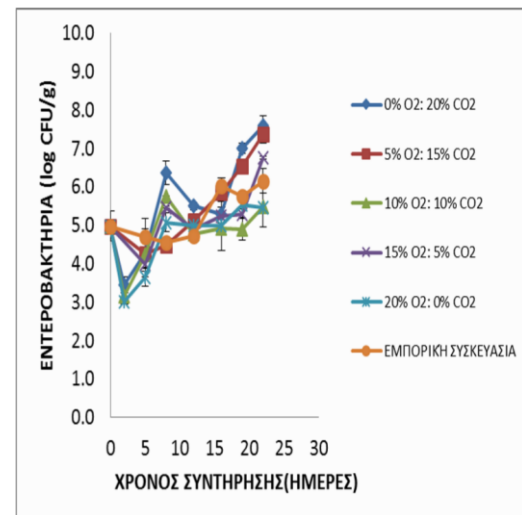
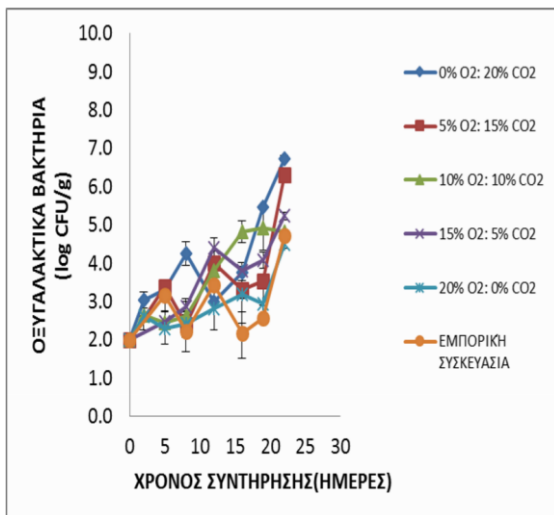
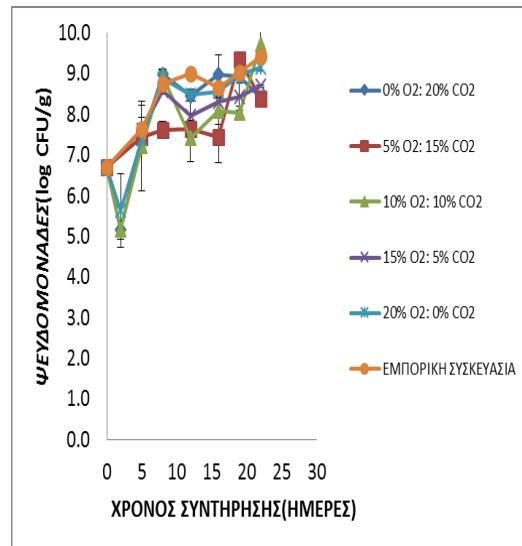
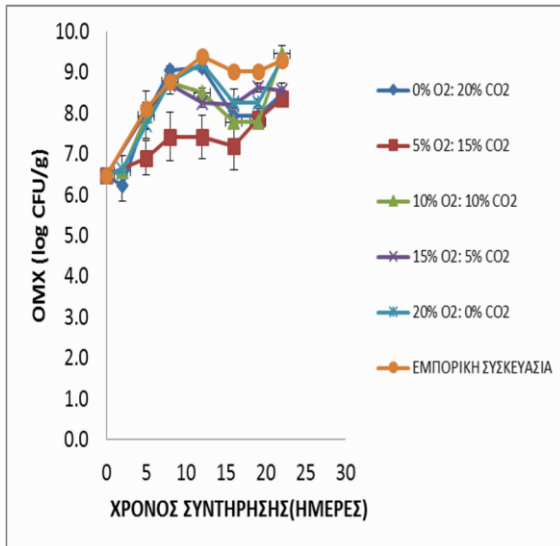
**Διαγραμμα 2.** Οι πληθυσμοί της ολικής μεσόφιλης χλωρίδας, των ψευδομονάδων, των οξυγαλακτικών, των εντεροβακτηρίων, και των ζυμών-μυκήτων, σε σαλάτα ρόκας, στους 0 °C όπως αυτοί μεταβάλλονται σε κάθε ΤΑ σε διάστημα 29 ημερών

Οι ψευδομονάδες στους  $0^{\circ}\text{C}$  είναι οι κυρίαρχοι μικροοργανισμοί σε όλες τις ΤΑ και την εμπορική συσκευασία. Αυτό φαίνεται και στο **Διάγραμμα 2** όπου σε όλες τις ΤΑ ο πλυθυσμός τους υπερβαίνει των υπολοίπων και στην ΤΑ 10%O<sub>2</sub>:10%CO<sub>2</sub> σχεδόν ταυτίζεται με την OMX. Παρ' όλα αυτά είναι εμφανής η αναστολή της ανάπτυξης τους στις συσκευασίες με παρουσία CO<sub>2</sub>. Έτσι λοιπόν η πορεία της OMX επηρεάζεται κυρίως από τον πληθυσμό των ψευδομονάδων. Στην εμπορική συσκευασία καθ' όλη την διάρκεια του πειράματος παρουσιάζει αυξητική τάση και μέχρι και την 15<sup>η</sup> ημέρα ο πληθυσμός της OMX από 6.5 log cfu/gr έχει ανέλθει στα 8.3 log cfu/gr (**Διάγραμμα 1**). Αυτό αποδίδεται στο γεγονός ότι στην εμπορική συσκευασία η οποία είναι περατή στον αέρα υπάρχει επαρκής αναπλήρωση O<sub>2</sub> που το διατηρείται σε υψηλά επίπεδα (**Διάγραμμα 9**), και οι ψευδομονάδες σαν αερόβια βακτήρια με οξειδωτικό μεταβολισμό και με υψηλότερο αρχικό πλυθυσμό πλεονεκτούν των υπολοίπων μικροοργανισμών. Στις ΤΑ με ποσοστά 10%O<sub>2</sub>:10%CO<sub>2</sub> και 0%O<sub>2</sub>:20%CO<sub>2</sub> φαίνεται ότι η παρουσία CO<sub>2</sub> επιδρά ανασταλτικά στην OMX γιατί μέχρι και την 12<sup>η</sup> ημέρα ο πληθυσμός της παραμένει σταθερός. Αυτό οφείλεται στο ότι οι ψευδομονάδες σαν υποχρεωτικά αερόβιοι οργανισμοί δεν μπορούν να αναπτυχθούν στην απουσία O<sub>2</sub> και ο πληθυσμός τους στις παραπάνω ΤΑ είναι μικρότερος σε σύγκριση με τις υπόλοιπες (**Διάγραμμα 1**). Συγκεκριμένα τις 5 πρώτες ημέρες στην 10%O<sub>2</sub>:10%CO<sub>2</sub> οι ψευδομονάδες σημειώνουν πτώση από 6.7 στα 5.9 log cfu/gr και την 9<sup>η</sup> ημέρα είναι στα ίδια επίπεδα με τον αρχικό πληθυσμό. Το αποτέλεσμα αυτό έρχεται σε συμφωνία με τις μετρήσεις των αερίων στην εμπορική συσκευασία αφού το ποσοστό του O<sub>2</sub> λόγω της περατότητας της μεμβράνης παραμένει υψηλά αλλά και στην 20%O<sub>2</sub>:0%CO<sub>2</sub> που το αρχικό ποσοστό O<sub>2</sub> παραμένει σε υψηλά επίπεδα και ευνοεί την ανάπτυξη των αερόβιων ψευδομονάδων έναντι των υπολοίπων μικροοργανισμών. Τα οξυγαλακτικά βακτήρια μέχρι και την 12<sup>η</sup> ημέρα ευνοούνται στην ΤΑ 5%O<sub>2</sub>:15%CO<sub>2</sub> (**Διάγραμμα 1**) αφού παρουσιάζουν μία αύξηση της τάξεως των 2,7 log cfu/gr και έπειτα παρουσιάζουν μια απότομη πτώση λόγω του ανταγωνισμού που υφίστανται από τις ψευδομονάδες. Η μεγαλύτερη ανασταλτική δράση φαίνεται να είναι στην εμπορική συσκευασία και την ΤΑ με 20% O<sub>2</sub> όπως είναι αναμενόμενο, αφού τα οξυγαλακτικά είναι αναερόβια βακτήρια με ζυμωτικό μεταβολισμό. Τα εντεροβακτήρια φαίνεται ότι επηρεάζονται λιγότερο στην εμπορική συσκευασία αφού ο πλυθυσμός τους παραμένει σταθερός (**Διάγραμμα 1**). Οι ζύμες – μύκητες με αρχικό φορτίο 5.2 τις πρώτες 5 μέρες υφίστανται μια πτώση σε όλες τις

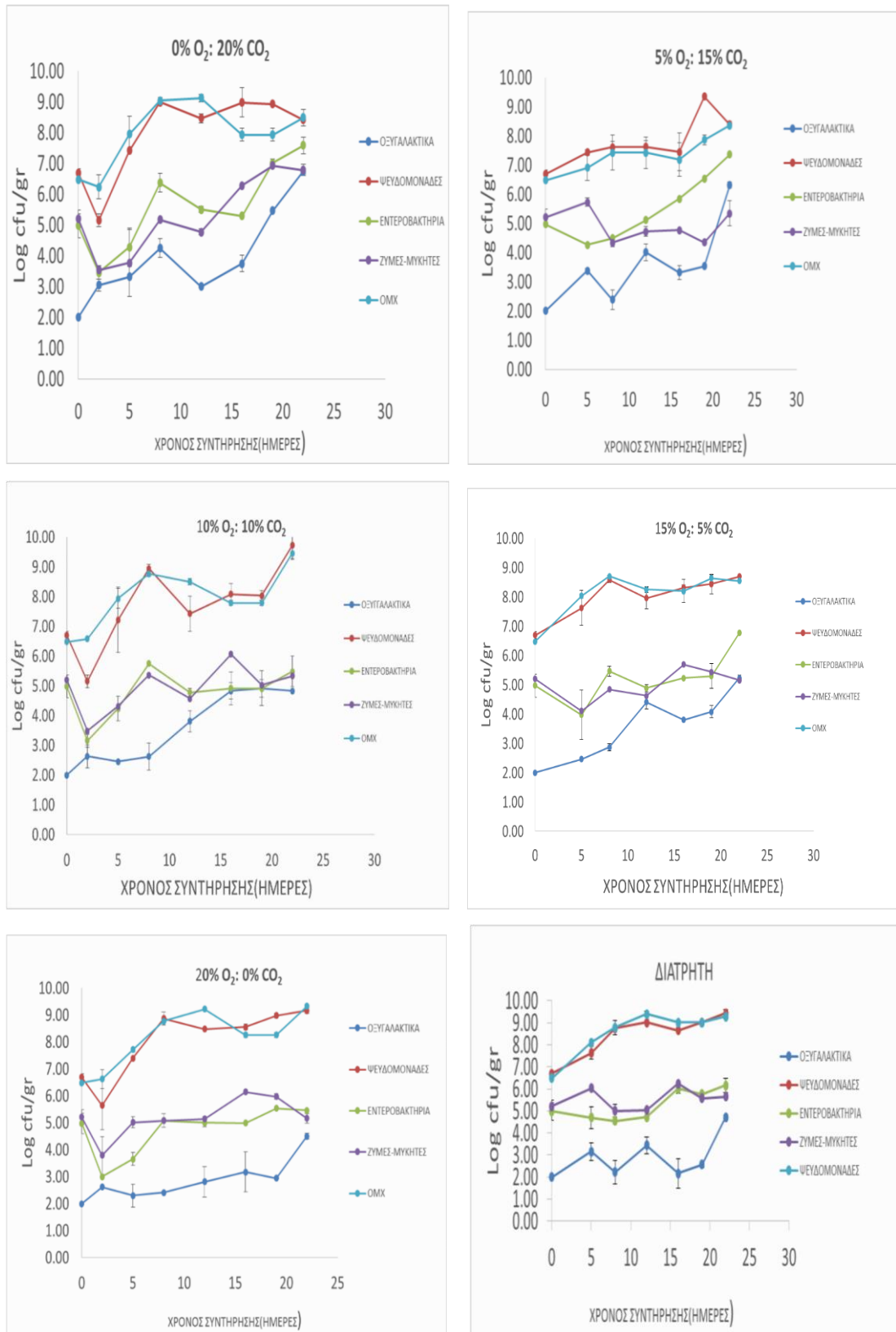
ΤΑ. Στην σύσταση 10%O<sub>2</sub>:10%CO<sub>2</sub> όμως παρατηρείται η μεγαλύτερη και μέχρι και την 16 ημέρα του πειράματος ο πληθυσμός τους δεν ξεπερνά τον αρχικό. Αντίθετα στην εμπορική

συσκευασία οι ζύμες και οι μύκητες διατηρούν τον αρχικό τους πληθυσμό αφού ο ανταγωνισμός με τα βακτήρια δεν τους επιτρέπει την αναπτυξή τους. Παρ όλα αυτά, στους 0 °C οι ζύμες-μύκητες αποτελούν τους κυρίαρχους μικροοργανισμούς μαζί με τις ψευδομονάδες. Αυτό προφανώς οφείλεται στο αυξημένο αρχικό μικροβιολογικό φορτίο των δύο παραπάνω πληθυσμών.





**Διαγραμμα 3.** Οι πληθυσμοί της ολικής μεσόφιλης χλωρίδας, των ψευδομονάδων, των οξυγαλακτικών, των εντεροβακτηρίων, και των ζυμών-μυκήτων, σε σαλάτα ρόκας, στους 5 °C για τις 6 διαφορετικές ΤΑ σε διάστημα 22 ημερών.

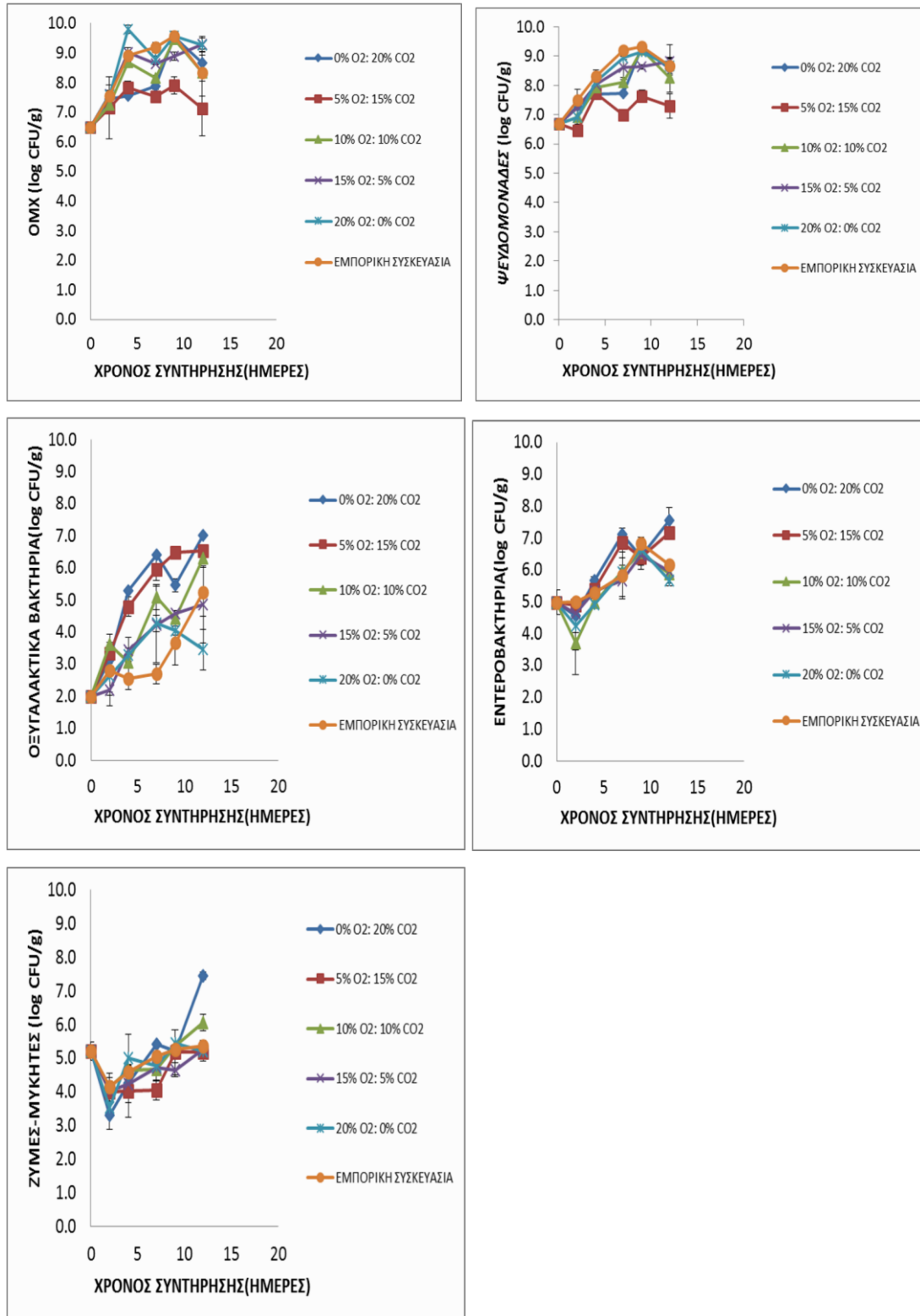


**Διάγραμμα 4.** Οι πληθυσμοί της ολικής μεσόφιλης χλωρίδας, των ψευδομονάδων, των οξυγαλακτικών, των εντεροβακτηρίων, και των ζυμών-μυκήτων, σε σαλάτα ρόκας, στους 5 °C όπως αυτοί μεταβάλλονται σε κάθε ΤΑ σε διάστημα 22 ημερών.

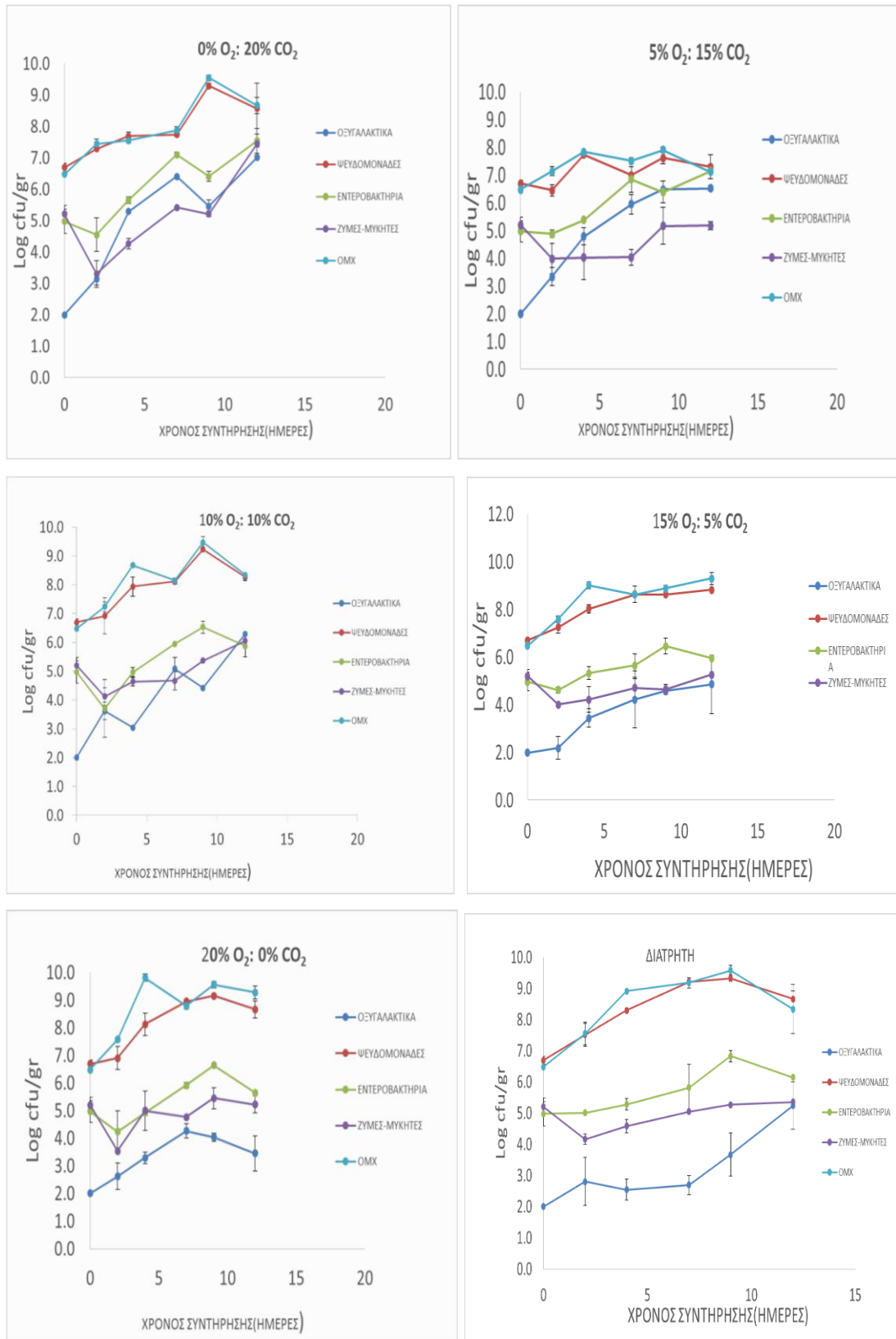
Στους 5 °C η OMX παρουσιάζει ταχύτερη ανάπτυξη τις πρώτες κιόλας ημέρες του πειράματος σε όλες τις συσκευασίες σε σχέση με τους 0 °C. Ειδικότερα στην εμπορική συσκευασία όπου και πάλι δείχνει την μεγαλύτερη ανάπτυξη σε σχέση με τις υπόλοιπες η OMX με αρχικό πλυθισμό 6.5 log cfu/gr την 5<sup>η</sup> ημέρα βρίσκεται στα 8.1 log cfu/gr και την 9<sup>η</sup> ημέρα στα 9.0 log cfu/gr αντίστοιχα (**Διαγραμμα 3**). Η μόνη ΤΑ που δείχνει

