

**Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο**

**Σχολή Χημικών Μηχανικών**

**Τομέας IV: Σύνθεσης και Ανάπτυξης Βιομηχανικών Διαδικασιών**

**Εργαστήριο Χημείας και Τεχνολογίας Τροφίμων**



**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**«ΚΙΝΗΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΠΟΙΟΤΙΚΩΝ ΔΕΙΚΤΩΝ  
ΣΥΣΚΕΥΑΣΜΕΝΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΠΡΑΣΙΝΗΣ ΣΑΛΑΤΑΣ»**

Φιλέρη Καλλιόπη

Επιβλέπων καθηγητής: Ταούκης Πέτρος

ΑΘΗΝΑ, Οκτώβριος 2014



## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

*Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στον χώρο του Εργαστηρίου Χημείας και Τεχνολογίας Τροφίμων της Σχολής Χημικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, υπό την επίβλεψη του Καθηγητή της Σχολής κ. Ταούκη Πέτρου, τον οποίο ευχαριστώ ιδιαίτερα τόσο για την ανάθεση της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας, όσο και για την πολύτιμη βοήθεια που μου προσέφερε κατά την διεξαγωγή της εργασίας.*

*Θέλω να ευχαριστήσω πραγματικά όλους τους Διδάκτορες και Υποψήφιους Διδάκτορες του Εργαστηρίου Χημείας και Τεχνολογίας Τροφίμων, και συγκεκριμένα τις Δερμεσονλούογλου Έφη, Ορφανουδάκη Αργυρώ, Τσεβδού Μαρία, Τσιρώνη Φανή, Πλατάκου Ελένη αλλά και όλους τους υπόλοιπους, για την αμέριστη κατανόηση που έδειξαν για οποιοδήποτε πρόβλημα ή απορία προέκυπτε κατά την διεξαγωγή της διπλωματικής μου εργασίας αλλά και την συμπαράσταση και βοήθεια τους στην εκπόνηση της διπλωματικής, τους τελευταίους 6 μήνες. Επίσης, θέλω να ευχαριστήσω πραγματικά και όλους τους συμφοιτητές μου από το Εργαστήριο Χημείας και Τεχνολογίας Τροφίμων Ε.Μ.Π, για την αγαστή συνεργασία που είχαμε κατά την διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας.*

*Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω στους γονείς μου Βαγγέλη και Κική, οι οποίοι αποτέλεσαν και αποτελούν στήριγμα σε όλα τα χρόνια των σπουδών μου, χωρίς πίεση, αλλά με υπομονή και διακριτικότητα να με συντροφεύουν σε όλες τις επιλογές της ζωής μου.*

**Φιλέρη Καλλιόπη**

**Αθήνα, Οκτώβριος, 2014**





## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η συγκεκριμένη πειραματική μελέτη πραγματοποιήθηκε σε δείγματα ραδικιών, εφόσον δεν υπάρχει εκτεταμένη βιβλιογραφική επιστημονική έρευνα σχετικά με την υποβάθμιση των ποιοτικών δεικτών του ραδικιού, είδους που αποτελεί αναπόσπαστο στοιχείο της ελληνικής άγριας χλωρίδας, εμπορικά αξιοποιήσιμου σε φρεσκοσυλλεγμένες σαλάτες αλλά και καταναλισκόμενου σε ωμή μορφή.