να έχει αποτελεσματική επίδραση στους 5 °C στην OMX είναι η ΤΑ με ποσοστό 15%CO<sub>2</sub> και αυτό οφείλεται στο ότι οι ψευδομονάδες σε αυτές τις συνθήκες λόγω έλλειψης O<sub>2</sub> υφίστανται τον ανταγωνισμό των εντεροβακτηρίων και των οξυγαλακτικών και μέχρι την 15<sup>η</sup> ημέρα παραμένουν σταθερές (**Διαγραμμα 4**). Το προηγούμενο συμφωνεί και με τα αποτελέσματα της μέτρησης αερίων καθώς στην ΤΑ με 5%O<sub>2</sub>:15%CO<sub>2</sub> το ποσοστό του CO<sub>2</sub> παραμένει υψηλά καθ όλη την διάρκεια του πειράματος (**Διαγραμμα 10**). Τα οξυγαλακτικά και σε αυτήν την θερμοκρασία όπως και στους 0°C είναι η ομάδα με τους μικρότερους πλυθισμούς καθώς δεν μπορούν να ανταγωνιστούν τους υψηλούς αρχικούς πλυθισμούς των υπολοίπων. Την μεγαλύτερη ανάπτυξη την έχουν, όπως είναι αναμενόμενο στην αέρια σύσταση με υψηλά ποσοστά CO<sub>2</sub> αφού στην αέρια σύσταση με 20% CO<sub>2</sub> με αρχικό πλυθισμό 2 log cfu/gr την 8<sup>η</sup> ημέρα ανέβηκαν στα 4.25 log cfu/gr (**Διαγραμμα 4**). Αντίθετα στην εμπορική συσκευασία δεν σημειώνεται ανάπτυξη πάνω από 1.5 log cfu/gr και στον αέρα ο πλυθισμός τους παραμένει σχεδόν σταθερός (**Διαγραμμα 4**). Τα εντεροβακτήρια ευνοούνται περισσότερο στους 5 °C στην συσκευασία με ποσοστό 20 %CO<sub>2</sub> αφού την 8<sup>η</sup> ημέρα έχουν αυξηθεί κατά 1.5 log cfu/gr ευνοημένα από την υψηλή συγκέντρωση του CO<sub>2</sub> ενώ στην εμπορική συσκευασία και στην 10%O<sub>2</sub>:10%CO<sub>2</sub> όπως και στους 0 °C παραμένει σχεδόν σταθερός αφού δεν αυξάνει πάνω από 0.5 log cfu/gr. Οι ζύμες-

μύκητες ευνοούνται περισσότερο στην εμπορική συσκευασία χωρίς όμως να παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές με τους 0 °C. Στους 5 °C στις συσκευασίες όπου υπάρχει O<sub>2</sub>, οι ζύμες-μύκητες ανταγωνίζονται για την 2<sup>η</sup> θέση και κυμαίνονται στα ίδια επίπεδα με τα εντεροβακτήρια ενώ ξεκάθαρα στις συσκευασίες με 20% και 15% CO<sub>2</sub> τα εντεροβακτήρια υπερέχουν έναντι των ζυμών και μυκήτων και είναι η δεύτερη αλλοιογόνο χλωρίδα (**Διαγραμμα 4**) ευνοημένα από τις συνθήκες CO<sub>2</sub> που επικρατούν (**Διαγραμμα 10**). Στην εμπορική συσκευασία τα εντεροβακτήρια όπως και οι ζύμες μύκητες δεν παρουσιάζουν μεγάλη αύξηση σε αντίθεση με τις ψευδομονάδες που αποτελούν την κυριότερη αλλοιογόνο χλωρίδα

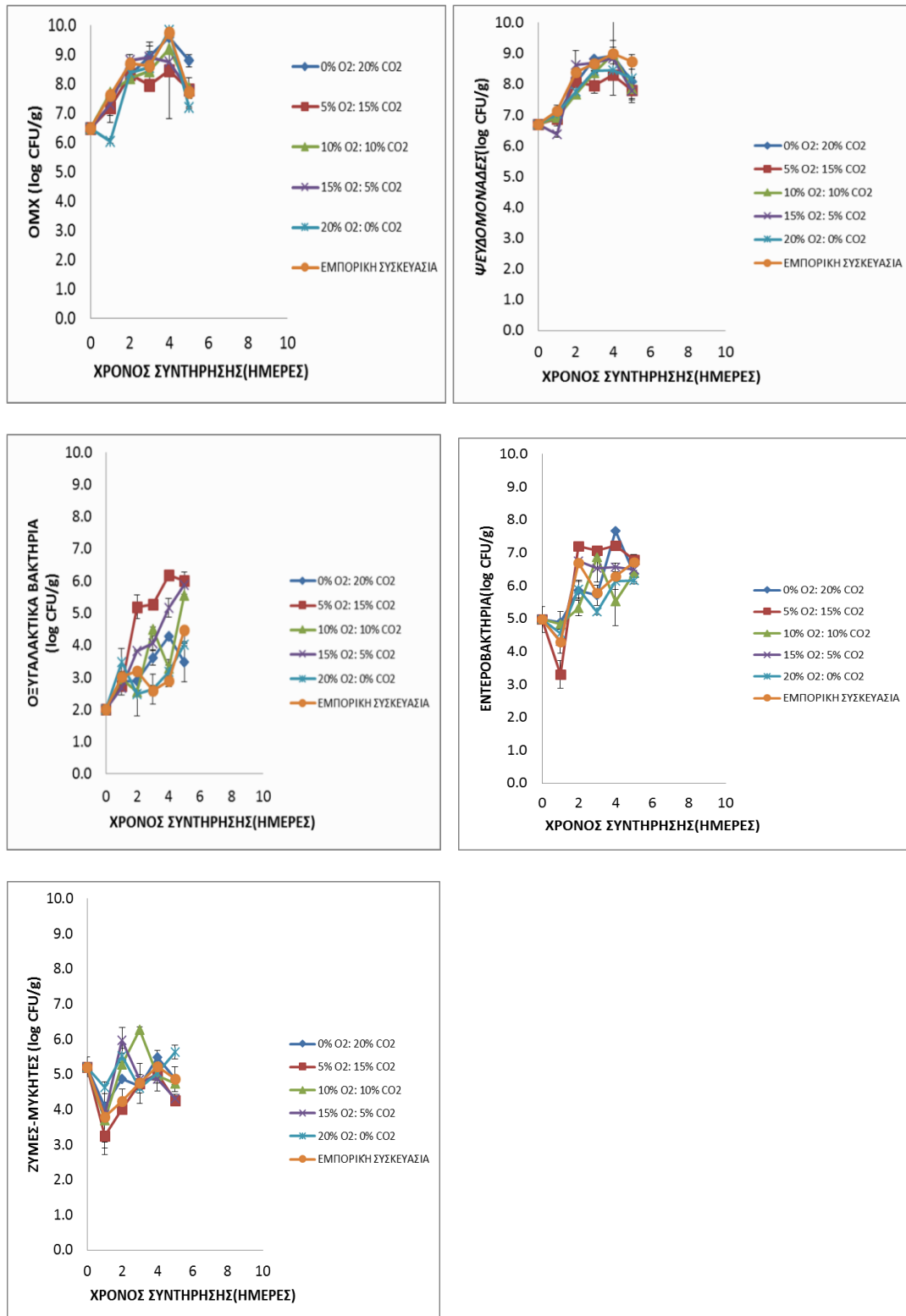


**Διάγραμμα 5.** Οι πληθυσμοί της ολικής μεσόφιλης χλωρίδας, των ψευδομονάδων, των οξυγαλακτικών, των εντεροβακτηρίων, και των ζυμών-μυκήτων, σε σαλάτα ρόκας, στους 10<sup>0</sup>C για τις 6 διαφορετικές ΤΑ σε διάστημα 12 ημερών.

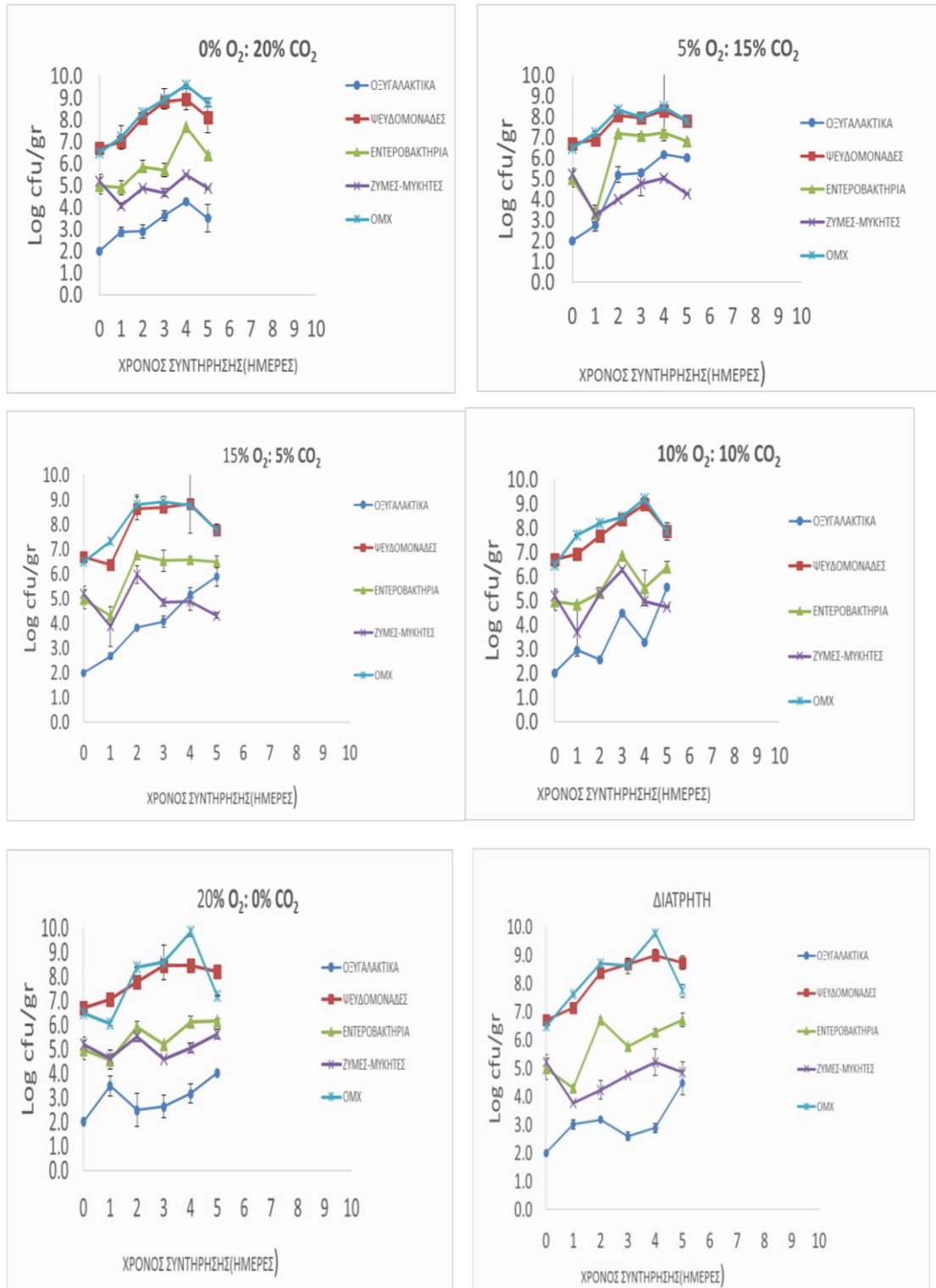


**Διάγραμμα 6.** Οι πληθυσμοί της ολικής μεσόφιλης χλωρίδας, των ψευδομονάδων, των οξυγαλακτικών, των εντεροβακτηρίων, και των ζυμών-μυκήτων, σε σαλάτα ρόκας, στους 10 °C όπως αυτοί μεταβάλλονται σε κάθε ΤΑ σε διάστημα 12 ημερών.

Στους 10 °C η εικόνα της OMX είναι η ίδια με αυτήν των 5 °C αλλά είναι ταχύτερη σε όλες τις συσκευασίες καθώς στην εμπορική συσκευασία και στην TA με 20% CO<sub>2</sub> ήδη από την 4<sup>η</sup> ημέρα έχουν αυξηθεί κατά 2.5 log cfu/gr (**Διαγραμμα 5 και 6**). Το ίδιο ισχύει και με τις ψευδομονάδες αφού όπως στους 5°C την μεγαλύτερη επίδραση την δέχονται στην στην συσκευασία με 15% CO<sub>2</sub> όπου ο πλυθισμός τους παραμένει στα χαμηλότερα επίπεδα και μετά την 4<sup>η</sup> ημέρα δεν ξεπερνά τους 7.5 log cfu/gr (**Διαγραμμα 5**). Τα οξυγαλακτικά στους 10 °C δείχνουν να ευνοούνται ξεκάθαρα στις 0%O<sub>2</sub>:20%CO<sub>2</sub> και 5 %O<sub>2</sub>:15%CO<sub>2</sub> (**Διαγραμμα 5**), αφού την 4<sup>η</sup> ημέρα του πειράματος έχουν αυξηθεί κατά 2.8 log cfu/gr και 3.3 log cfu/gr αντίστοιχα. Την μεγαλύτερη επίδραση τα οξυγαλακτικά την δέχονται στην εμπορική συσκευασία αφού μέχρι και την 7<sup>η</sup> ημέρα δεν έχουν αυξηθεί πάνω από 1 log cfu/gr στη συνέχεια όμως αυξάνονται αφού αυξάνεται και το ποσοστό του CO<sub>2</sub> στην συσκευασία (**Διαγραμμα 11**). Το ίδιο συμβαίνει και με τα εντεροβακτήρια αφού στις ίδιες TA ευνοούνται περισσότερο και την 7<sup>η</sup> ημέρα έχουν αναπτύξει πληθυσμούς 7.1 log cfu/gr και 6.8 log cfu/gr στις παραπάνω TA ενώ στην εμπορική συσκευασία δεν έχουν ξεπεράσει τα 6.8 log cfu/gr μέχρι και την 9<sup>η</sup> ημέρα (**Διαγραμμα 5 και 6**). Στους 10 °C επικρατούν οι ψευδομονάδες και τα εντεροβακτήρια ανεξαρτήτου συσκευασίας ενώ στους 5 °C τα εντεροβακτήρια κυμαίνονται στα ίδια επίπεδα με τις ζυμες και μύκητες και υπερτερούν στις συσκευασίες με υψηλό ποσοστό CO<sub>2</sub> (**Διαγραμμα 6**).



**Διάγραμμα 7.** Οι πληθυσμοί της ολικής μεσόφιλης χλωρίδας, των ψευδομονάδων, των οξυγαλακτικών, των εντεροβακτηρίων, και των ζυμών-μυκήτων, σε σαλάτα ρόκας, στους **15<sup>0</sup>C** για τις 6 διαφορετικές ΤΑ σε διάστημα 5 ημερών.



**Διάγραμμα 8.** Οι πληθυσμοί της ολικής μεσόφιλης χλωρίδας, των ψευδομονάδων, των οξυγαλακτικών, των εντεροβακτηρίων, και των ζυμών-μυκήτων, σε σαλάτα ρόκας, στους 15°C όπως αυτοί μεταβάλλονται σε κάθε ΤΑ σε διάστημα 5 ημερών.



Στους 15 °C η OMX αναπτύσσεται ακόμη πιο γρήγορα με την αύξηση της θερμοκρασίας σε όλες τις συσκευασίες ανεξαρτήτως ΤΑ και το ίδιο ισχύει με τις ψευδομονάδες που αυξάνονται σε όλες τις συσκευασίες (**Διαγραμμα 7**) και μαζί με τα εντεροβακτήρια αποτελούν τους κυρίαρχους μικροοργανισμούς. Τα οξυγαλακτικά ευνοούνται ξεκάθαρα στην συσκευασία με 15% CO<sub>2</sub> (**Διαγραμμα 7**) . Οι ζύμες και οι μύκητες παραμένουν σταθεροί σε όλες τις συσκευασίες εξαιτίας του ανταγωνισμού των βακτηρίων.

Όπως είναι γνωστό με την αύξηση της θερμοκρασίας συντήρησης, οι φυσικοχημικές λειτουργίες που επιφέρουν την αλλοίωση στα φρέσκα λαχανικά επιταχύνονται . Παραδείγματος χάριν , η OMX στην εμπορική συσκευασία στους 0 °C ανέρχεται στα 7.2 log cfu/gr την 5<sup>η</sup> ημέρα, στους 5<sup>0</sup>C στα 8.1 log cfu/gr την 5<sup>η</sup> ημέρα, στους 10<sup>0</sup>C στα 8.9 την 4<sup>η</sup> ημέρα και τέλος στους 15<sup>0</sup>C στα 9.8 την 4<sup>η</sup> ημέρα. Η γρήγορη αλλοίωση που επέρχεται στις υψηλές θερμοκρασίες εξηγεί γιατί με την αύξηση της θερμοκρασίας συντήρησης που αποθηκεύτηκαν οι σαλάτες ρόκας το πείραμα διήρκησε λιγότερες ημέρες. Επιπλέον στις υψηλότερες θερμοκρασίες αναπτύσσονται και μεγαλύτερα μικροβιακά φορτία.

Λόγω αποθήκευσης σε χαμηλή θερμοκρασία, ο μικροβιακός πληθυσμός σε λαχανικά αναμένεται να κυριαρχείται από ψυχρότροφους μικροοργανισμούς (Zagory, 1999). Αυτό έδειξαν και οι Gimenez et al(2003) και Hong and Kim(2004), που επίσης βρήκαν ότι αυτοί οι μικροοργανισμοί μπορούν να αναπτυχθούν στις ίδιες συνθήκες επώασης κατάλληλες για μεσόφιλους μικροοργανισμούς. Έτσι κι εδώ, παρατηρούμε ότι στους 0°C και 5°C κυριαρχούν οι ψυχρόφιλες ψευδομονάδες, ενώ όσο η θερμοκρασία αυξάνεται, μαζί με τις ψευδομονάδες κυριαρχούν και τα μεσόφιλα εντεροβακτήρια. Στην πλήρη επικράτηση των ψευδομονάδων σημαντικό ρόλο παίζει και το υψηλό αρχικό μικροβιακό φορτίο τους που τους δίνει πλεονέκτημα ανταγωνισμού έναντι των υπολοίπων μικροοργανισμών.

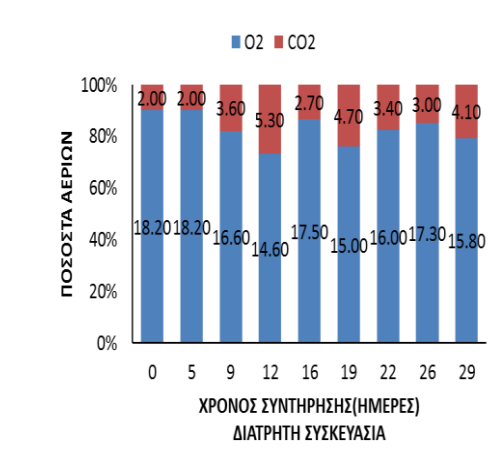
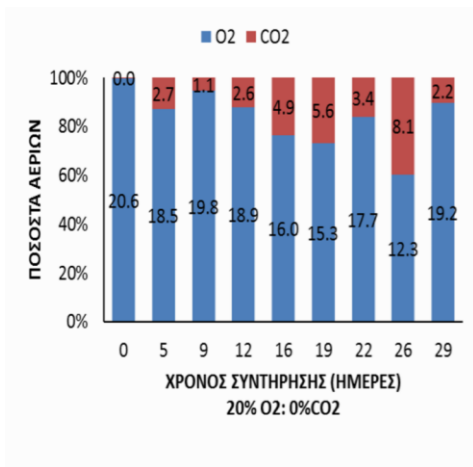
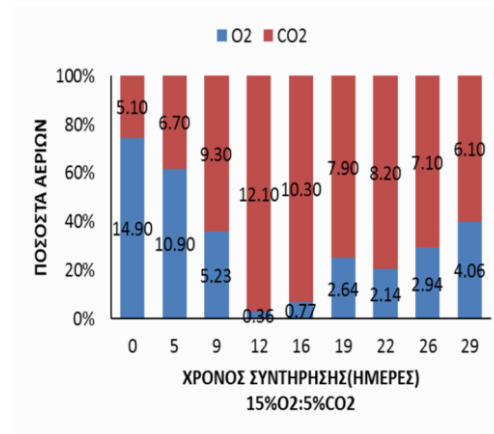
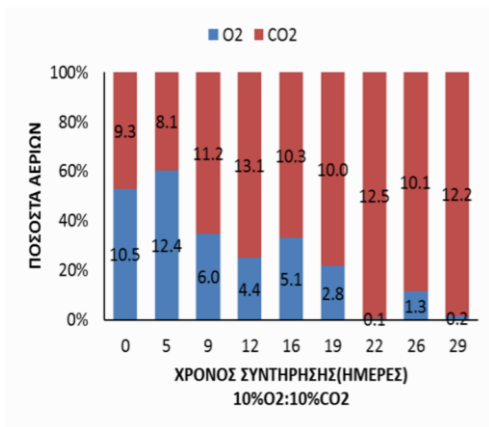
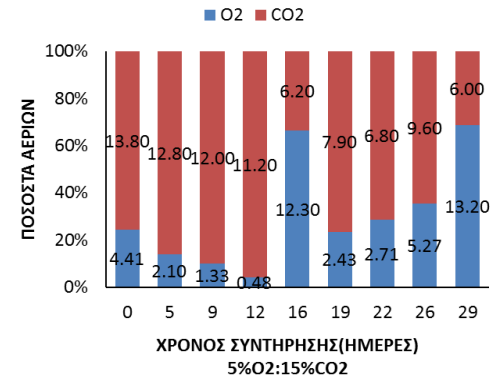
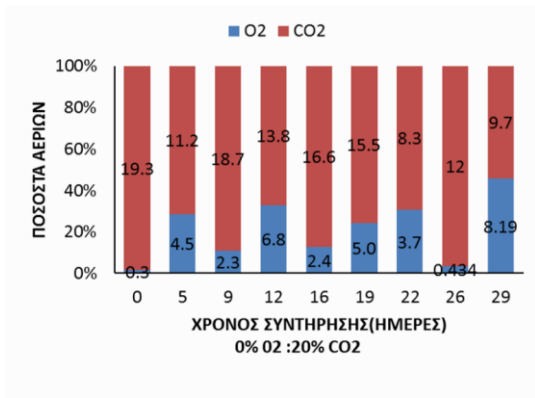
Οι ψευδομονάδες φαίνεται να δέχονται την μεγαλύτερη ανασταλτική επίδραση στις συσκευασίες με περίσσεια CO<sub>2</sub>. Ειδικότερα στην ΤΑ με σύσταση 5% O<sub>2</sub>:15% CO<sub>2</sub> σημειώνονται οι μικρότεροι πληθυσμοί σχεδόν σε όλες τις θερμοκρασίες. Παρόμοια αποτελέσματα αναστολής ψευδομονάδων έχουν βρεθεί από τους Arvanitoyannis et al.

(2011) για φύλλα ρόκας που αποθηκεύτηκαν στους 5°C σε αναλογία 5% O<sub>2</sub>:10% CO<sub>2</sub>. Τα ίδια αποτελέσματα είχαν και οι Martinez-Sanchez et al.(2005) για ρόκα που συντηρήθηκε στους 5°C με την σύσταση 5% O<sub>2</sub>:10% CO<sub>2</sub>.

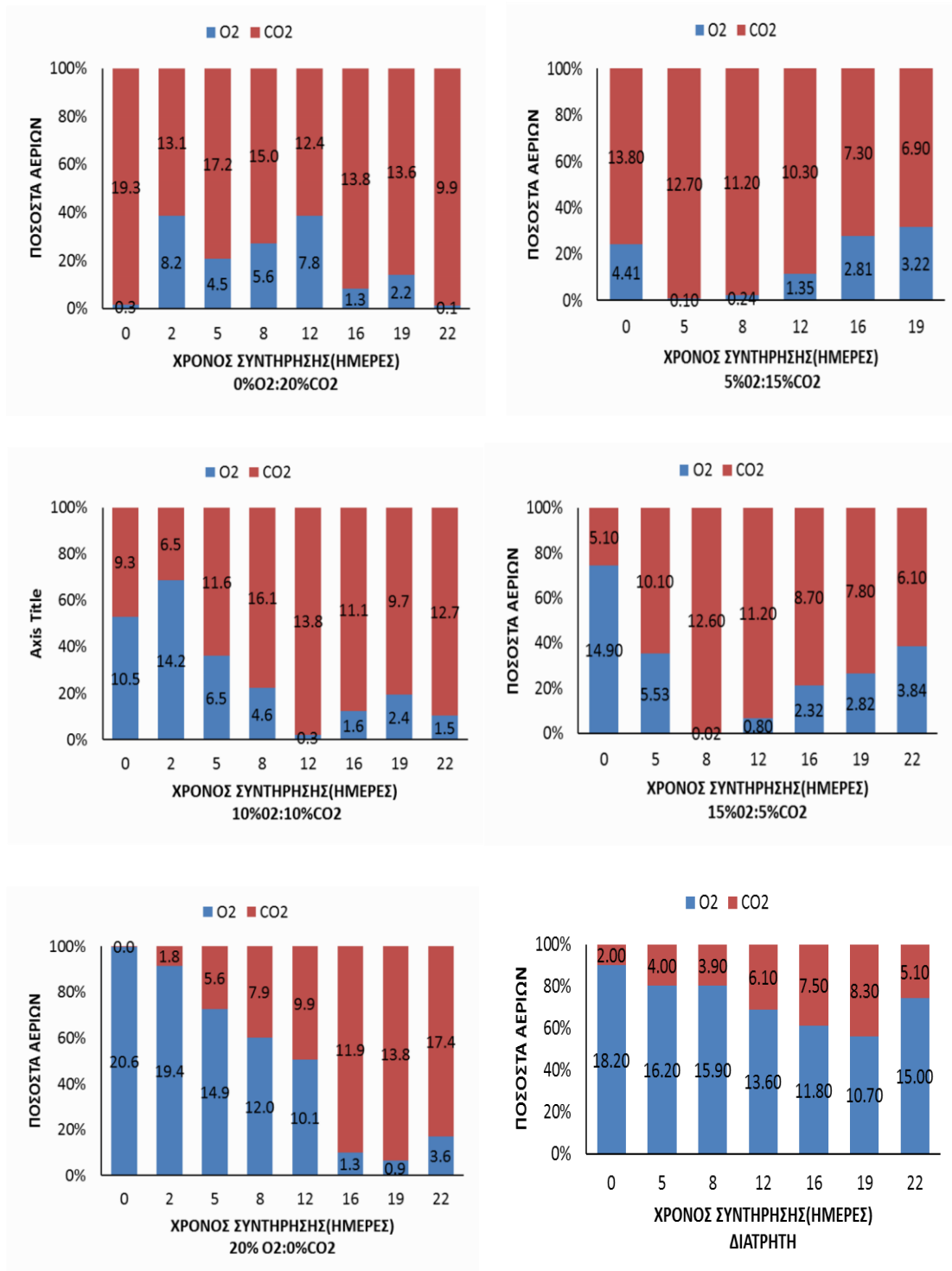
Τα οξυγαλακτικά βακτήρια φαίνεται να έχουν την μικρότερη ανάπτυξη στην εμπορική συσκευασία για όλες τις θερμοκρασίες συντήρησης. Η θετική επίδραση του υψηλού CO<sub>2</sub> στην ανάπτυξή τους γίνεται εμφανής περισσότερο στις υψηλές θερμοκρασίες. Λαμβάνοντας υπόψιν το μικροβιολογικό όριο των 8 log cfu/gr που προτείνεται από τον Debevere (1996) για την κατανάλωση των φρέσκων κομμένων λαχανικών για τα μεσόφιλα αερόβια βακτήρια, η ρόκα που βρίσκεται στην εμπορική διάτρητη συσκευασία είναι δυνατόν να καταναλωθεί στις 12 ημέρες αν συντηρείται στους 0°C, στις 5 ημέρες στους 5°C, στις 3 ημέρες για συντήρηση στους 10 °C και τέλος μόλις 2 ημέρες αν παραμείνει στους 15°C. Αξιοσημείωτο είναι ότι για τις συσκευασίες με υψηλό ποσοστό CO<sub>2</sub> η μικροβιολογική διάρκεια ζωής παρατείνεται. Συγκεκριμένα στην συσκευασία με αναλογία 10% O<sub>2</sub>:10% CO<sub>2</sub> μέχρι και την 16<sup>η</sup> ημέρα στους 0°C δείχνει ότι δεν έχει υπερβεί το μικροβιολογικό όριο. Έχει επεκτείνει δηλαδή τον χρόνο ζωής του λαχανικού κατά 4 ημέρες σε σχέση με την εμπορική συσκευασία. Επιπλέον και η συσκευασία των 15% O<sub>2</sub>:5% CO<sub>2</sub> για συντήρηση στους 5°C και στους 10°C μέχρι και το τέλος σχεδόν του πειράματος δεν ξεπέρασε το μικροβιολογικό όριο. Σε παρόμοια συμπεράσματα κατέληξε και οι Martinez-Sanchez et al.(2006) που παρατήρησαν ότι ρόκα που συντηρήθηκε στον αέρα είχε μικρότερη διάρκεια ζωής εν συγκρίσει με δείγματα ρόκας που διατηρήθηκαν σε αναλογίες 5% O<sub>2</sub>:10% CO<sub>2</sub>. Τα προηγούμενα οδηγούν στην κατεύθυνση ότι ίσως οι παραπάνω αναλογίες αερίων σε ΤΑ για την συντήρηση των σαλατών ρόκας πρέπει να μελετηθούν εκτενέστερα για την συμβολή τους στην επέκταση του χρόνου διάρκειας ζωής.

### **3.2. Αποτελέσματα μέτρησης αερίων τροποποιημένων ατμοσφαιρών (ΤΑ).**

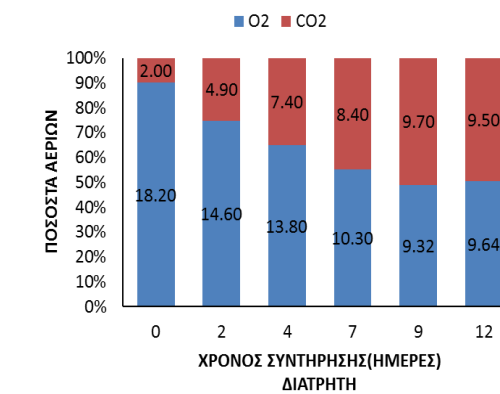
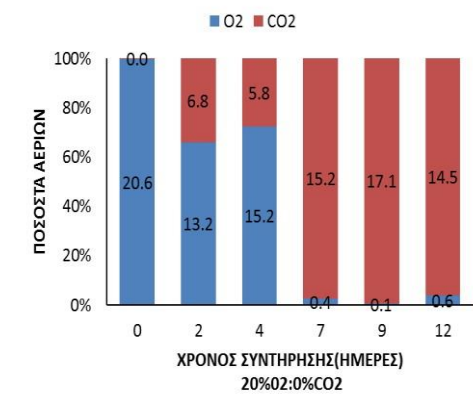
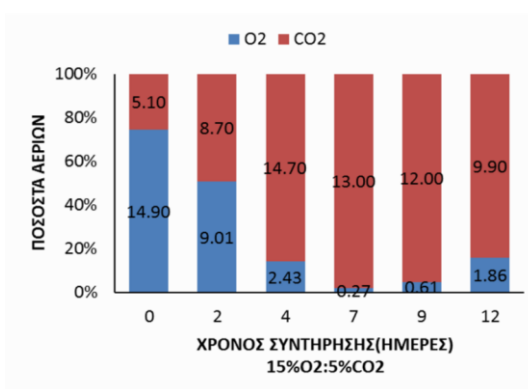
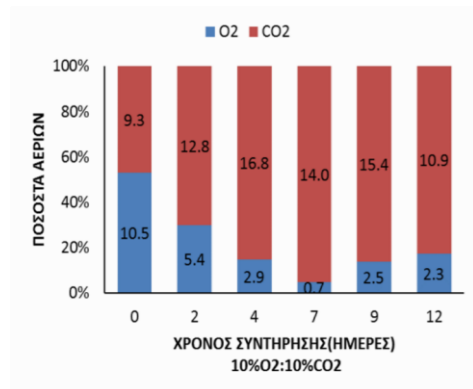
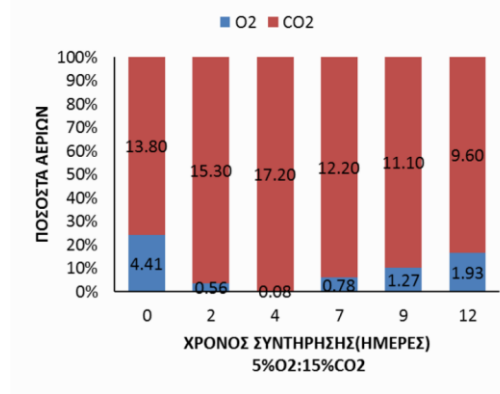
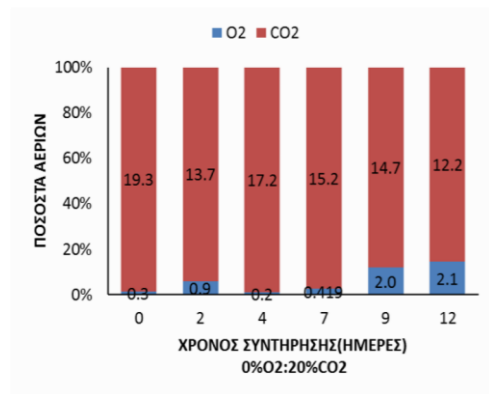
Ακολουθούν οι μετρήσεις της αέριας σύστασης σε κάθε συσκευασία για κάθε θερμοκρασία και για κάθε διαφορετική ΤΑ, όπως αυτή μετρήθηκε πριν από την έναρξη κάθε δειγματοληψίας.



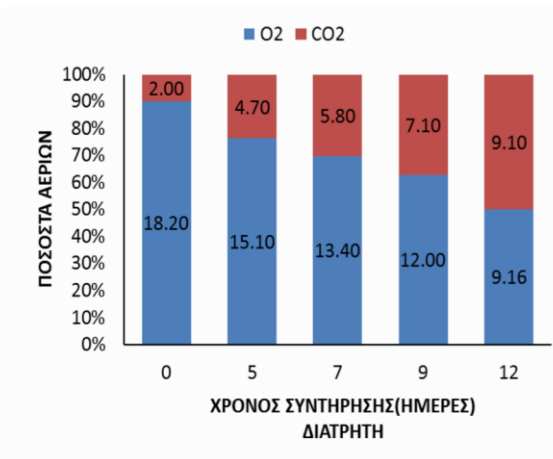
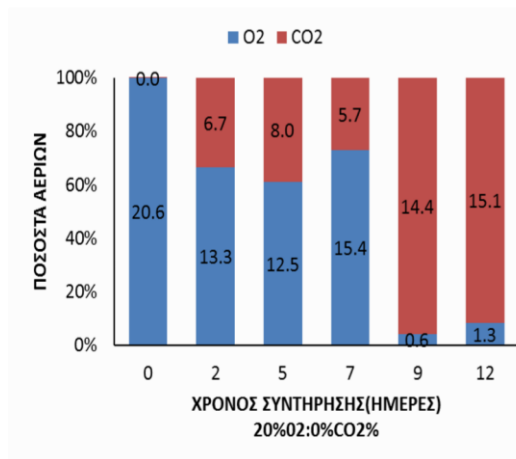
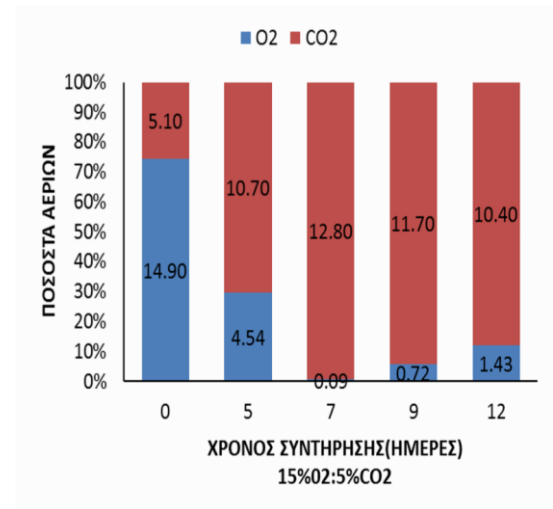
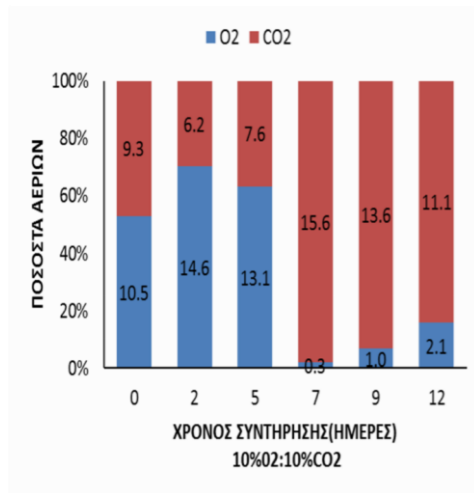
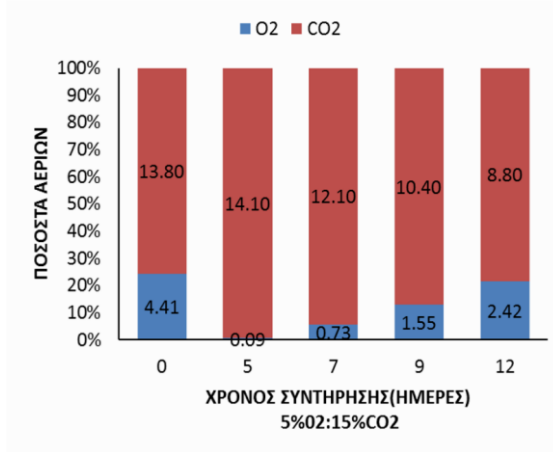
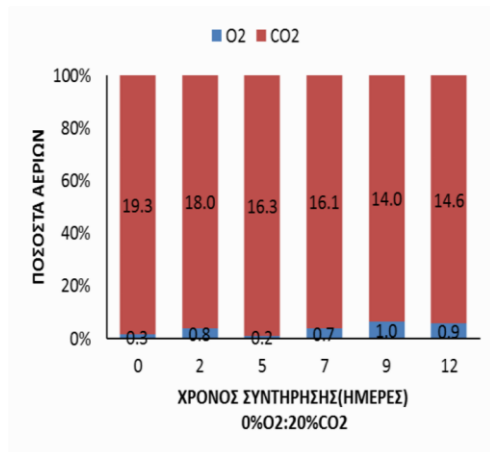
**Διάγραμμα 9.** Ποσοστά αερίων τροποποιημένων ατμοσφαιρων όπως αυτά μετρήθηκαν σε σαλάτα ρόκας που αποθηκεύτηκαν στους 0 °C.



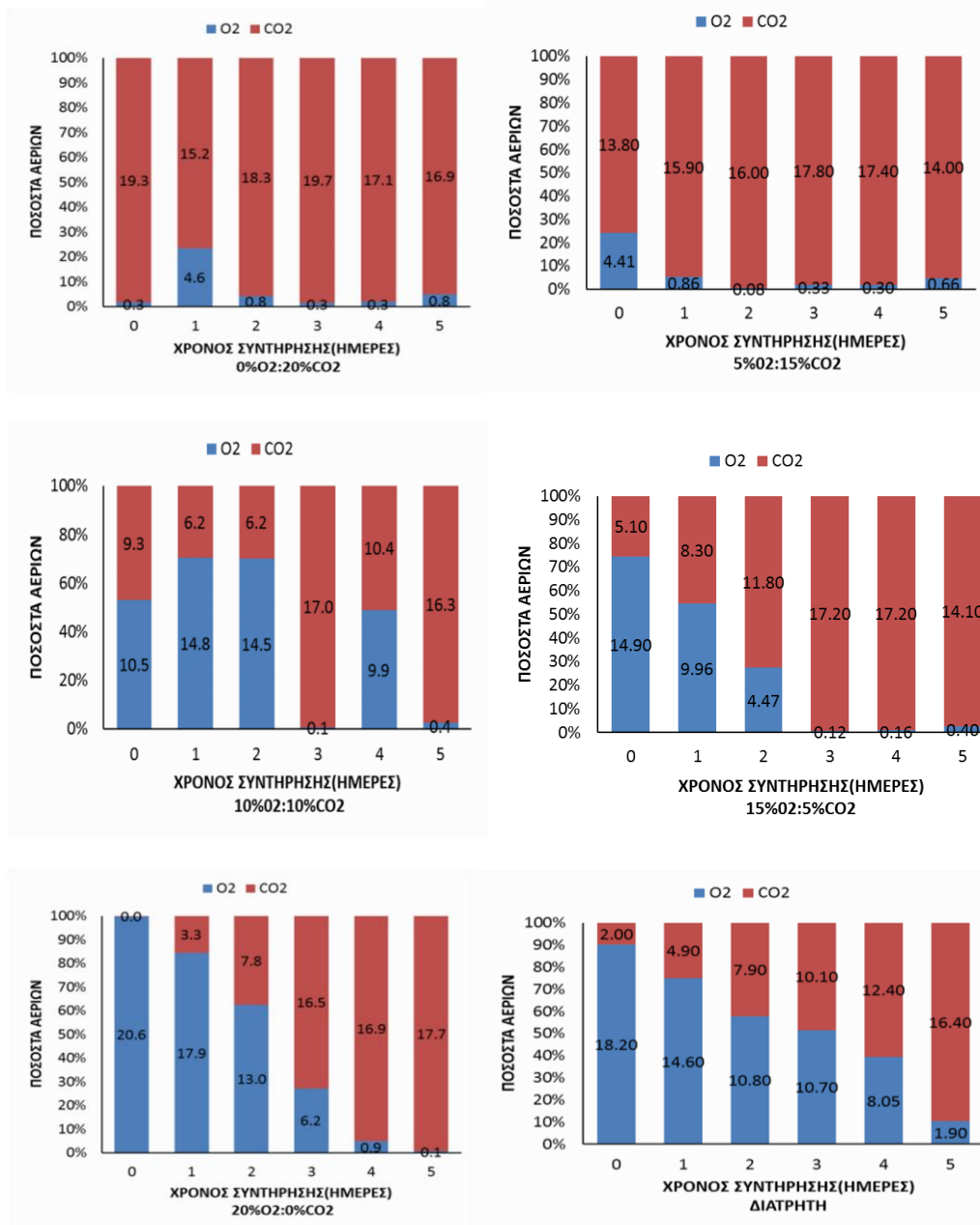
**Διάγραμμα 10.** Ποσοστά αερίων τροποποιημένων ατμοσφαιρων όπως αυτά μετρήθηκαν σε σαλάτα ρόκας που αποθηκεύτηκαν στους 5 °C.