Ο πειραματικός σχεδιασμός της εν λόγω σειράς πειραμάτων αφορά την κινητική μελέτη της υποβάθμισης της ποιότητας των φυλασσόμενων υπό ψύξη δειγμάτων ραδικιού και την εξαγωγή κινητικών μοντέλων εξάρτησης των ποιοτικών τους παραμέτρων από τις 2 συνθήκες συσκευασίας (διατηρημένα σε εμπορικές συσκευασίες αέρα με διάτρητη μεμβράνη και σε συσκευασίες τροποποιημένης ατμόσφαιρας, σύστασης 5% O<sub>2</sub> και 15% CO<sub>2</sub>) και τις θερμοκρασίες αποθήκευσης (2, 5, VAR, 10, 15 και 0 °C), με στόχο τον προσδιορισμό της διατηρησιμότητας των υπό εξέταση προϊόντων. Συγκεκριμένα, ο στόχος των πειραματικών σειρών είναι η εξαγωγή ενός ενιαίου μοντέλου ανά ποιοτικό δείκτη, που να μπορεί να χαρακτηριστεί αξιόπιστος όσον αφορά την χρονική μεταβολή της ποιότητας του τροφίμου σε οποιαδήποτε θερμοκρασία και συνθήκη συσκευασίας. Οι παράμετροι που μελετώνται αφορούν την μικροβιακή αλλοίωση των δειγμάτων, την χρωματική τους μεταβολή, την οργανοληπτική υποβάθμιση τους, την μεταβολή της υφής τους, την απώλεια σε βιταμίνη C και την ενζυμική τους υποβάθμιση.

Από τα πειραματικά αποτελέσματα και την μετέπειτα μοντελοποίηση τους, όπου αυτό ήταν δυνατό, προκύπτει ότι οι ποιοτικές παράμετροι που φαίνονται να ευθύνονται για την ποιοτική υποβάθμιση των δειγμάτων ραδικιού και στα 2 είδη συσκευασίας, είναι η ολική μικροβιακή χλωρίδα και οι ψευδομονάδες, η αμμωνιακή λύαση της φαινυλαλανίνης (PAL) και η απώλεια σε βιταμίνη C. Σχετικά με την μικροβιακή υποβάθμιση των δειγμάτων, εντοπίστηκε ότι οι κύριοι επικρατούντες μικροοργανισμοί είναι η ολική μικροβιακή χλωρίδα και οι ψευδομονάδες με ενέργειες ενεργοποίησης της τάξης των 100 kJ/mol και 80 kJ/mol, αντίστοιχα και για τα δύο είδη συσκευασίας. Σχετικά με την ενζυμική υποβάθμιση, η ενέργεια ενεργοποίησης για την αμμωνιακή λύαση της φαινυλαλανίνης ανέρχεται στα 101,6 kJ/mol, ενώ σχετικά με την απώλεια σε βιταμίνη C, η ενέργεια ενεργοποίησης είναι της τάξης των 100 kJ/mol για τις αερόβιες συνθήκες συσκευασίας, όπου ευνοείται περισσότερο η οξείδωση του ασκορβικού οξέος.

Συμπερασματικά, οι χρησιμοποιούμενες συστάσεις των συσκευασιών δεν έχουν κάποια ιδιαίτερη επίδραση και διαφοροποίηση όσον αφορά τις ενέργειες ενεργοποίησης αλλά και τους χρόνους ζωής των δειγμάτων ραδικιού που εξετάστηκαν, ωστόσο τα πειραματικά αποτελέσματα της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας μπορούν να αξιοποιηθούν για την

σύγκριση και την επικύρωση ήδη υπάρχοντων κινητικών μοντέλων πρόβλεψης της διατηρησιμότητας πράσινων σαλατικών, αλλά και για την δημιουργία νέων μοντέλων, με προϋπόθεση την μελέτη περισσότερων διαφορετικών συστάσεων συσκευασίας αποθήκευσης των δειγμάτων.

## ABSTRACT

The specific experimental study was conducted on samples of chicory, since there is no extensive scientific research concerning the degradation of the quality parameters of chicory, a species which is an integral part of the Greek wild flora, commercially exploitable in fresh cut salads as well as consumed in raw form.

The experimental design of this series of experiments includes the kinetic study of the quality degradation of stored refrigerated samples of chicory and the exportation of kinetic models showing the association between the quality parameters, the two packaging conditions (refrigeration in commercial air perforated packages and in packages of modified atmosphere, including 5% O<sub>2</sub> and 15% CO<sub>2</sub>) and the storage temperatures (2, 5, 10, 15 °C), aiming to determine the durability of the products. Specifically, the objective of the experimental series is to export a single model per quality index, which can be regarded as reliable on the temporal variation of the food quality at any temperature and packaging condition. The parameters studied, include the microbial spoilage of the samples, the chromatic alteration, their sensory degradation, their texture changes, the loss of vitamin C and their enzymatic degradation.