**Διάγραμμα 11.** Ποσοστά αερίων τροποποιημένων ατμοσφαιρων όπως αυτά μετρήθηκαν σε σαλάτα ρόκας που αποθηκεύτηκαν στους 10 °C.



**Διάγραμμα 12.** Ποσοστά αερίων τροποποιημένων ατμοσφαιρων όπως αυτά μετρήθηκαν σε σαλάτα ρόκας που αποθηκεύτηκαν στους 4-12 °C(Μεταβαλλόμενες).



**Διάγραμμα 13.** Ποσοστά αερίων τροποποιημένων ατμοσφαιρων όπως αυτά μετρήθηκαν σε σαλάτα ρόκας που αποθηκεύτηκαν στους 15 °C.

#### Τροποποιημένη Ατμόσφαιρα συντήρησης 0%O<sub>2</sub>:20%CO<sub>2</sub>

Στις αναερόβιες συνθήκες τα ποσοστά O<sub>2</sub> για τους 10<sup>0</sup>C, 15<sup>0</sup>C και τις μεταβαλλόμενες θερμοκρασίες διατηρήθηκε σε πολύ χαμηλά επίπεδα < 1%. Στις θερμοκρασίες 0<sup>0</sup>C και 5<sup>0</sup>C όμως από την 2<sup>η</sup> ημέρα παρατηρήθηκε αύξηση. Παραδειγματικά την 5<sup>η</sup> ημέρα στους 0<sup>0</sup>C τα ποσοστά ήταν 4.5%O<sub>2</sub>:11.2%CO<sub>2</sub> ενώ την ίδια μέρα στους 5<sup>0</sup>C ήταν 4.5%O<sub>2</sub>:17.2%CO<sub>2</sub>. Την 12<sup>η</sup> ημέρα οι τιμές για τους 0<sup>0</sup>C και τους 5<sup>0</sup>C είχαν διαμορφωθεί ως εξής : 6.8%O<sub>2</sub>:13.8%CO<sub>2</sub> και 7.8%O<sub>2</sub>:12.4%CO<sub>2</sub> παρουσιάζοντας αύξηση το ποσοστό του O<sub>2</sub> και μείωση το CO<sub>2</sub>.

#### Τροποποιημένη Ατμόσφαιρα συντήρησης 5%O<sub>2</sub>:15%CO<sub>2</sub>

Σε όλες τις θερμοκρασίες συντήρησης πλύν των 0<sup>0</sup>C, σε αυτήν την ΤΑ το ποσοστό του O<sub>2</sub> μειώνεται και πέφτει σε τιμές <1% από την 2<sup>η</sup> ημέρα. Στην θερμοκρασία όμως των 0<sup>0</sup>C παρόλο που το O<sub>2</sub> μειώνεται παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές σε σύγκριση με τις υπόλοιπες ΤΑ. Επίσης και το CO<sub>2</sub> ακολουθεί πτωτική πορεία εκτός από την θερμοκρασία των 15<sup>0</sup>C που αυξάνεται ελαφρώς.

#### Τροποποιημένη Ατμόσφαιρα συντήρησης 10%O<sub>2</sub>:10%CO<sub>2</sub>

Στους 0<sup>0</sup>C και 5<sup>0</sup>C το ποσοστό του O<sub>2</sub> μειώνεται ενώ του CO<sub>2</sub> αυξάνεται. Ενδεικτικά την 12<sup>η</sup> μέρα τα ποσοστά για τις παραπάνω θερμοκρασίες ήταν 4.4%O<sub>2</sub>:13.1%CO<sub>2</sub> και 0.3%O<sub>2</sub>:13.8%CO<sub>2</sub>, αρκετή διαφορά στις 2 θερμοκρασίες παρατηρείται στην τιμή του O<sub>2</sub> που είναι πολύ μικρότερη στους 5<sup>0</sup>C. Στους 10<sup>0</sup>C η τιμή του O<sub>2</sub> από την 2<sup>η</sup> ημέρα έχει μειωθεί ήδη στο μισό της αρχικής τιμής, αντίθετα το CO<sub>2</sub> μέχρι την 9<sup>η</sup> ημέρα αυξάνεται.

#### Τροποποιημένη Ατμόσφαιρα συντήρησης 15%O<sub>2</sub>:5%CO<sub>2</sub>

Στους 0<sup>0</sup>C το O<sub>2</sub> μέχρι και την 12η ημέρα συντήρησης μειώνεται σε επίπεδα μικρότερα του 1% ενώ το CO<sub>2</sub> αυξάνεται πάνω από 10%. Στους 5<sup>0</sup>C μέχρι και την 8<sup>η</sup> ημέρα το O<sub>2</sub> μειώνεται απότομα και σημειώνεται ποσοστό σχεδόν μηδενικό ενώ το CO<sub>2</sub> αυξάνεται και την ίδια ημέρα αποκτά τιμή 12.6%. Στους 10<sup>0</sup>C την 12<sup>η</sup> ημέρα τα ποσοστά που μετρήθηκαν ήταν 1.86%O<sub>2</sub>:9.9%CO<sub>2</sub>. Στους 15<sup>0</sup>C επίσης το 0<sup>0</sup>C μειώνεται γρήγορα και το CO<sub>2</sub> αυξάνεται και την 5<sup>η</sup> ημέρα η σύσταση των αερίων ήταν 0.4%O<sub>2</sub>:14.1%CO<sub>2</sub>.



### Αέρια σύσταση 20%O<sub>2</sub>:0%CO<sub>2</sub> και διάτρητη συσκευασία

Στους 0°C η σύσταση 20%O<sub>2</sub>:0%CO<sub>2</sub> καθώς και η εμπορική συσκευασία παρουσιάζουν την ίδια εικόνα στην κατανομή των αερίων. Το ποσοστό του O<sub>2</sub> καθ'όλη την διάρκεια του πειράματος κυμαίνεται σε υψηλά επίπεδα. Την 16<sup>η</sup> ημέρα στην σύσταση 20%O<sub>2</sub>:0%CO<sub>2</sub> οι τιμές είναι 16%O<sub>2</sub>:4.9%CO<sub>2</sub> και στην εμπορική 17.5%O<sub>2</sub>:2.7%CO<sub>2</sub>. Στους 5°C μέχρι και την 12<sup>η</sup> ημέρα τα ποσοστά του O<sub>2</sub> μειώνονται ελαφρώς και του CO<sub>2</sub> αυξάνονται. Μετά την 12<sup>η</sup> ημέρα όμως στην 20%O<sub>2</sub>:0%CO<sub>2</sub> το επίπεδο του O<sub>2</sub> μειώνεται απότομα και του CO<sub>2</sub> αυξάνεται. Έτσι την 16<sup>η</sup> ημέρα οι τιμές είναι 1.3%O<sub>2</sub>:11.9%CO<sub>2</sub>. Στους 10°C στην 20%O<sub>2</sub>:0%CO<sub>2</sub> μέχρι και την 4<sup>η</sup> ημέρα το O<sub>2</sub> μειώνεται στα 5.2 και το CO<sub>2</sub> αυξήθηκε στα 5.8. Από τη 4<sup>η</sup> ημέρα και μετά παρουσιάζεται απότομη αλλαγή και το O<sub>2</sub> σχεδόν μηδενίζεται σε αντίθεση με την εμπορική συσκευασία που το O<sub>2</sub> παραμένει σε επίπεδα 10% όπως και το CO<sub>2</sub>.

Η συγκέντρωση μέσα στην συσκευασία του O<sub>2</sub> και του CO<sub>2</sub> σχετίζεται με τη μεταβολική δραστηριότητα του λαχανικού. Ο ρυθμός αναπνοής της άγριας ρόκας θεωρείται αρκετά υψηλός και είναι μεγαλύτερος από 360 nmol CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup> (Kader and Saltveit, 2003). Όπως παρατηρείται στα παραπάνω διαγράμματα, η συγκέντρωση του στη συσκευασία μειώνεται με τη πάροδο του χρόνου και την αύξηση της θερμοκρασίας, ενώ αυξάνεται η συγκέντρωση του CO<sub>2</sub>. Για παράδειγμα στην συσκευασία με 20% O<sub>2</sub> στους 0°C την 5<sup>η</sup> ημέρα έχουμε 18.5% O<sub>2</sub> και 2.7% CO<sub>2</sub>, στους 5°C είναι 14.9% O<sub>2</sub> και 5.6% CO<sub>2</sub> ενώ την 4<sup>η</sup> ημέρα στους 10°C 15.2% O<sub>2</sub> και 5.8% CO<sub>2</sub> και στους 15°C 0.9% O<sub>2</sub> και 16.9% CO<sub>2</sub>. Σε αρκετές περιπτώσεις παρατηρούμε σημαντική μείωση της συγκέντρωσης του O<sub>2</sub>, κυρίως την τελευταία ημέρα δειγματοληψίας, γεγονός που οφείλεται στην έντονη αναπνοή του λαχανικού. Ίδια αποτελέσματα είχαν και οι Char et al(2012) σε σαλάτες ρόκας αποθηκευμένες στους 5 °C.

Στην διάτρητη συσκευασία, που αποτελεί την εμπορική συσκευασία που χρησιμοποιεί η εταιρία παραγωγής, παρατηρούμε μείωση του O<sub>2</sub> αλλά με μικρότερο ρυθμό, καθώς η συσκευασία επιτρέπει την αναπλήρωση του. Με την αύξηση όμως της θερμοκρασίας συντήρησης επειδή αυξάνεται ανάλογα και ο ρυθμός αναπνοής του φυτού την αντίστοιχη ημέρα παρατηρείται μικρότερο ποσοστό O<sub>2</sub>. Έτσι στους 0°C την 9<sup>η</sup> ημέρα υπάρχει αντίστοιχα 16.6% O<sub>2</sub> και 3.6% CO<sub>2</sub> ενώ την ίδια μέρα στους 10 °C τα ποσοστά είναι αντίστοιχα 9.32% O<sub>2</sub> και 9.7% CO<sub>2</sub>.

### 3.3 Μετρήσεις χρώματος

Πίνακας 1. Οι τιμές των παραμέτρων L, a, b στις διάφορες συσκευασίες που συντηρήθηκαν στους 0°C.

	Ημέρες	L	Τυπική απόκλιση	a	Τυπική απόκλιση	b	Τυπική απόκλιση
0% O <sub>2</sub> :20 % CO <sub>2</sub>	0	47.33	1.33	-18.50	0.41	28.14	1.77
	2	45.33	3.35	-20.63	1.67	29.22	3.43
	5	45.04	1.72	-19.46	1.85	26.23	3.49
	8	44.06	1.71	-20.22	1.99	27.16	1.71
	12	42.83	3.15	-18.01	3.41	28.51	4.16
	16	42.35	3.01	-17.02	3.22	25.16	3.08
5% O <sub>2</sub> :15 % CO <sub>2</sub>	0	47.33	1.33	-18.50	0.41	28.14	1.77
	2	47.64	1.46	-18.52	1.42	25.66	3.20
	5	48.31	2.50	-20.35	1.34	29.88	3.64
	8	44.04	3.30	-16.76	4.01	28.01	2.60
	12	43.75	3.92	-15.99	4.51	24.44	4.11
	16	37.68	2.74	-13.70	1.74	18.69	1.84
10% O <sub>2</sub> :10 % CO <sub>2</sub>	0	47.33	1.33	-18.50	0.41	28.14	1.77
	2	44.77	1.15	-21.55	1.23	31.20	3.30
	5	47.18	3.59	-20.16	1.66	28.70	3.81
	8	43.99	1.79	-19.97	1.57	26.58	3.11
	12	47.24	2.51	-20.76	0.49	30.00	1.34
	16	44.86	1.10	-19.23	3.49	27.67	4.58
15% O <sub>2</sub> :5 % CO <sub>2</sub>	0	47.33	1.33	-18.50	0.41	28.14	1.77
	2	46.83	2.70	-20.80	1.51	30.06	3.52
	5	47.18	0.48	-21.16	0.93	29.75	2.55
	8	47.34	1.82	-20.41	0.76	31.04	2.22
	12	44.88	1.94	-16.44	2.59	25.01	3.34
	16	42.18	1.54	-14.95	1.20	20.62	1.86
20% O <sub>2</sub> :0 % CO <sub>2</sub>	0	47.36	1.33	-18.47	0.41	27.92	1.77
	2	46.38	1.33	-19.00	1.73	26.22	2.72
	5	46.82	2.29	-21.59	1.60	31.39	3.38
	8	45.91	3.94	-20.29	1.42	28.64	3.19
	12	43.62	3.34	-21.00	3.63	30.17	2.33
	16	39.03	3.59	-16.72	3.54	22.30	3.71
ΔΙΑΤΡΗΤΗ	0	47.33	1.33	-18.50	0.41	28.14	1.77
	2	46.98	2.80	-20.04	2.09	27.86	3.38
	5	48.67	1.13	-20.94	2.79	31.25	3.64
	8	48.46	3.53	-19.80	1.66	32.15	1.86
	12	44.65	3.45	-17.92	2.25	25.34	4.91
	16	41.75	4.10	-15.60	3.30	22.96	4.54

**Πίνακας 2.** Οι τιμές των παραμέτρων L, a, b στις διάφορες συσκευασίες που συντηρήθηκαν στους 5°C.

	Ημέρες	L	Τυπική απόκλιση	a	Τυπική απόκλιση	b	Τυπική απόκλιση
0% O <sub>2</sub> :20 % CO <sub>2</sub>	0	47.33	1.33	-18.50	0.41	28.14	1.77
	2	48.01	3.07	-19.75	0.69	28.01	1.01
	5	49.35	3.83	-19.91	1.93	30.43	3.80
	8	48.50	1.51	-21.25	1.16	34.37	3.82
	12	44.44	3.65	-17.52	2.59	26.54	4.28
	16	43.03	3.52	-15.47	3.29	21.93	4.46
5% O <sub>2</sub> :15 % CO <sub>2</sub>	0	47.33	1.33	-18.50	0.41	28.14	1.77
	5	44.66	3.16	-20.20	1.67	28.49	2.13
	8	45.00	2.97	-20.03	1.61	30.26	2.99
	12	45.74	3.36	-21.08	2.58	30.87	3.98
	16	42.07	3.65	-17.68	1.65	25.39	2.66
	19	41.54	3.30	-16.66	1.19	23.18	1.26
10% O <sub>2</sub> :10 % CO <sub>2</sub>	0	47.33	1.33	-18.50	0.41	28.14	1.77
	2	47.65	2.75	-20.68	1.16	30.89	1.43
	5	48.47	3.09	-20.49	1.09	30.50	3.11
	8	47.09	1.44	-19.59	2.30	29.18	4.21
	12	48.25	2.40	-20.24	1.63	30.81	1.44
	16	42.75	1.15	-15.77	1.80	21.37	1.08
15% O <sub>2</sub> :5 % CO <sub>2</sub>	0	47.33	1.33	-18.50	0.41	28.14	1.77
	5	47.15	3.61	-20.21	1.79	27.86	3.43
	8	47.63	2.39	-20.37	1.07	29.89	3.70
	12	46.88	2.83	-21.03	2.49	30.24	4.90
	16	45.71	1.33	-15.78	3.49	22.55	4.77
	19	40.61	2.70	-15.27	0.96	21.82	1.07
20% O <sub>2</sub> :0 % CO <sub>2</sub>	0	47.36	1.33	-18.47	0.41	27.92	1.77
	5	47.61	1.40	-20.49	0.81	29.76	3.35
	8	47.09	2.27	-17.95	2.11	26.13	3.11
	12	49.35	2.18	-20.90	1.53	32.02	2.58
	16	49.54	1.16	-21.54	1.57	33.12	2.59
	19	45.31	0.93	-20.34	0.90	29.06	1.80
ΔΙΑΤΡΗΤΗ	0	47.33	1.33	-18.50	0.41	28.14	1.77
	5	47.96	3.35	-20.82	0.40	29.80	2.32
	8	49.92	2.82	-20.25	1.41	31.37	3.10
	12	48.96	3.11	-19.44	2.49	30.92	3.09
	16	43.63	7.42	-16.34	3.61	24.80	3.50
	19	39.73	4.03	-15.08	2.84	20.23	4.00

**Πίνακας 3.** Οι τιμές των παραμέτρων L, a, b στις διάφορες συσκευασίες που συντηρήθηκαν στους 10°C.

	Ημέρες	L	Τυπική απόκλιση	a	Τυπική απόκλιση	b	Τυπική απόκλιση
0% O <sub>2</sub> :20 % CO <sub>2</sub>	0	47.33	1.33	-18.50	0.41	28.14	1.77
	2	49.36	2.00	-22.31	1.21	33.44	0.10
	4	50.00	2.12	-20.80	1.53	33.64	1.87
	7	48.10	2.33	-20.80	1.32	32.22	1.42
	9	40.98	2.89	-16.00	2.40	23.39	3.19
	12	36.58	3.44	-17.19	2.42	26.22	4.15
5% O <sub>2</sub> :15 % CO <sub>2</sub>	0	47.36	1.33	-18.47	0.41	27.92	1.77
	2	48.43	3.20	-21.11	0.64	30.26	1.17
	4	44.07	2.11	-19.65	1.79	27.15	3.60
	7	42.64	1.65	-15.84	1.82	22.59	2.39
	9	43.26	3.26	-14.32	2.10	20.21	3.16
	12	41.98	2.71	-15.27	1.06	23.31	1.61
10% O <sub>2</sub> :10 % CO <sub>2</sub>	0	47.33	1.33	-18.50	0.41	28.14	1.77
	2	45.48	1.56	-18.79	1.28	26.78	1.61
	4	43.80	3.55	-19.99	0.63	29.34	1.84
	7	41.65	2.11	-18.62	1.97	30.36	2.23
	9	42.82	3.88	-14.92	1.98	22.26	3.20
	12	44.77	1.73	-14.30	1.64	22.99	2.47
15% O <sub>2</sub> :5 % CO <sub>2</sub>	0	47.33	1.33	-18.50	0.41	28.14	1.77
	2	48.25	2.75	-20.13	1.56	27.50	2.46
	4	49.00	0.61	-20.97	2.43	31.31	3.78
	7	49.29	3.49	-20.19	0.84	31.74	3.89
	9	45.58	2.99	-17.45	2.43	25.10	5.01
	12	44.73	1.75	-15.47	2.08	24.02	3.30
20% O <sub>2</sub> :0 % CO <sub>2</sub>	0	47.36	1.33	-18.47	0.41	27.92	1.77
	2	48.43	3.20	-21.11	0.64	30.26	1.17
	4	44.07	2.11	-19.65	1.79	27.15	3.60
	7	42.64	1.65	-15.84	1.82	22.59	2.39
	9	43.26	3.26	-14.32	2.10	20.21	3.16
	12	41.98	2.71	-15.27	1.06	23.31	1.61
ΔΙΑΤΡΗΤΗ	0	47.33	1.33	-18.50	0.41	28.14	1.77
	2	48.01	1.28	-20.17	0.37	28.74	0.95
	4	47.50	2.57	-19.50	1.94	31.47	3.89
	7	47.95	1.99	-20.07	0.89	31.40	2.23
	9	50.29	0.93	-19.68	1.77	33.14	2.42
	12	47.35	1.57	-19.56	1.10	29.18	3.34

**Πίνακας 4.** Οι τιμές των παραμέτρων L, a, b στις διάφορες συσκευασίες που συντηρήθηκαν στους 15°C.

	Ημέρες	L	Τυπική απόκλιση	a	Τυπική απόκλιση	b	Τυπική απόκλιση
0% O <sub>2</sub> :20 % CO <sub>2</sub>	0	47.33	1.33	-18.50	0.41	28.14	1.77
	1	46.05	2.07	-18.01	1.48	27.30	2.43
	2	49.14	0.46	-21.51	0.02	31.70	2.17
	3	46.54	3.02	-19.78	2.36	32.08	3.79
	4	43.36	2.92	-13.42	2.33	22.96	2.58
5% O <sub>2</sub> :15 % CO <sub>2</sub>	0	47.33	1.33	-18.50	0.41	28.14	1.77
	1	47.51	1.47	-18.38	0.65	27.40	3.34
	2	43.79	2.27	-19.09	1.19	26.11	1.60
	4	44.54	0.83	-16.16	2.15	23.61	1.70
	5	40.18	3.09	-14.41	0.44	19.00	2.34
10% O <sub>2</sub> :10 % CO <sub>2</sub>	0	47.33	1.33	-18.50	0.41	28.14	1.77
	1	48.70	3.83	-17.82	0.71	29.27	2.94
	2	46.88	3.72	-20.34	3.09	29.87	3.41
	4	44.58	2.03	-18.27	0.91	31.82	3.81
	5	40.15	3.77	-13.43	3.01	20.86	3.59
15% O <sub>2</sub> :5 % CO <sub>2</sub>	0	47.33	1.33	-18.50	0.41	28.14	1.77
	1	49.06	1.86	-18.19	1.21	28.26	2.80
	2	48.02	1.63	-19.72	1.61	30.03	1.80
	4	41.51	2.47	-19.62	1.84	28.88	4.30
	5	40.92	1.18	-16.15	0.67	23.23	0.83
20% O <sub>2</sub> :0 % CO <sub>2</sub>	0	47.36	1.33	-18.47	0.41	27.92	1.77
	1	49.35	1.59	-17.69	0.63	29.92	2.36
	2	45.12	1.95	-18.46	1.09	25.59	2.36
	4	43.96	2.60	-17.19	0.61	23.02	1.39
	5	38.77	1.82	-14.53	1.35	22.38	1.95
ΔΙΑΤΡΗΤΗ	0	47.33	1.33	-18.50	0.41	28.14	1.77
	1	47.80	3.56	-16.84	1.18	25.70	3.85
	2	44.90	1.67	-18.90	1.38	26.30	1.92
	4	49.61	1.04	-19.97	1.47	31.53	3.49
	5	38.32	3.94	-15.68	3.05	23.61	3.41