Judging by the experimental results and the subsequent modelling, where possible, it could be excluded that the quality parameters that seem to be responsible for the quality degradation of the samples, are the total microbial flora and the pseudomonads, the phenylalanine ammonia-lyase (PAL) and the loss of vitamin C. As far as the microbial degradation of the samples is concerned, it was identified that the prevailing microorganisms were the total microbial flora and the pseudomonads, with activation energies reaching 100 kJ/mol and 80 kJ/mol, respectively. Concerning the enzymatic degradation, the activation energy for the phenylalanine ammonia-lyase amounts to 101,6 kJ/mol, while regarding the loss of vitamin C, the activation energy is around 100 kJ/mol, for aerobic packages, wherein the oxidation of the ascorbic acid is favoured.

In conclusion, the packages used do not have any particular effect and differentiation with respect to activation energies and lifetimes of the samples examined, however, the experimental results of this thesis can be used to compare and validate already existing kinetic models predicting the durability of green salads and to create new models, provided with the study on many more different gas compositions of the packages of the samples.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1 <sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ .....	10
ΡΑΔΙΚΙ ΚΑΙ ΦΡΕΣΚΟΣΥΛΛΕΓΜΕΝΕΣ ΣΑΛΑΤΕΣ .....	10
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	10
1.2 ΧΡΗΣΕΙΣ .....	12
1.3 ΦΡΕΣΚΟΣΥΛΛΕΓΜΕΝΕΣ ΣΑΛΑΤΕΣ .....	14
1.4 ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΦΡΕΣΚΟΣΥΛΛΕΓΜΕΝΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ .....	17
ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΦΡΕΣΚΟΚΟΜΜΕΝΩΝ ΠΡΟΙΟΝΤΩΝ .....	17
ΠΟΙΟΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΦΡΕΣΚΟΣΥΛΛΕΓΜΕΝΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ .....	18
1.5 ΤΡΕΧΟΥΣΑ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΥΓΙΕΙΝΗ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ .....	23
2 <sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ .....	26
ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ .....	26
2.1 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΦΡΕΣΚΟΚΟΜΜΕΝΩΝ ΛΑΧΑΝΙΚΩΝ .....	26
2.2 ΣΤΑΔΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΦΡΕΣΚΟΚΟΜΜΕΝΩΝ ΣΑΛΑΤΩΝ .....	30
2.3 ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΦΡΕΣΚΟΣΥΛΛΕΓΜΕΝΩΝ ΛΑΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΞΥ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗΣ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ .....	31
2.4 Φυσιολογικές Επιπτώσεις στην επεξεργασία φρεσκοσυλλεγμένων λαχανικών .....	54
2.5 ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΛΑΧΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΥΠΟΒΑΘΜΙΣΗΣ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΞΑΣΦΑΛΙΣΗ ΤΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ .....	56
2.6 ΞΕΦΛΟΥΔΙΣΜΑ, ΚΛΑΔΕΜΑ ΚΑΙ ΕΚΚΟΚΙΣΗ .....	58
2.6.2 ΔΙΑΛΟΓΗ ΕΛΑΤΤΩΜΑΤΩΝ .....	59
2.6.3 ΕΜΒΑΠΤΙΣΗ .....	59
2.6.4 ΞΗΡΑΝΣΗ .....	59
3 <sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ .....	61
ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΛΑΧΑΝΙΚΩΝ .....	61
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	61
3.2 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΤΗΣ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ .....	62
3.3 ΕΙΔΗ ΠΕΡΙΕΚΤΩΝ .....	63
3.4 ΕΙΔΗ ΥΛΙΚΩΝ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ .....	65
3.5 ΟΡΘΗ ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ .....	72
ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ .....	72
3.6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	72
3.6.2 ΑΕΡΙΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΣΤΗΝ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ .....	74
3.6.3 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ .....	75
3.7 ΝΕΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΜΕΓΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ .....	78
3.7.1 Βελτίωση της διατηρησιμότητας των λαχανικών μέσω γενετικής τροποποίησης .....	78
3.7.2 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΛΑΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕ ΥΨΗΛΗ ΠΙΕΣΗ .....	79
3.7.3 Η ΧΡΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΕΝΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΛΑΧΑΝΙΚΩΝ .....	80
3.8 ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ .....	81
3.9 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	82