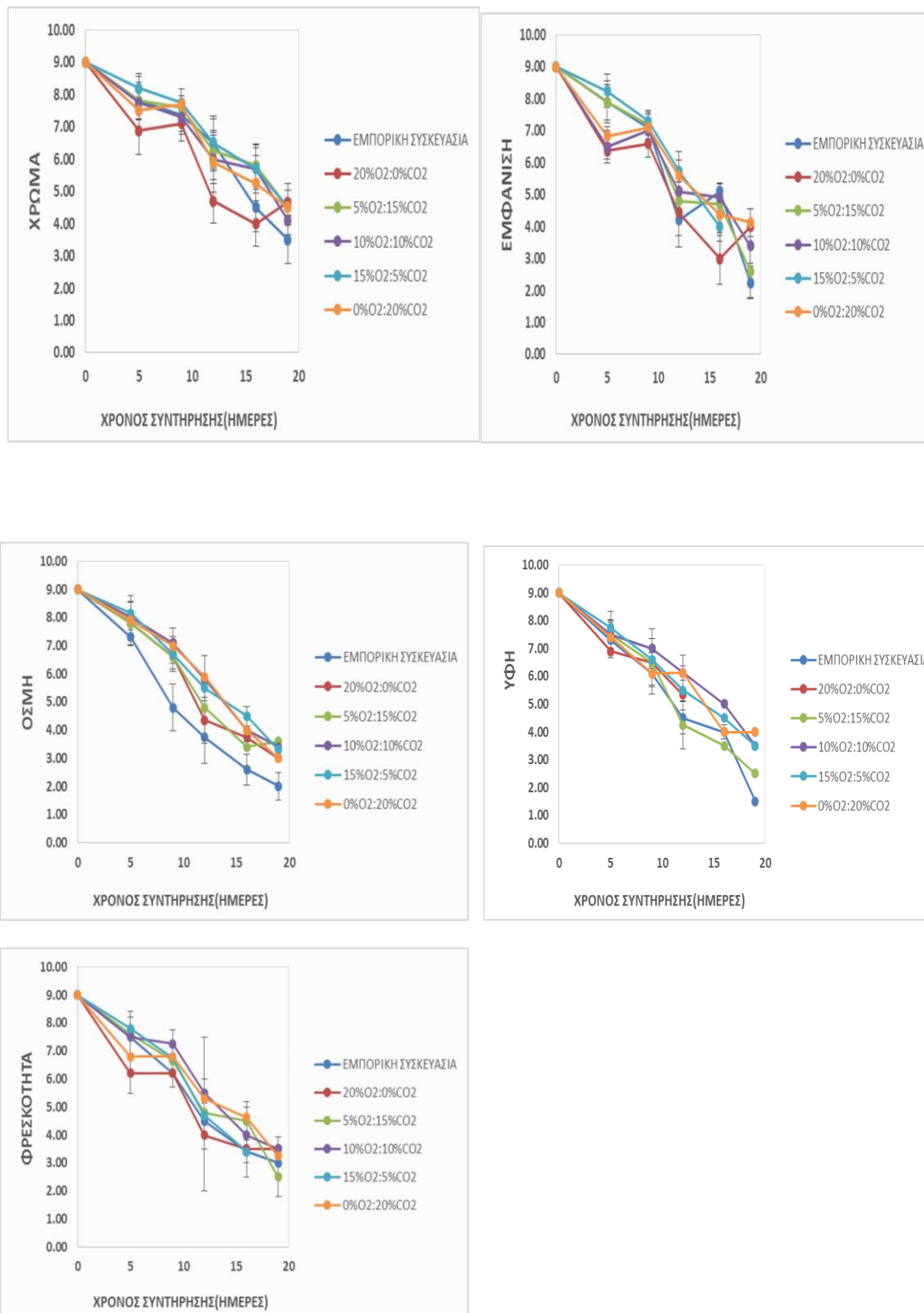
Το χρώμα αποτελεί το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό ποιότητας των φύλλων ρόκας, καθώς τα φύλλα με ομοιόμορφο έντονο πράσινο χρώμα είναι ελκυστικά για τον καταναλωτή. Οποιαδήποτε αλλαγή στο φυσιολογικό πράσινο χρώμα μπορεί να αποτελέσει περιοριστικό παράγοντα στην εμπορευσιμότητα του προϊόντος. Το κύριο πρόβλημα της ρόκας μετά τη συγκομιδή είναι η γρήγορη γήρανση, που εκδηλώνεται κυρίως ως κιτρίνισμα και είναι το αποτέλεσμα αποδόμησης της χλωροφύλλης (Siomos and Koukounaras, 2007).

Οι Char et al(2012) παρατήρησαν επίσης αύξηση της φωτεινότητας (L) με την πάροδο του χρόνου, που υποδηλώνει αρχόμενο κιτρίνισμα των φύλλων. Αύξηση της φωτεινότητας αναφέρουν και οι Koukounaras et al(2009), μετά από 9 ημέρες συντήρησης της ρόκας στους 8°C.

Σύμφωνα με μελέτη των Koukounaras et al.(2007), φύλλα ρόκας που συντηρήθηκαν στους 10°C έδειξαν μεγάλη αλλαγή στις παραμέτρους του χρώματος(αύξηση του L) από την 8<sup>η</sup> ημέρα συντήρησης, ενώ αυτά που συντηρήθηκαν στους 0 και 5°C παρουσίασαν αλλαγή μόνο μετά την 12<sup>η</sup> ημέρα.

Συγκρίνοντας τις τιμές L που εκφράζουν την φωτεινότητα των φύλλων της ρόκας στους **πίνακες 2,4** για τις δύο θερμοκρασίες συντήρησης 0°C και 10°C παρατηρείται ότι η τιμή L γενικά μειώνεται με τον χρόνο που σημαίνει ότι τα φύλλα γίνονται πιο σκουρόχρωμα. Αυτό φαίνεται να συμβαίνει γιατί τελικά τα φύλλα γίνονται υδαρή λόγω υγρασίας και επικρατεί το σκούρο πράσινο χρώμα. Το φαινόμενο αυτό είναι πιο έντονο ειδικότερα στις συσκευασίες που επικρατεί περισσότερο οξυγόνο στο τέλος της συντήρησης (Lunadei et al.,2012). Διαφορά στην εξέλιξη της τιμής L παρατηρείται καλύτερα στην θερμοκρασία συντήρησης 5 °C (**Πίνακας 3**) όπου στις συσκευασίες που υπάρχει αρκετό CO<sub>2</sub> σε συνδιασμό όμως με O<sub>2</sub> η τιμή L μειώνεται περίπου 3 μονάδες που σημαίνει ότι τα φύλλα αποκτούν πιο σκούρο χρώμα. Στις 2 αυτές θερμοκρασίες (0°C και 10°C) η εμπορική συσκευασία φαίνεται να διατηρεί ικανοποιητικά το πράσινο χρώμα των φύλλων.

### 3.4. Αποτελέσματα οργανοληπτικού ελέγχου



**Διάγραμμα 14.** Η εξέλιξη του χρώματος, της οσμής, της υφής, της φρεσκότητας και της εμφάνισης των σαλατών ρόκας που συντηρήθηκαν στους 0°C





Τα παραπάνω διαγράμματα δείχνουν την πορεία των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών στις σαλάτες ρόκας για κάθε μια από τις διαφορετικές τροποποιημένες ατμόσφαιρες και 2 διαφορετικές θερμοκρασίες συντήρησης τους 0<sup>0</sup>C και 10<sup>0</sup>C. Τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που παρουσιάζονται είναι η οσμή, η υφή, η γεύση, η εμφάνιση και η φρεσκότητα.

Όσον αναφορά τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του χρώματος και της εμφάνισης στους 0<sup>0</sup>C **Διάγραμμα 14** φαίνεται ότι τις 5 πρώτες ημέρες τα καλύτερα αποτελέσματα παρουσιάζει η συσκευασία με αναλογία αερίων 15%O<sub>2</sub> και 5%CO<sub>2</sub>. Στην οσμή δεν φαίνεται κάποια σύσταση αερίων να επιδρά θετικά ενώ την χαμηλότερη βαθμολογία την σημειώνει η εμπορική συσκευασία. Στην εικόνα φρεσκότητας τα καλύτερα αποτελεσματα επιτυγχάνονται στις 15%O<sub>2</sub>: 5%CO<sub>2</sub> και 10%O<sub>2</sub>:10%CO<sub>2</sub>. Στην θερμοκρασία συντήρησης 10<sup>0</sup>C σε σύγκριση με τους 0<sup>0</sup>C καλύτερα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά διατηρεί ξεκάθαρα η συσκευασία με αναλογία 15%O<sub>2</sub>: 5%CO<sub>2</sub> καθόλη την διάρκεια της συντήρησης.

Σύμφωνα με τα παραπάνω αποτελέσματα ο οργανοληπτικός χρόνος ζωής των σαλατών ρόκας για τους 0<sup>0</sup>C φαίνεται να είναι 11 ημέρες με βάση το χρώμα, την υφή και την εμφάνιση και 9 ημέρες λαμβάνοντας υπόψη την οσμή και την φρεσκότητα. Στους 10<sup>0</sup>C η διάρκεια ζωής της σαλάτας ρόκας είναι μόλις 3 ημέρες εκτός από την συσκευασία 15%O<sub>2</sub>: 5%CO<sub>2</sub> που ο χρόνος ζωής παρατείνεται στις 7 ημέρες. Αυτό ταιριάζει με τα αποτελέσματα της έρευνας των Martinez-Sanchez et al.(2006), που βρήκαν ότι μετά από 14 ημέρες στους 4<sup>0</sup>C, δείγματα που συντηρήθηκαν σε συσκευασία με παρουσία 10kPa CO<sub>2</sub>, διατήρησαν μια καλή οπτική εμφάνιση σε σχέση με αυτά που διατηρηθήκαν μόνο παρουσία O<sub>2</sub>. Οι Martinez et al (2006), λαμβάνοντας υπόψη τόσο τη μικροβιακή ανάπτυξη όσο και την οργανοληπτική ποιότητα, αναφέρουν ότι η διάρκεια ζωής της ρόκας δεν θα πρέπει να ξεπερνά τις 10 ημέρες στους 4<sup>0</sup>C. Η οργανοληπτική εικόνα της σαλάτας καθιστά το προϊόν μη αποδεκτό πριν αυτό γίνει απ τα μικροβιακά όρια αλλοίωσης. Οι Jacxsens et al.(2002), καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι η συνολική διάρκεια ζωής περιορίζεται από τις οργανοληπτικές ιδιότητες και όχι από την μικροβιακή ανάπτυξη.

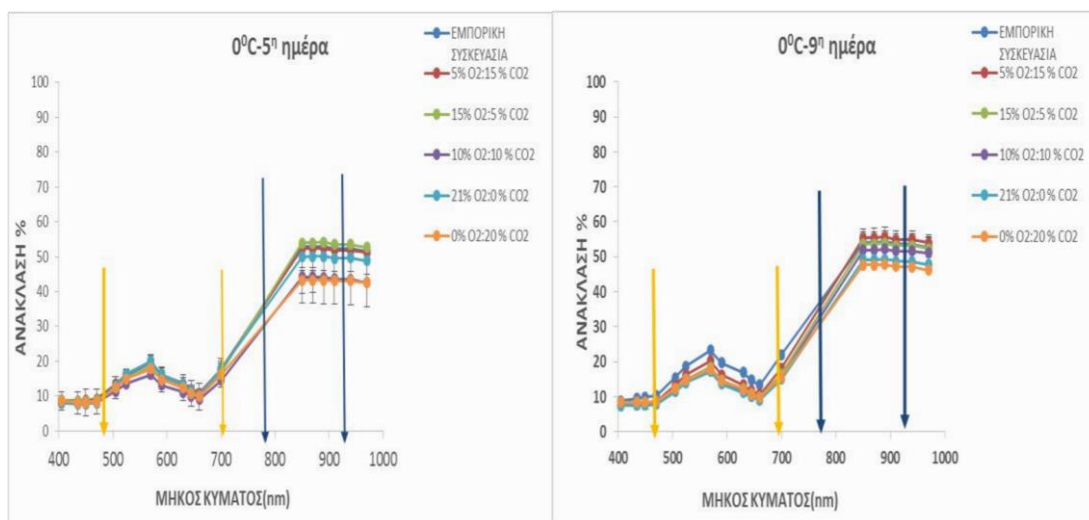
### 3.5. Αποτελέσματα μέτρησης βιταμίνης C

**Πίνακας 5.** Μετρήσεις της βιταμίνης C στους 0,5,10,15°C για τις 6 διαφορετικές συσκευασίες.

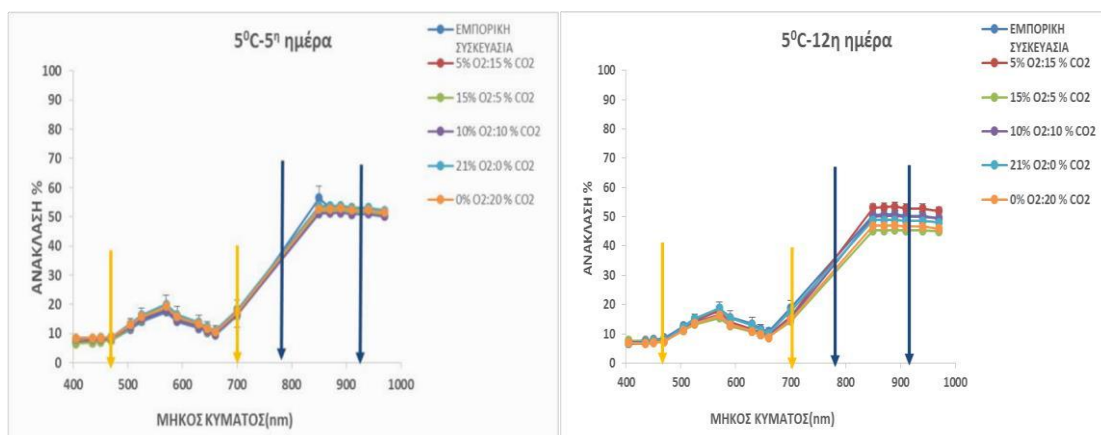
	0 °C			5 °C			10 °C			15 °C		
	Ημέρες	Vitamin C		Ημέρες	Vitamin C		Ημέρες	Vitamin C		Ημέρες	Vitamin C	
		C (mg/100g fm)	Τυπική απόκλιση		C (mg/100g fm)	Τυπική απόκλιση		C (mg/100g fm)	Τυπική απόκλιση		C (mg/100g fm)	Τυπική απόκλιση
0% O <sub>2</sub> :20 % CO <sub>2</sub>	0	81.50	5.50	0	81.50	5.50	0	81.50	5.50	0	81.50	5.50
	5	87.11	2.50	5	74.26	3.01	2	<b>44.92</b>	2.40	1	46.23	2.78
	9	85.70	2.78	12	64.72	2.15	4	<b>18.26</b>	3.05	2	36.59	3.25
	12	74.07	3.50	19	52.36	2.03				4	18.25	1.75
	19	73.17	2.75									
5% O <sub>2</sub> :15 % CO <sub>2</sub>	0	81.50	5.50	0	81.50	5.50	0	81.50	5.50	0	81.50	5.50
	5	84.47	4.25	5	71.01	4.05	2	38.91	2.45	1	64.72	3.58
	9	56.80	2.78	12	77.67	3.65	4	17.04	2.98	2	49.08	2.45
	12	62.11	2.69	19	62.24	2.99				4	38.27	3.56
	19	46.04	1.89									
10% O <sub>2</sub> :10 % CO <sub>2</sub>	0	81.50	5.50	0	81.50	5.50	0	81.50	5.50	0	81.50	5.50
	5	73.65	3.89	5	69.85	3.65	4	63.28	4.98	1	50.86	4.26
	9	62.69	3.45	12	72.12	4.12	7	22.52	4.67	2	63.82	6.15
	12	54.20	2.67	19	68.04	2.98	9	37.10	3.45			
	19	65.89	3.45									
15% O <sub>2</sub> :5 % CO <sub>2</sub>	0	81.50	5.50	0	81.50	5.50	0	81.50	5.50	0	81.50	5.50
	5	63.48	5.25	5	89.94	6.25	2	62.37	6.13	2	57.87	6.75
	9	74.82	4.98	12	73.97	5.78	4	29.87	0.38	4	31.54	3.89
	12	76.53	4.75	19	44.46	4.25						
	19	44.97	3.35									
20% O <sub>2</sub> :0 % CO <sub>2</sub>	0	81.50	5.50	0	81.50	5.50	0	81.50	5.50	0	81.50	5.50
	5	69.35	6.25	5	71.41	6.89	2	52.44	6.48	2	60.10	6.25
	9	61.37	3.79	12	65.65	6.38	4	17.79	4.78	4	33.06	3.78
	12	44.37	4.79	19	41.35	4.89	7	n.d.	n.d.			
	19	55.00	5.20									
ΔΙΑΤΡΗΤΗ	0	81.50	5.50	5	59.32	4.98	0	81.50	5.50	0	81.50	5.50
	5	67.01	4.75	12	55.48	5.78	2	63.20	6.78	2	40.68	4.89
	9	58.73	4.25	19	58.55	4.89	4	27.63	2.98	4	53.85	5.14
	12	58.17	3.79				9	26.28	3.78			
	19	51.39	3.48									

Απο την παρατήρηση του παραπάνω πίνακα (**πίνακας 6**) φαίνεται ότι η συγκέντρωση της βιταμίνης C μειώνεται ανάλογα με την θερμοκρασία σε όλες τις συσκευασίες ανεξαρτήτως της αέριας σύστασης . Αυτό συμφωνεί και με τα αποτελέσματα της εργασίας των Gil et al.,(1998) και Szeto et al., (2002). Στις τελευταίες μέρες του πειράματος στις συσκευασίες με χαμηλό ποσοστό οξυγόνου η βιταμίνη C εμφανίζει μεγαλύτερες συγκεντρώσεις σε σχέση με τις συσκευασίες που εμπεριέχουν οξυγόνο. Το ίδιο παρατήρησε και ο Martinez et al.,2006 σε άγρια ρόκα. Η συσκευασία που δείχνει ότι διατηρεί καλύτερα την βιταμίνη C σε όλες τις θερμοκρασίες είναι η 15%O<sub>2</sub>: 5%CO<sub>2</sub> που επίσης έδειξε τα καλύτερα αποτελέσματα όσον αναφορά την οργανοληπτική αποδοχή.

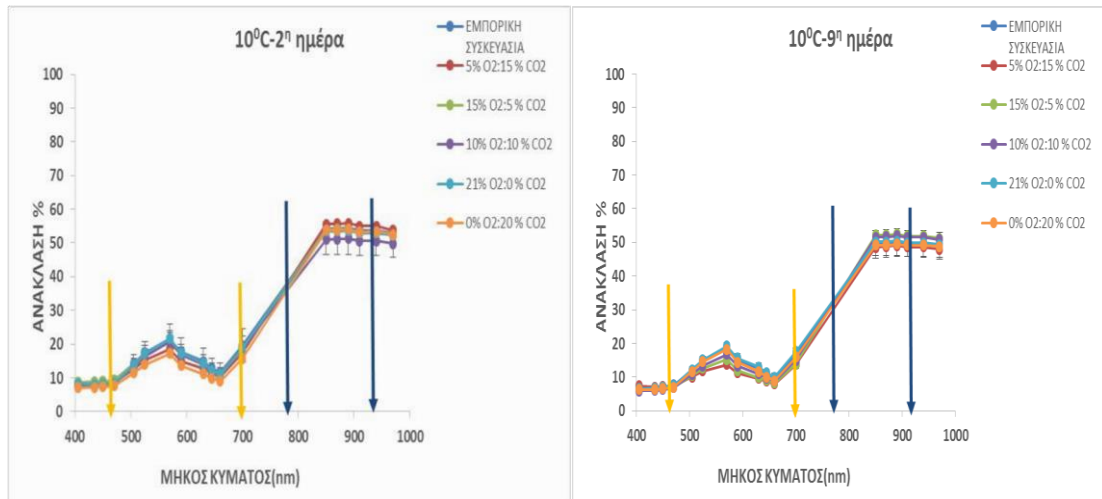
### 3.6. Ανάλυση πολυφασματικής απεικόνισης (multispectral imaging analysis) .



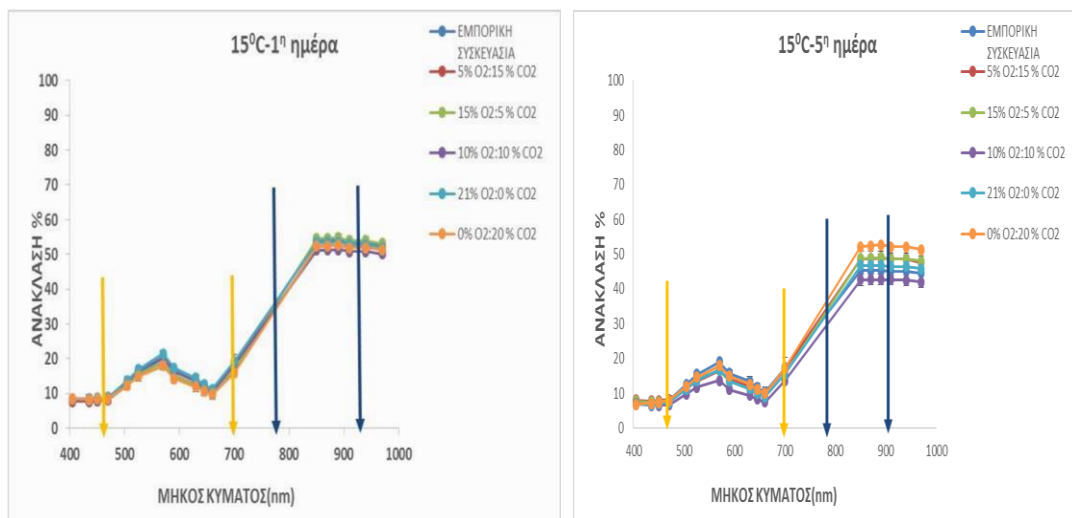
**Διάγραμμα 16.** Ποσοστά ανάκλασης από τις πολυφασματικές εικόνες φύλλων ρόκας από τις 6 διαφορετικές συσκευασίες, την 5<sup>η</sup> και 9<sup>η</sup> ημέρα για τους 0°C. Τα κίτρινα βέλη υποδεικνύουν τη περιοχή του φάσματος όπου εμφανίζονται τα κίτρινα φύλλα ενώ τα μπλέ όπου εμφανίζονται σταγόνες υγρασίας .



**Διάγραμμα 17.** Ποσοστά ανάκλασης από τις πολυφασματικές εικόνες φύλλων ρόκας από τις 6 διαφορετικές συσκευασίες, την 5<sup>η</sup> και 12<sup>η</sup> ημέρα για τους 5°C. Τα κίτρινα βέλη υποδεικνύουν τη περιοχή του φάσματος όπου εμφανίζονται τα κίτρινα φύλλα ενώ τα μπλέ όπου εμφανίζονται σταγόνες υγρασίας .



**Διάγραμμα 18 .** Ποσοστά ανάκλασης από τις πολυφασματικές εικόνες φύλλων ρόκας από τις 6 διαφορετικές συσκευασίες, την 2<sup>η</sup> και 9<sup>η</sup> ημέρα για τους 10°C. Τα κίτρινα βέλη υποδεικνύουν τη περιοχή του φάσματος όπου εμφανίζονται τα κίτρινα φύλλα ενώ τα μπλέ όπου εμφανίζονται σταγόνες υγρασίας



**Διάγραμμα 19.** Ποσοστά ανάκλασης από τις πολυφασματικές εικόνες φύλλων ρόκας από τις 6 διαφορετικές συσκευασίες, την 1<sup>η</sup> και 5<sup>η</sup> ημέρα για τους 15°C. Τα κίτρινα βέλη υποδεικνύουν τη περιοχή του φάσματος όπου εμφανίζονται τα κίτρινα φύλλα ενώ τα μπλέ όπου εμφανίζονται σταγόνες υγρασίας.

Το πράσινο χρώμα των φύλλων σχετίζεται ευθέως με την αντίληψη της συνολικής φρεσκάδας των φύλλων. Η πολυφασματική απεικόνιση της ανάκλασης των φύλλων στοχεύει στην ταχύτερη και ακριβέστερη εκτίμηση της οπτικής ποιότητας των φρέσκων λαχανικών μέσω του χρώματος και της υφής. Σύμφωνα με τους Toivonen και Brummell (2008), τα συσκευασμένα φυλλώδη λαχανικά που διατηρούνται σε υψηλές θερμοκρασίες και μεγάλες συγκεντρώσεις οξυγόνου, αποκτούν κίτρινο χρώμα λόγω της οξειδωσης των πράσινων χρωστικών της χλωροφύλλης και ανάδειξης των κίτρινων καροτενοειδών. Τα ποσοστά ανάκλασης που εμφανίζουν τα φύλλα της ρόκας στο ορατό φάσμα που κυμαίνεται 400-780 (nm) σχετίζεται με τις μεταβολές του χρώματος. Ειδικότερα οι Lokke et al.,(2013) αναφέρουν η περιοχή 400-500(nm) είναι η περιοχή ανίχνευσης των καροτενοειδών , στα 470 -700(nm) η περιοχή κιτρινίσματος των φύλλων. Από 780-1000 (nm) είναι η περιοχή κοντά στο υπέρυθρο που συνδέεται με τις αλλαγές στην υφή. Συγκεκριμένα απο 780-940 (nm) εμφανίζονται σταγόνες υγρασίας πάνω στα φύλλα.

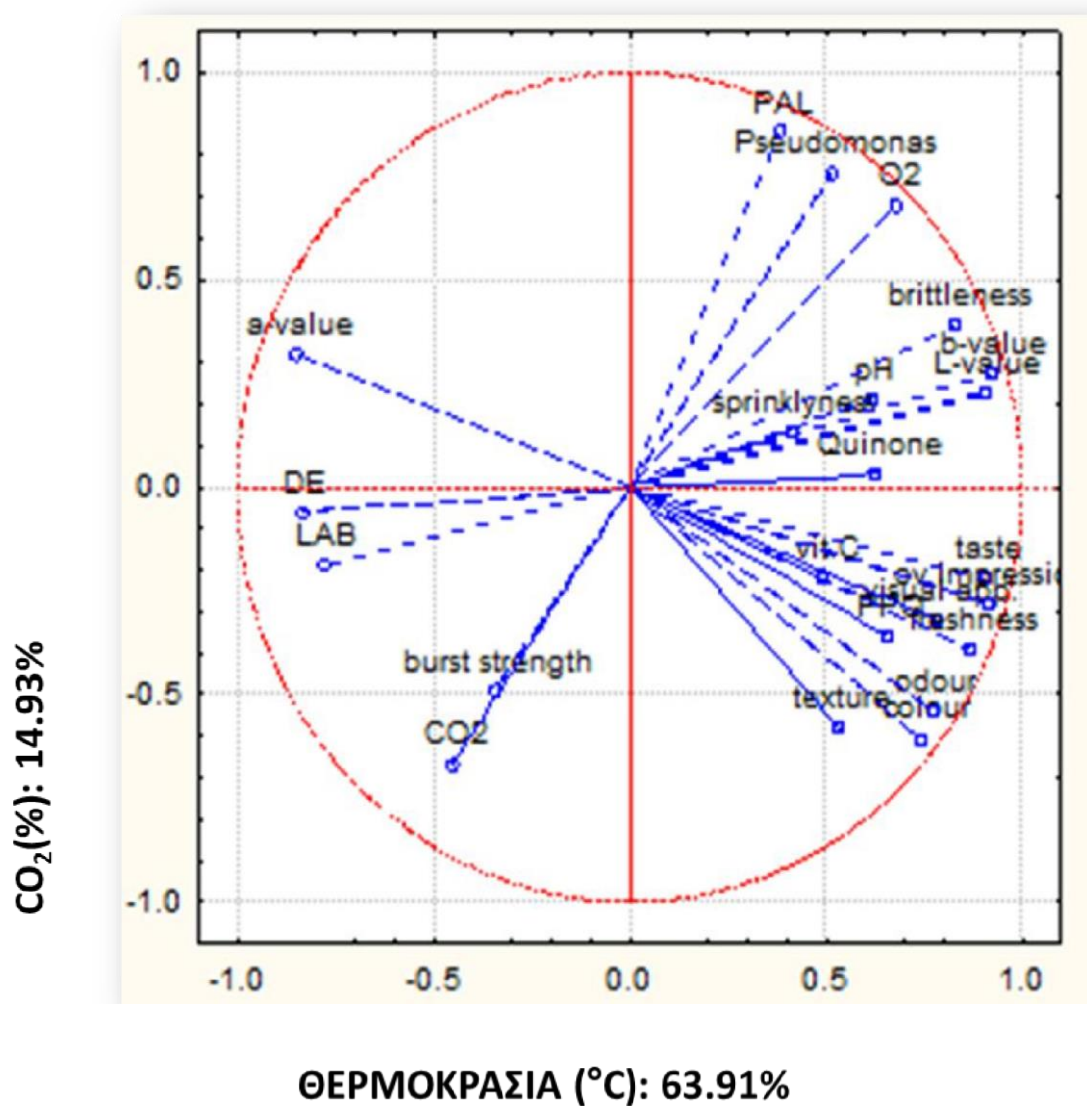
Μια περίπτωση όπου φαίνεται αύξηση του ποσοστού ανάκλασης και επομένως του κιτρινίσματος των φύλλων ανάλογα με την αύξηση της θερμοκρασίας και του ποσοστού οξυγόνου είναι στους 0 °C και τους 10°C για την συσκευασία με 20% O<sub>2</sub> για την 5<sup>η</sup> και 2<sup>η</sup> ημέρα (**Διάγραμμα 16,18**). Το προηγούμενο επιβεβαιώνεται και απο τα διαγράμματα με τα ποσοστά αερίων (**Διάγραμμα 9, 11**) αφού την 2<sup>η</sup> ημέρα στους 10°C στην παραπάνω συσκευασία υπάρχει μεγαλύτερο ποσοστό O<sub>2</sub> . Στις υπόλοιπες περιπτώσεις ωστόσο δεν παρατηρείται ξεκάθαρη αύξηση της ανάκλασης και άρα κιτρινίσματος των φύλλων της ρόκας με την θερμοκρασία γιατί παρατηρούνται μεγάλες συγκεντρώσεις οξυγόνου στις χαμηλές θερμοκρασίες. Παραδείγματος χάριν στους 0 °C η εμπορική συσκευασία την 9<sup>η</sup> ημέρα παρουσιάζει μεγαλύτερη ανάκλαση στην περιοχή κιτρινίσματος των φύλλων λόγω υψηλότερης συγκέντρωσης οξυγόνου από τις υψηλότερες θερμοκρασίες. Επομένως φαίνεται να επηρεάζεται περισσότερο το φαινόμενο κιτρινίσματος φύλλων απο το μεγάλο ποσοστό O<sub>2</sub>.

Σύμφωνα με τον Buning-Pfaue H.,( 2003) η ανάκλαση στην περιοχή κοντά στο υπέρυθρο επηρεάζεται από το ποσοστό της υγρασίας. Η υγρασία αυξάνει την απορρόφηση και μειώνει την ανάκλαση. Μικρές τιμές ανάκλασης στην περιοχή κοντά στο υπέρυθρο υποδηλώνουν ύπαρξη υγρασίας και σχετίζονται με χαμηλά ποσοστά οξυγόνου. Στις τελευταίες ημέρες του πειράματος και στις υψηλές θερμοκρασίες λόγω γήρανσης των φύλλων η ζυμωτικού μεταβολισμού απελευθερώνεται νερό από τα κύτταρα το οποίο αυξάνει την απορρόφηση(Nicolai et al., 2007). Αυτό φαίνεται και στο τελευταίο διάγραμμα (**Διάγραμμα 19**) όπου την τελευταία μέρα στους 15 °C σε όλες τις συσκευασίες έχει μειωθεί η απορρόφηση άρα παρουσιάζονται υψηλά ποσοστά υγρασίας.

### 3.7. Προσομοίωση δευτερογενών μοντέλων

#### 3.7.1 Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών

Η επεξεργασία που πραγματοποιήθηκε με την μέθοδο της ανάλυσης των κύριων συνιστωσών (PCA), έδειξε ότι το 51% του συνόλου των μεταβλητών περιγράφεται από την θερμοκρασία ενώ το 20% από την συγκέντρωση του CO<sub>2</sub>. Όπως φαίνεται και στην **εικόνα 4**, οι παράγοντες που παρουσιάζουν την μεγαλύτερη ποικιλομορφία είναι ο πληθυσμός των ψευδομονάδων, η υφή του φύλλου, το χρώμα του και η συγκέντρωση της βιταμίνης C.



Εικόνα 1. Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών.

### 3.8 Προσομοίωση ρυθμού ανάπτυξης ψευδομονάδων

Η επικύρωση του πειράματος έγινε σε δυο επίπεδα. Το πρώτο έγινε σε καθεστώς μεταβαλλόμενων συνθηκών θερμοκρασίας από 4 °C-12°C για τον ίδιο τύπο σαλάτας ρόκας που μελετήθηκε και στις 4 προηγούμενες θερμοκρασίες των 0, 5, 10, 15°C. Το δεύτερο πραγματοποιήθηκε σε σαλάτες ρόκας BRYAN διαφορετικής ποικιλίας και αέριας σύστασης στην συσκευασία. Ο επόμενος πίνακας δείχνει τις τιμές του ρυθμού ανάπτυξης των ψευδομονάδων όπως υπολογίστηκαν από το πρωτογενές μοντέλο Baranyi στις αντίστοιχες θερμοκρασίες και ποσοστά CO<sub>2</sub>.

**Πίνακας 7.** Τιμές ρυθμού ανάπτυξης των ψευδομονάδων σε κάθε θερμοκρασία και ποσοστό CO<sub>2</sub> όπως υπολογίστηκε από το πρωτογενές μοντέλο

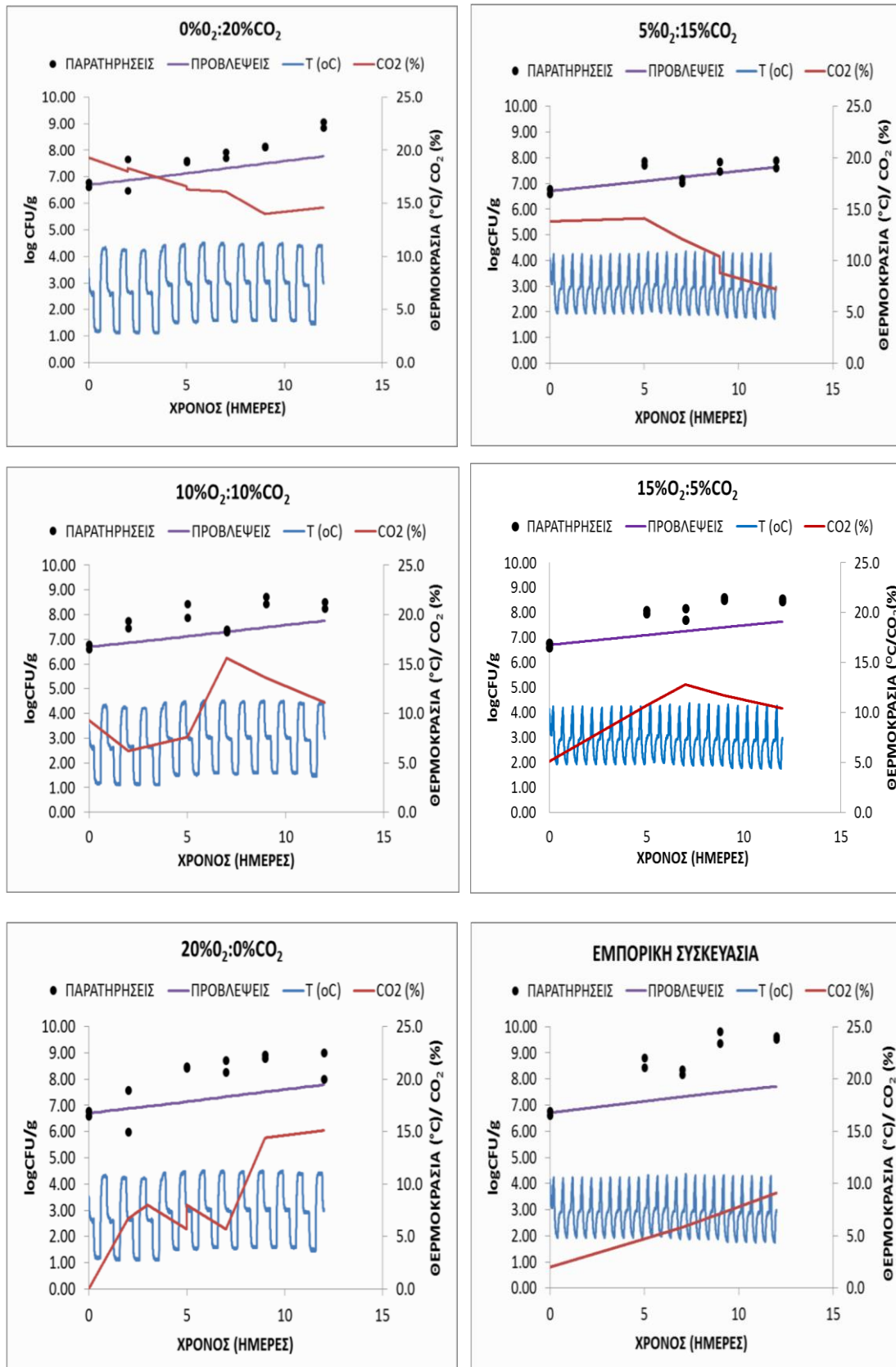
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	CO <sub>2</sub> (%)	ΡΥΘΜΟΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ(ΨΕΥΔΟΜΟΝΑΔΕΣ
0	0	0.1502
0	5	0.0869
0	10	0.1745
0	15	0.0835
0	20	0.0926
5	0	0.2485
5	5	0.083
5	10	0.1096
5	15	0.1531
5	20	0.2606
10	0	0.3779
10	5	0.3281
10	10	0.2832
10	20	0.2412
15	0	0.609
15	5	1.0803
15	10	0.6022
15	15	0.6701
15	20	0.7773

Baranyi.

ΠΟΛΥΩΝΥΜΙΚΟ	
Intercept	0.38227
CO <sub>2</sub>	-0.010236
T	-0.0025084
CO <sub>2</sub> <sup>2</sup>	0.00041813
T <sup>2</sup>	0.0024297
T*CO <sub>2</sub>	2.37E-05

Τα διαγράμματα που ακολουθούν στην συνέχεια, παρουσιάζουν την συσχέτιση μεταξύ των πραγματικών παρατηρήσεων των μικροβιακών πληθυσμών των ψευδομονάδων και των οξυγαλακτικών σε σχέση με τις τιμές που προβλέπονται από το πολυωνυμικό μοντέλο, συναρτήσει της θερμοκρασίας και του ποσοστού CO<sub>2</sub> για κάθε συσκευασία ξεχωριστά.





**Διάγραμμα 20.** Προσωμοίωση της ανάπτυξης των ψευδομονάδων σε μεταβαλλόμενες συνθήκες θερμοκρασίας, 4-12°C σε σαλάτες ρόκας.

Τα δευτερογενή πολυωνυμικά μοντέλα αναπτύχθηκαν προκειμένου να προβλεφθεί ο ρυθμός ανάπτυξης των ψευδομονάδων συναρτήσει της θερμοκρασίας και του ποσοστού του CO<sub>2</sub> μέσα στην συσκευασία. Η μοντελοποίηση έγινε για τις ψευδομονάδες που αποτελούν την κύρια αιτία αλλοίωσης των σαλατών και τα οξυγαλακτικά καθώς αυτά επηρεάζονται περισσότερο από το ποσοστό CO<sub>2</sub>. Από τον **Πίνακα 7** που έχει προκύψει από την επεξεργασία των μικροβιολογικών δεδομένων με το πρωτογενές μοντέλο Baranyi, παρατηρούμε ότι ο ρυθμός ανάπτυξης των ψευδομονάδων ( $\mu_{max}$ ), αυξάνει με την θερμοκρασία όπως αναμένεται αλλά μειώνεται με την αύξηση του CO<sub>2</sub> μέσα στην σακούλα. Η επικύρωση του μοντέλου έγινε σε καθεστώς μεταβαλλόμενων θερμοκρασιών με πρόγραμμα 8 ώρες/ 4°C, 8 ώρες/ 12°C και 8 ώρες/ 8°C). Η ευθεία που περιγράφει την καμπύλη είναι η  $y=0,93x$  με  $R^2=0.85$ . Οι προβλέψεις του μοντέλου για την ανάπτυξη των ψευδομονάδων σε όλες τις TA εκτός από την 5%O<sub>2</sub>:15%CO<sub>2</sub> παρουσιάζει διαφορές, με την πολυωνυμική καμπύλη να δείχνει υποεκτίμηση των παρατηρήσεων. Αυτό ίσως οδηγεί στην ενσωμάτωση και άλλων μεταβλητών που επηρεάζουν τον ρυθμό ανάπτυξης των ψευδομονάδων εκτός από την θερμοκρασία και το CO<sub>2</sub> όπως είναι ο ρυθμός αναπνοής της ρόκας και η περατότητα της μεμβράνης σε O<sub>2</sub> που καθορίζουν την αέρια σύσταση μέσα στην συσκευασία.

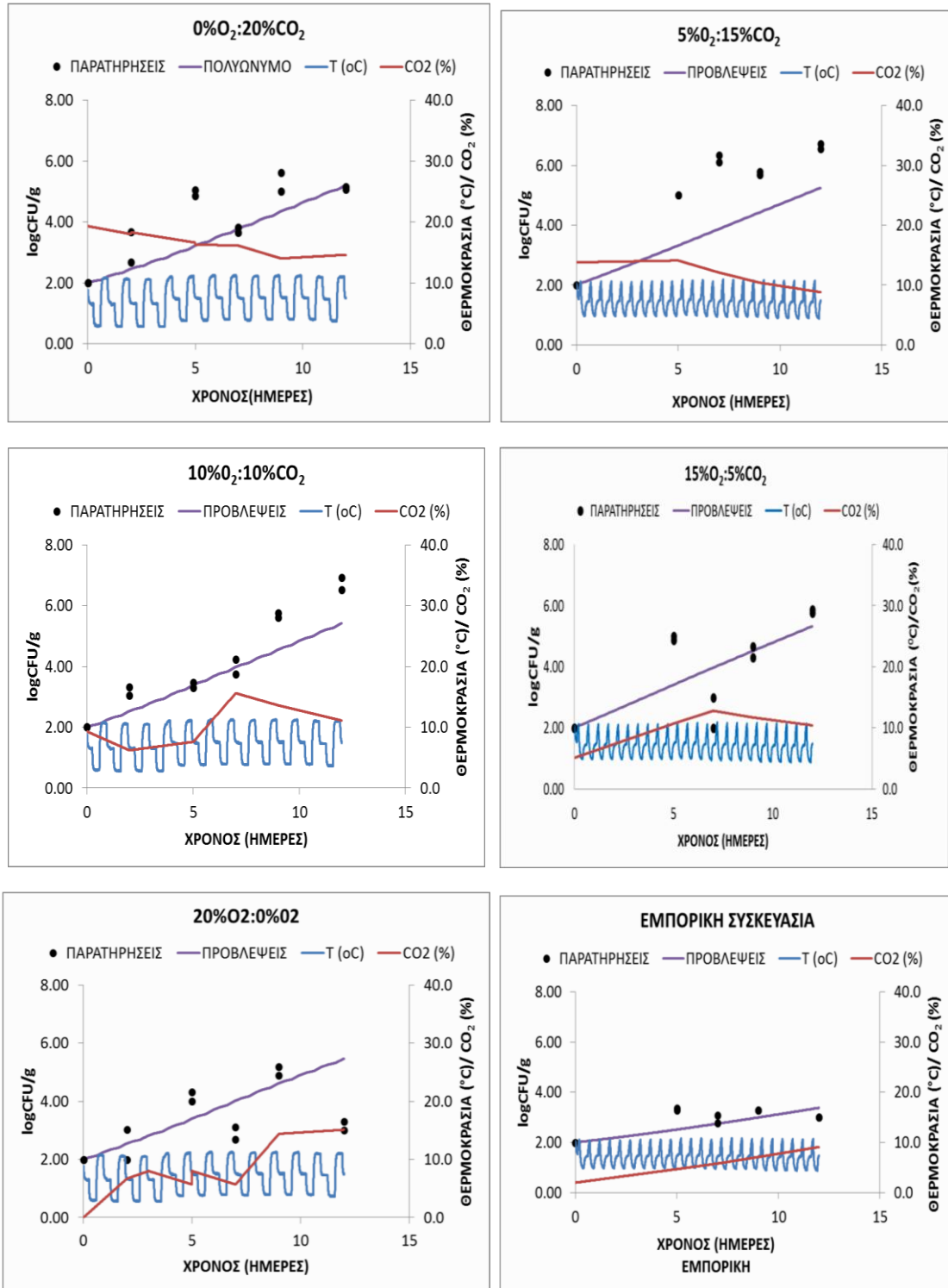
### 3.9 Προσομοίωση ρυθμού ανάπτυξης οξυγαλακτικών

**Πίνακας 8.** Τιμές ρυθμού ανάπτυξης των οξυγαλακτικών σε κάθε θερμοκρασία και ποσοστό CO<sub>2</sub> όπως υπολογίστηκε από το πρωτογενές μοντέλο Baranyi.

		ΡΥΘΜΟΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ	
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	CO <sub>2</sub> (%)	ΟΞΥΓΑΛΑΚΤΙΚΑ	
0	0	0.2364	
0	5	0.101	
0	10	0.2431	
0	15	0.1205	
0	20	0.233	
5	0	0.1798	
5	5	0.1346	
5	10	0.3445	
5	15	0.2058	
5	20	0.1856	
10	0	0.3536	
10	5	0.2622	
10	10	0.3355	
10	15	0.6362	
10	20	0.783	
15	0	0.3774	
15	5	0.7748	
15	10	0.7215	
15	15	1.3912	
15	20	0.5294	

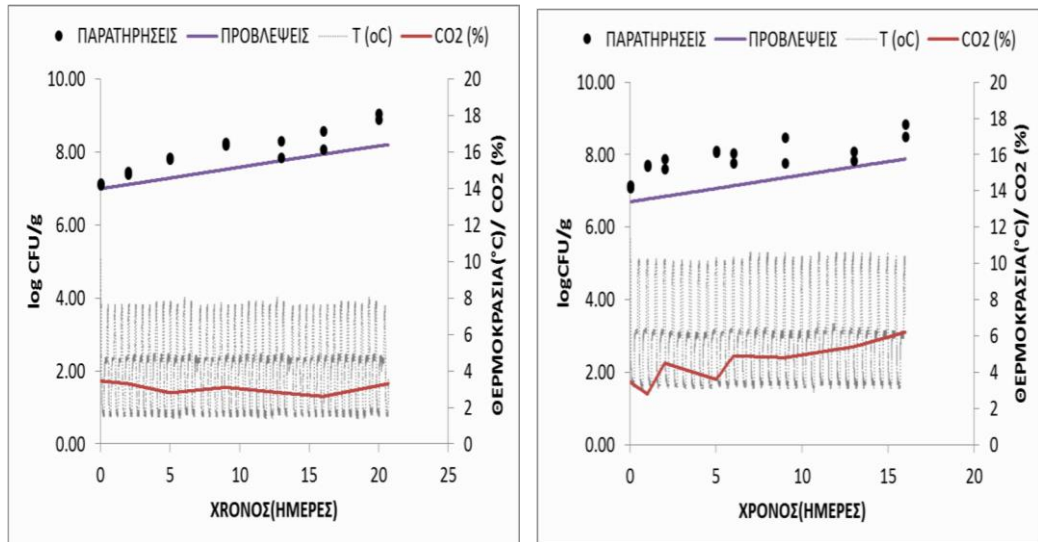
ΠΟΛΥΩΝΥΜΙΚΟ	
Intercept	0.52029
CO2	-0.0065651
T	0.04907
CO2^2	-1.45E-04
T^2	-0.00064711
T*CO2	7.54E-04



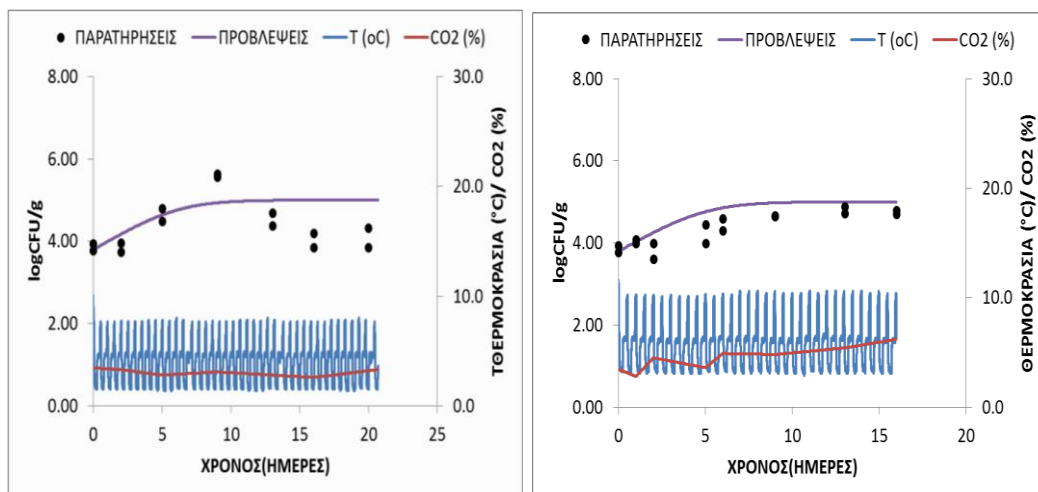
**Διάγραμμα 21.** Προσωμοίωση της ανάπτυξης των οξυγαλακτικών σε μεταβαλλόμενες συνθήκες θερμοκρασίας, 4-12°C σε σαλάτες ρόκας.

Απο τον **πίνακα 8** που προέκυψε από το πρωτογενές μοντέλο του Baranyi παρατηρείται ότι ο ρυθμός ανάπτυξης των οξυγαλακτικών αυξάνεται στις υψηλότερες συγκεντρώσεις του CO<sub>2</sub> στις μεγαλύτερες όμως θερμοκρασίες. Οι προβλέψεις του πολυωνυμικού μοντέλου παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές σε σχέση με τις παρατηρήσεις. Αυτό ίσως εξηγείται από το γεγονός ότι τα οξυγαλακτικά βακτήρια κατά την διάρκεια του πειράματος παρουσίασαν αρκετές διακυμάνσεις στην ανάπτυξη τους επηρεαζόμενα από την θερμοκρασία, την σύσταση των αερίων και τον μεγάλο ανταγωνισμό των υπόλοιπων μικροβιακών ομάδων.

### 3.10. Προσομοίωση του ρυθμού ανάπτυξης των ψευδομονάδων και των οξυγαλακτικών σε σαλάτες ρόκας BRYAN



**Διάγραμμα 22** . Προσομοίωση της ανάπτυξης των ψευδομονάδων σε μεταβαλλόμενες συνθήκες θερμοκρασίας Μέσης Τιμής 5°C και 8°C σε σαλάτες ρόκας BRYAN.



**Διάγραμμα 23** . Προσομοίωση της ανάπτυξης των οξυγαλακτικών σε μεταβαλλόμενες συνθήκες θερμοκρασίας Μέσης Τιμής 5°C και 8°C σε σαλάτες ρόκας Bryan.

Η επικύρωση του μοντέλου που αναπτύχθηκε δοκιμάστηκε δευτερευόντως εκτος από τις καθεστώς μεταβαλλόμενων θερμοκρασιών και σε σαλάτες ρόκας BRYAN διαφορετικής ποικιλίας, διαφορετικής αέριας σύστασης και διαφορετικό υλικό συσκευασίας σε δύο διαφορετικά μεταβαλλόμενα θερμοκρασιακά καθεστώτα. Στο πρώτο η θερμοκρασία κυμάνθηκε από 2-8 °C και στο δεύτερο από 3-10 °C Τα αποτελέσματα της εκτίμησης του πολυωνυμικού μοντέλου έδειξαν φανερή υποεκτίμηση στην προσαρμογή των δεδομένων στην περιγραφή της αύξησης των ψευδομονάδων **Διάγραμμα 22** αλλά καλύτερη συσχέτιση από αυτή που παρουσίασε το μοντέλο στις μεταβαλλόμενες θερμοκρασίες **Διάγραμμα 20** .

Αντιθέτως στην περίπτωση των οξυγαλακτικών το μοντέλο παρουσιάζει υπερεκτίμηση των δεδομένων σε σχέση με τις παρατηρήσεις **Διάγραμμα 23** .

.Παρ όλο που οι εκτιμήσεις του πολυωνυμικού μοντέλου δείχνουν να μην συμφωνούν και να παρουσιάζουν διαφορές με τις παρατηρήσεις των τιμών του ρυθμού ανάπτυξης των ψευδομονάδων και των οξυγαλακτικών βακτηρίων, ίσως μπορούν να αποτελέσουν μια αξιόπιστη βάση για την περαιτέρω βελτίωση του μοντέλου. Επομένως να είναι δυνατή η ακριβέστερη πρόβλεψη του ρυθμού ανάπτυξης συναρτήσει της θερμοκρασίας και της συγκέντρωσης CO<sub>2</sub>.

### 3.11. Προσομοίωση δεδομένων πολυφασματικής απεικόνισης

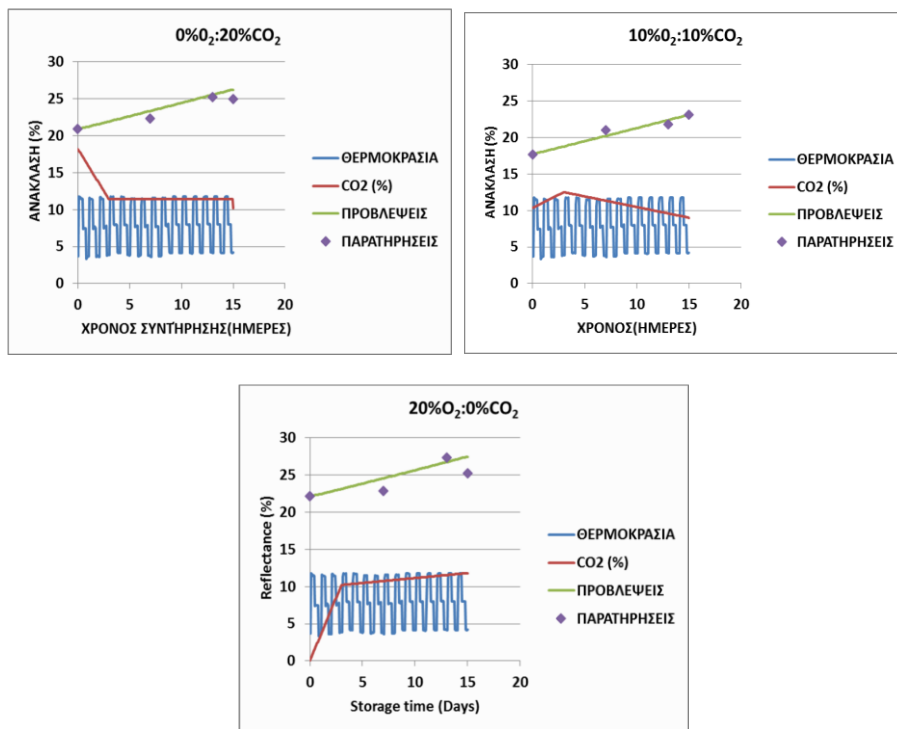
**Πίνακας 9** . Τιμές ρυθμού αύξησης του φαινομένου κιτρίνισματος των φύλλων συναρτήσει της θερμοκρασίας και του CO<sub>2</sub>

T	CO2	ρυθμός
0	0	0.07548
0	10	0.2115
0	20	0.06389
5	0	0.1816
5	10	0.3027
5	20	0.1318
10	0	0.32516
10	10	0.2785
10	20	0.4621
15	10	0.7174
15	20	0.5298

Parameter	Estimate
Const	0.09465
T	0.0070047
CO2	0.017032
T*CO2	1.68E-04
T^2	0.0015457
CO2^2	-8.79E-04



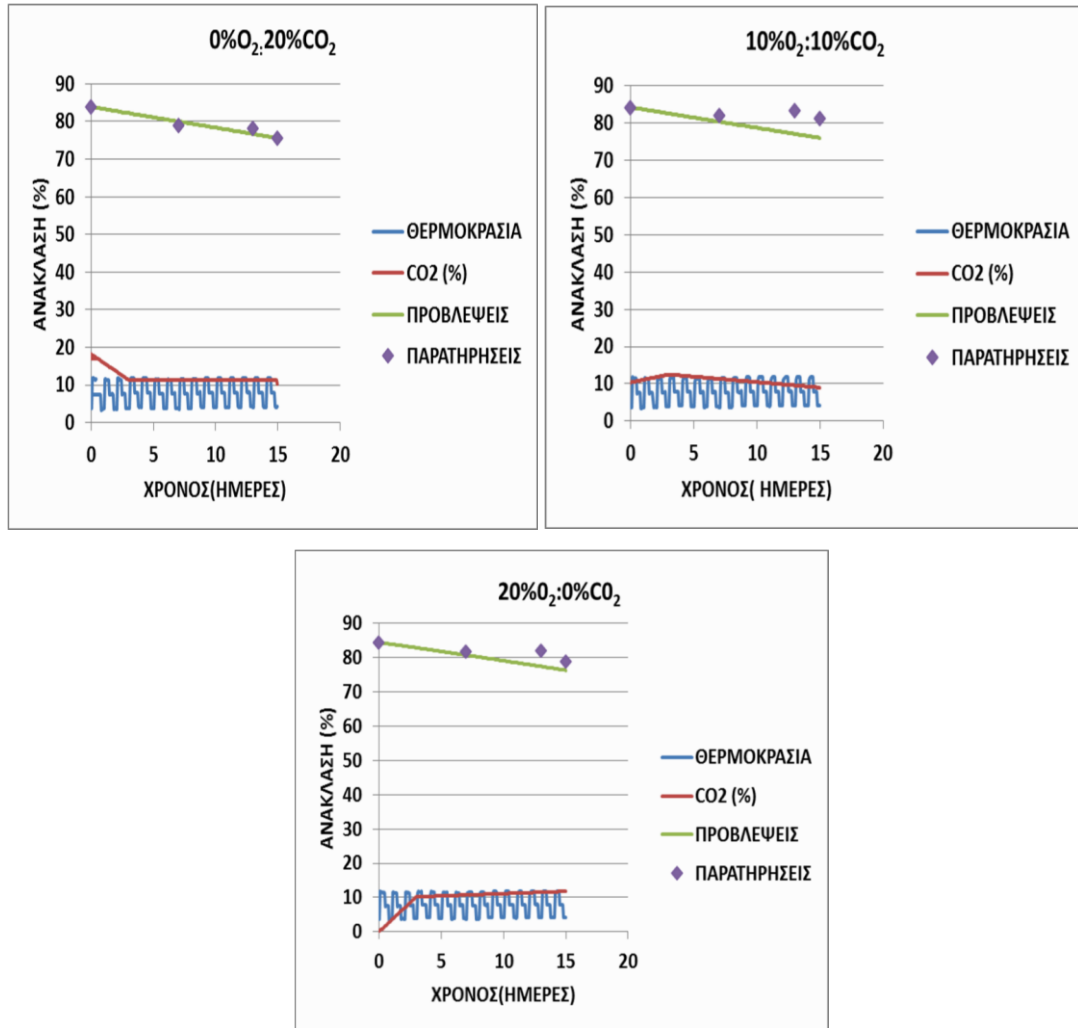


**Διάγραμμα 24.** Προσομοίωση του κιτρινίσματος των φύλλων σε 3 διαφορετικές ΤΑ

**Πίνακας 10.** Τιμές ρυθμού αύξησης του φαινομένου “sprinklyness” των φύλλων συναρτήσει της θερμοκρασίας και του CO<sub>2</sub>..

T	CO <sub>2</sub>	ρυθμός
0	0	0.2907
0	10	0.2880
0	20	0.3330
5	0	0.3344
5	10	0.3612
5	20	0.3904
10	0	0.5533
10	10	0.5398
10	20	0.6368
15	0	0.8227
15	10	0.7612
15	20	1.0213

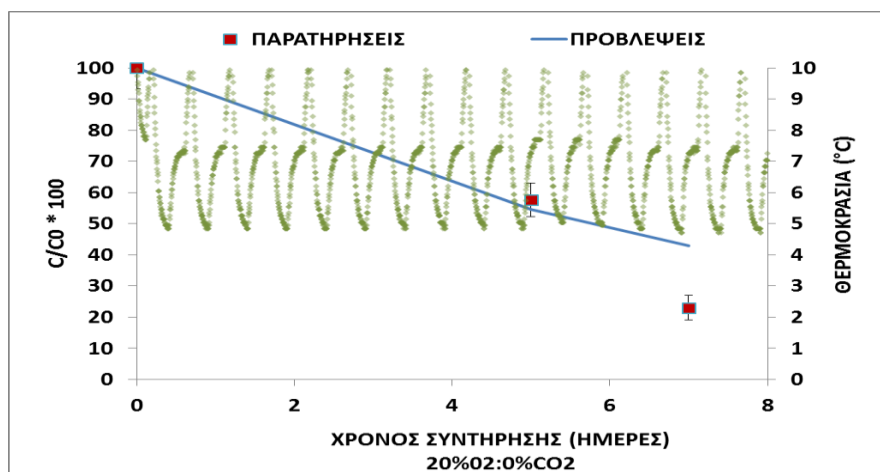
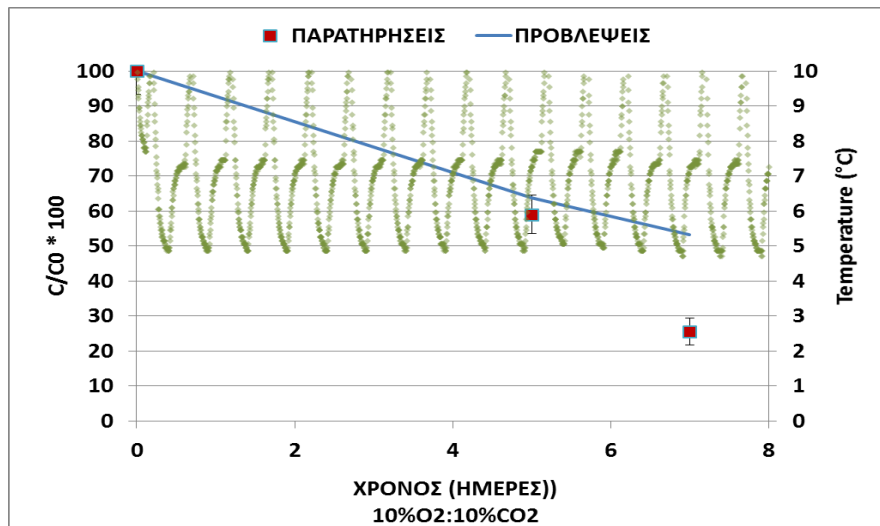
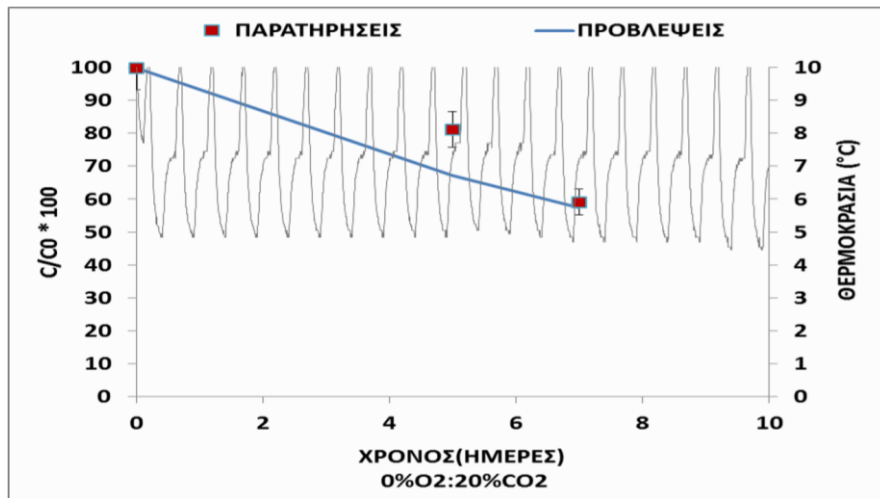
Parameter	Estimate
Const	0.30967
T	-0.0054747
CO <sub>2</sub>	-0.0075984
T*CO <sub>2</sub>	4.83E-04
T <sup>2</sup>	0.0032722
CO <sub>2</sub> <sup>2</sup>	6.55E-04



**Διάγραμμα 25** . Προσομοίωση του φαινομένου “sprinklyness” των φύλλων σε 3 διαφορετικές ΤΑ.

Στα **διαγράμματα 24,25** φαίνεται η απόδοση του πολυωνυμικού μοντέλου για την πρόβλεψη των τιμών του κιτρινίσματος των φύλλων και της εμφάνισης των σταγόνων υγρασίας (sprinklyness) επάνω στα φύλλα της ρόκας. Το κιτρίνισμα των φύλλων εκφράζεται με το ποσοστό ανάκλασης στο ορατό φάσμα στα 570 nm. Ενώ οι σταγόνες υγρασίας εκτιμώνται από το ποσοστό ανάκλασης στην περιοχή κοντά στο υπέρυθρο στα 890 nm. Παρατηρείται ότι το μοντέλο και για τα δύο φαινόμενα παρουσιάζει πολύ καλή συσχέτιση των προβλέψεων με τις τιμές των παρατηρήσεων και στις 3 διαφορετικές συσκευασίες. Για την απόκτηση μεγαλύτερης αξιοπιστίας του μοντέλου θα πρέπει συλλεχθεί μεγαλύτερος όγκος συλλογής δεδομένων ώστε να μελετηθεί καλύτερα η ανταποκρισή του.

### 3.12 Προσομοίωση μετρήσεων βιταμίνης C



Διάγραμμα 26. Προσομοίωση του ρυθμού μείωσης της βιταμίνης C σε 3 διαφορετικές ατμόσφαιρας.

Οι προβλέψεις του ρυθμού μείωσης της βιταμίνης C από το δευτερογενές μοντέλο του Arrhenius δείχνουν μια καλή συσχέτιση των προβλέψεων του μοντέλου. Παρ' όλα αυτά και σε αυτήν την περίπτωση θεωρείται αναγκαία η συγκέντρωση ικανού όγκου συλλογής δεδομένων για τον καλύτερο έλεγχο της αποτελεσματικότητας του μοντέλου.

## 4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι μικροοργανισμοί που κυριαρχούν στην φρεσκοκομμένη σαλάτα ρόκας ανεξαρτήτως θερμοκρασίας συντήρησης και αρχικής σύστασης αερίων O<sub>2</sub> και CO<sub>2</sub> στην συσκευασία είναι οι ψευδομονάδες. Αντιθέτως τα οξυγαλακτικά για όλη την διάρκεια του πειράματος παρέμειναν σε χαμηλότερα επίπεδα πληθυσμών σε σχέση με τα εντεροβακτήρια και τις ζύμες-μύκητες. Η θετική επίδραση του CO<sub>2</sub> έγινε εμφανής στις υψηλές θερμοκρασίες.

Η εμπορική συσκευασία στους 0 °C είχε μικροβιολογική διάρκεια ζωής 12 ημέρες. Οι συσκευασίες με αναλογία αερίων 10% O<sub>2</sub>:10 %CO<sub>2</sub> και 5% O<sub>2</sub>:15 %CO<sub>2</sub> παρέτειναν τον χρόνο ζωής κατά 4 ημέρες. Οργανοληπτικά η ρόκα θεωρείται μη αποδεκτή πριν ξεπεραστούν τα μικροβιακά όρια της αλλοίωσης. Την καλύτερη οργανοληπτική απόδοση την πέτυχαν οι συσκευασίες με σύσταση αερίων 10% O<sub>2</sub>:10 %CO<sub>2</sub> και η 15% O<sub>2</sub>:5%CO<sub>2</sub>. Τόσο στην μικροβιολογική όσο και στην οργανοληπτική επιμήκυνση της διάρκειας ζωής σημαντικό ρόλο φαίνεται να παίζει η ικανοποιητική παρουσία ποσοστού CO<sub>2</sub> σε συνδιασμό με του O<sub>2</sub>.

Τα δευτερογενή μοντέλα που χρησιμοποιήθηκαν παρουσίασαν αποκλίσεις των προβλέψεων από τις πραγματικές τιμές του ρυθμού ανάπτυξης του πληθυσμού των ψευδομονάδων και των οξυγαλακτικών βακτηρίων. Είναι δυνατόν όμως να αποτελέσουν μια ικανή βάση πληροφοριών για την περαιτέρω εξελιξή και βελτιωσή τους.

Συμπερασματικά θα μπορούσε να ειπωθεί ότι τα σύνθετα μοντέλα που αναπτύχθηκαν και σχετίζονται με την μικροβιακή αλλοίωση και την υποβάθμιση της ποιότητας σε φρεσκοκομμένες φυλλώδεις σαλάτες μπορούν να επιτρέψει την συγκριτική αξιολόγηση πολλαπλών δεικτών ποιότητας ανάλογα με τηνθερμοκρασία συντήρησης και την αρχική σύσταση O<sub>2</sub> και CO<sub>2</sub>. Οι μη επεμβατικές μέθοδοι όπως η πολυφασματική ανάλυση εικόνας είναι δυνατόν να προβλέψουν αξιόπιστα την μικροβιακή αλλοίωση και την υποβάθμιση της ποιότητας σε φρεσκοκομμένες σαλάτες. Η περαιτέρω βελτίωση και ανάπτυξη των μοντέλων που προβλέπουν την διάρκεια ζωής στο μέλλον μπορεί να αποτελέσει ένα πολύ αποτελεσματικό εργαλείο για την ανάπτυξη νέων προϊόντων στον τομέα της επεξεργασίας, συντήρησης και πώλησης των έτοιμων προς κατανάλωση φρέσκων κομμένων λαχανικών.

## 5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Ahvenainen, R. (1996). New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetables. *Trends in Food Science & Technology*, 7(6), 179–187
2. Al-Ati, T., & Hotchkiss, J. H. (2002). Application of packaging and modified atmosphere to fresh-cut fruits and vegetables. In O. Lamikanra (Ed.), *Fresh-cut fruits and vegetables. Science, technology and market*. Boca Raton, FL: CRC Press
3. Ares, G., Gimenez, A., & Gambaro, A. (2008). Sensory shelf life estimation of minimally processed lettuce considering two stages of consumers' decisionmaking process. *Appetite*, 50(2–3), 529–535.
4. Arvanitoyannis, I., & Stratakos, A. C. (2010). Chapter 12—Irradiation of fruits and vegetables. *Irradiation of food commodities* (pp. 467–535). Boston Academic Press
5. Bastrash, S., Makhlof, J., Castaigne, F., Willemot, C., 1993. Optimal controlled atmosphere conditions for storage of broccoli florets. *J. Food Sci.* 58, 338–341
6. Beaudry, R. M. (1999). Effect of O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> partial pressure on selected phenomena affecting fruit and vegetable quality. *Postharvest Biology and Technology*, 15, 293–303
7. Bech, A.C., Grunert, K. G., Bredahl, L., Juhl, H. J., & Poulsen, C. S. (2001). Consumer's quality perception. In L. J. Frewer, E. Risvik, & H. Schifferstein (Eds.), *Food, people and society: A European perspective of consumers' food choices* (pp. 97–113). Berlin: Springer
8. Beuchat, L. R. (1998). Surface decontamination of fruits and vegetables eaten raw: A review. *Food Safety Unit, World Health Organisation, WHO/FSF/FOS/98.2*, 42
9. B. Ramos, F.A. Miller, T.R.S. Brandão, P. Teixeira, C.L.M. Silva 2013 Fresh fruits and vegetables—An overview on applied methodologies to improve its quality and safety *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 20 (2013) 1–15
10. Buning-Pfaue, H., 2003. Analysis of water in food by near infrared spectroscopy. *Food Chemistry* 82, 107–115
11. Cameron, A. C., Beaudry, R. M., Banks, N. H., & Yelanich, M. V. (1994). Modified atmosphere packaging of blueberry fruit: modelling respiration and package oxygen partial pressures as function of temperature. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 119(3), 534–539
12. Caponigro V., Ventura M., Chiancone I., Amato L., Parente E., Piro F., 2010. Variation of microbial load and visual quality of ready-to-eat salads by vegetable type, season, processor and retailer. *Food Microbiology* 27, 10711077.
13. Caterina Dinnella a, Luisa Torri b, Gabriella Caporale c, Erminio Monteleone a, An exploratory study of sensory attributes and consumer traits underlying

liking for and perceptions of freshness for ready to eat mixed salad leaves in Italy Food Research International 59 (2014) 108–116

14. Carrasco, E., Morales-Rueda, A., & García-Gimeno, R. M. (2012). Crosscontamination and recontamination by Salmonella in foods: A review. *Food Research International*, 45(2), 545–556
15. Changhong Liu<sup>1</sup>, Wei Liu<sup>2</sup>, Xuzhong Lu<sup>3</sup>, Fei Ma<sup>1</sup>, Wei Chen<sup>1\*</sup>, Jianbo Yang<sup>3\*</sup>, Lei Zheng<sup>1,4\*</sup> Application of Multispectral Imaging to Determine Quality Attributes and Ripeness Stage in Strawberry Fruit
16. Cui, X., Shang, Y., Shi, Z., Xin, H., & Cao, W. (2009). Physicochemical properties and bactericidal efficiency of neutral and acidic electrolyzed water under different storage conditions. *Journal of Food Engineering*, 91(4), 582–586.
17. Del Nobile, M. A., Baiano, A., Benedetto, A., & Massignan, L. (2006). Respiration rate of minimally processed lettuce as affected by packaging. *Journal of Food Engineering*, 74, 60e69
18. Eskin, M. N. A. (1990). Biochemical changes in raw foods: fruits and vegetables. In M. N. A. Eskin (Ed.), *Biochemistry of foods* (pp. 70e78). Toronto, ON: Academic Press.
19. Fonseca, S.C., Oliveira, F.A.R., Brecht, J.K., 2002. Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: a review. *J. Food Eng.* 52, 99–119.
20. Froder, H., Martins, C. G., de Souza, K. L. O., Landgraf, M., Franco, B., & Destro, M. T. (2007). Minimally processed vegetable salads: Microbial quality evaluation. *Journal of Food Protection*, 70(5), 1277–1280.
21. Hartley, L., Igbinedion, E., Holmes, J., Flowers, N., Thorogood, M., Clarke, A., et al. (2013). Increased consumption of fruit and vegetables for the primary prevention of cardiovascular diseases. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, 6, CD009874
22. Iqbal, T., Rodrigues, F.A.S., Mahajan, P.V., Kery, J.P., 2009. Mathematical modelling of the influence of temperature and gas composition on the respiration rate of shredded carrots. *J. Food Eng.* 91, 325–332.
23. Gil, M.I., Ferreres, F., Tom'as-Barber'an, F.A., 1998b. Modified-atmosphere packaging of minimally processed "Lollo rosso" (*Lactuca sativa*). Phenolic metabolites and quality changes. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* 206, 350–354.
24. Jacxsens, L., Devlieghere, F., Falcato, P., & Debevere, J. (1999). Behaviour of *Listeria monocytogenes* and *Aeromonas* spp. on fresh-cut produce packaged under equilibrium-modified atmosphere. *Journal Food Protection*, 10, 1128–1135.
25. Jacxsens, L., Devlieghere, F., De Rudder, T., & Debevere, J. (2000). Designing equilibrium modified atmosphere packages for fresh-cut vegetables subjected to changes in temperature. *LWT – Food Science and Technology*, 33, 178–187
26. Hough, G., Langohr, K., & Gomez, G. (2003). Survival analysis applied to sensory shelf life of foods. *Journal of Food Science*, 68(1), 359–362.

27. Jacxsens, L., Devlieghere, F., & Debevere, J. (2002). Temperature dependence of shelf-life as affected by microbial proliferation and sensory quality of equilibrium modified atmosphere packaged fresh produce. *Post-harvest Biology and Technology*, 26, 59–73
28. Jung, Y. J., Padmanabahn, A., Hong, J. H., Lim, J., & Kim, K. O. (2012). Consumer freshness perception of spinach samples exposed to different storage conditions. *Postharvest Biology and Technology*, 73, 115–121.
29. Kader, A. A., Zagory, E. L., & Kerbel, E. L. (1989). Modified atmosphere packaging of fruit and vegetables. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 28, 1e30.
30. Kays, S. J. (1991). *Postharvest physiology of perishable plant products*. New York: Van Nostrand Reinhold
31. Koukounaras A., Siomos A. \*, Sfakiotakis E. Postharvest CO<sub>2</sub> and ethylene production and quality of rocket (*Eruca sativa* Mill.) leaves as affected by leaf age and storage temperature *Postharvest Biology and Technology* 46 (2007) 167–173
32. Koukounaras A, Siomos A,S, Sfakiotakis E. Impact of heat treatment on ethylene production and yellowing of modified atmosphere packaged rocket leaves *Postharvest Biology and Technology* 54 (2009) 172–176.
33. Lakakul, R., Beaudry, R. M., & Hernandez, R. J. (1999). Modeling respiration of apple slices in modified atmosphere packages. *Journal of Food Science*, 64, 105–110.
34. Lammertyn, J., Franck, C., Verlinden, B.E., Nicolai, B., 2001. Comparative study of the O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> and temperature effect on respiration between ‘Conference’ pear cell protoplasts in suspension and intact pears. *J. Exp. Bot.* 52, 1769–1777.
35. Laties, G. G. (1978). The development and control of respiratory pathways in slices of plant storage tissues. In G. Kahl (Ed.), *Biochemistry of wounded plant tissues* (pp. 421e466). Berlin: Walter deGruyter
36. Lewicki, P. P., Gondek, E., Wtrowa-Raichert, D., & Nowak, D. (2001). Effect of drying on respiration of apple slices. *Journal of Food Engineering*, 49, 333e337
37. L. Jacxsens, F. Devlieghere\*, J. Debevere Predictive modelling for packaging design: equilibrium modified atmosphere packages of fresh-cut vegetables subjected to a simulated distribution chain. *International Journal of Food Microbiology* 73 (2002) 331–341.
38. Løkke, M.M., Seefeldt, H.F., Edelenbos, M., 2012. Freshness and sensory quality of packaged wild rocket salad. *Postharvest Biology and Technology* 73, 99–106.
39. Løkke, M.M Helene F. Seefeldt, Thomas Skovb, Edelenbosa M. Color and textural quality of packaged wild rocket measured by multispectral imaging *Postharvest Biology and Technology* 75 (2013) 86–95
40. Madigan M; Martinko J (editors). (2005). *Brock Biology of Microorganisms* (11th ed.). Prentice Hall. ISBN 0-13-144329-1.



41. Mathooko, F. (1996). Regulation of respiratory metabolism in fruits and vegetables by carbon dioxide. *Postharvest Biology and Technology*, 9, 247–264
42. Nguyen-the, C., & Carlin, F. (1994). The microbiology of minimally processed fresh fruits and vegetables. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 34(4), 371e401
43. Nguyenthe, C., & Carlin, F. (1994). The microbiology of minimally processed fresh fruits and vegetables. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 34(4), 371–401.
44. Oliveira, M., Usall, J., Viñas, I., Anguera, M., Gatus, F., & Abadias, M. (2010). Microbiological quality of fresh lettuce from organic and conventional production. *Food Microbiology*, 27(5), 679–684
45. Péneau, S., Linke, A., Escher, F., & Nuessli, J. (2009). Freshness of fruits and vegetables: Consumer language and perception. *British Food Journal*, 111, 243–256.
46. Ponce, A. G., Roura, S. I., del Valle, C. E., & Fritz, R. (2002). Characterization of native microbial population of Swiss chard (*Beta vulgaris*, type cicla). *LWT Food Science and Technology*, 35(4), 331–337.
47. Pseudomonas entry in LPSN [Euzéby, J.P. (1997). "List of Bacterial Names with Standing in Nomenclature: a folder available on the Internet". *Int JSyst Bacteriol* 47 (2): 590–2. doi:10.1099/00207713-47-2-590. ISSN 0020-7713. PMID 9103655.]
48. Ragaert P., Devlieghere F., Debevere J., 2007. Role of microbiological and physiological spoilage mechanisms during storage of minimally processed vegetables, Review. *Postharvest Biology and Technology* 44, 185–194.
49. Rico D., Martin-Diana A.B., Barry- Ryan C., Frias J.M., Henehan G.T.M., Barat J.M., 2008. Use of neutral electrolysed water (EW) for quality maintenance and shelf-life extension of minimally processed lettuce. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 9, 37–48.
50. Rosnes, J. T., Sivertsvik, M., & Ska<sup>o</sup>ra, T. (2003). Chapt. 14. Combining MAP with other preservation techniques. In R. Ahvenainen (Ed.), *Novel food packaging techniques*. Cambridge, England: Woodhead publishing ltd, ISBN 1855736756
51. Saltveit, M.E., 2003a. Fresh-cut vegetables. In: Bartz, J.A., Brecht, J.K. (Eds.), *Postharvest physiology and pathology of vegetables*. , 2nd ed. Marcel Dekker, New York, pp. 691–712
52. Salunkhe, D. K., Bolin, H. R., & Reddy, N. R. (1991). *Storage, processing, and nutritional quality of fruits and vegetables*, 2, . Boca Raton: CRC Press.
53. Sandhya\* 2010 *LWT - Food Science and Technology* 43 (2010) 381–392 Modified atmosphere packaging of fresh produce: Current status and future needs
54. Sapers, G. M. (2003). Washing and sanitizing raw materials for minimally
55. processed fruit and vegetable products. In J. S. Novak,

56. G. M. Sapers, & V. K. Juneja (Eds.), Microbial safety of minimally
57. Saxena, A., Bawa, A. S., & Raju, P. S. (2008). Use of modified atmosphere packaging to extend shelf-life of minimally processed jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* L.) bulbs. *Journal of Food Engineering*, 87(4), 455–466.
58. Sivertsvik, M., Rosnes, J. T., & Bergslien, H. (2002). Modified atmosphere packaging. In T. Ohlsson, & N. Bengtsson (Eds.), *Minimal processing technologies in the food industry*. Cambridge, UK: Woodhead publishing
59. Shivapriya Manchalia, Kotamballi N. Chidambara Murthyb,c,\* , Bhimanagouda S. Patilb Crucial facts about health benefits of popular cruciferous Vegetables Benito, E., Obrador, A., Stiggelbout, A., Bosch, F., Mulet, M., Munoz, *Journal of functional foods* 4 (2012)94-96
60. Soliva-Fortuny, S.C., Martín-Belloso, O., 2003. New advances in extending the shelf-life of fresh-cut fruits: a review. *Trends Food Science and Technology* 14, 341–353.
61. Tournas V.H., 2005. Moulds and yeasts in fresh and minimally processed vegetables, and sprouts. *International Journal of Food Microbiology* 99, 71–77.
62. Uchino, T., Nei, D., Hu, W.Z., Sorour, H., 2004. Development of a mathematical model for dependence of respiration rate of fresh produce on temperature and time. *Postharvest Biol. Technol.* 34, 285–293.
63. Watada, A.E., Qi, L., 1999. Quality of fresh-cut produce. *Postharvest Biol. Technol.* 15, 201–205.
64. Watkins, C. (2000). Responses of horticultural commodities to high carbon dioxide as related to modified atmosphere packaging. *Horticultural Technology*, 10, 501–506.
65. Willocx, F., 1995. Evolution of microbial and visual quality of minimally processed foods: a case study on the product life cycle of cut endive. PhD thesis, Catholic University of Leuven, Belgium.
66. Zagory, D. (1999). Effects of post-processing handling and packaging on microbial populations. *Postharvest Biology and Technology*, 15(3), 313–32