4 <sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ .....	83
ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ .....	83
4.1 ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΗ ΜΙΚΡΟΧΛΩΡΙΔΑ ΤΩΝ ΛΑΧΑΝΙΚΩΝ.....	83
4.2 ΠΑΘΟΓΟΝΟΙ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥΣ .....	84
4.3 ΠΑΡΑΣΙΤΑ .....	89
4.4 ΙΟΙ.....	90
4.5 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΛΑΧΑΝΙΚΩΝ .....	91
ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ .....	101
4.6 ΑΛΛΟΙΩΣΗ.....	102
5 <sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ .....	106
ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΚΙΝΗΤΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΠΟΙΟΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΣΕ ΕΤΟΙΜΑ ΠΡΟΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΜΕΣΩ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ SORPHY .....	106
5.1 ΜΟΝΤΕΛΑ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΜΙΚΡΟΒΙΑΚΗΣ ΑΛΛΟΙΩΣΗΣ ΣΕ ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΦΡΕΣΚΟΣΥΛΛΕΓΜΕΝΩΝ ΣΑΛΑΤΩΝ .....	107
5.2 ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΙΚΗΣ ΑΛΛΟΙΩΣΗΣ ΠΟΥ ΔΕΝ ΕΞΑΡΤΑΤΑΙ ΑΠΟ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥΣ .....	117
6 <sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ .....	129
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ-ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	129
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	129
6.1 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ .....	130
7 <sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ .....	142
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ .....	142
7.1 Μεταβολή pH των δειγμάτων.....	142
7.2 Μεταβολή της αέριας σύστασης των συσκευασιών των δειγμάτων .....	143
7.3 Μικροβιακή ανάλυση των δειγμάτων .....	145
7.4 Μεταβολή του χρώματος των δειγμάτων.....	157
7.5 Μεταβολή της υφής των δειγμάτων.....	159
7.6 Αξιολόγηση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των δειγμάτων.....	164
7.7 Κινητική μελέτη ενζυμικής υποβάθμισης των δειγμάτων .....	184
7.8 Κινητική μελέτη απώλειας σε βιταμίνη C των δειγμάτων .....	199
7.9 Σύγκριση Πειραματικών και Προβλεπόμενων τιμών.....	203
7.10 Ανάλυση Κυρίων Συνιστωσών(PCA, Principal Component Analysis) .....	210
7.11 Διάρκεια ζωής δειγμάτων ραδικιού.....	213
8 <sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ .....	215
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	215

# 1<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ

## ΡΑΔΙΚΙ ΚΑΙ ΦΡΕΣΚΟΣΥΛΛΕΓΜΕΝΕΣ ΣΑΛΑΤΕΣ

### 1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το ραδίκι ή *Taraxacum* είναι ένα μεγάλο γένος φυτών που ανήκει στην οικογένεια Αστεροειδών (*Asteraceae*). Απαντώνται στην Ευρασία και στην Βόρεια και Νότια Αμερική και 2 είδη, συγκεκριμένα το *T. officinale* και το *T. Erythrospermum* φυτρώνουν ως αγριόχορτα σε παγκόσμια κλίμακα. Η συνηθισμένη ονομασία *dandelion*-προερχόμενη από την γαλλική γλώσσα στην οποία μεταφράζεται ως «δόντι του λιονταριού»- αποδίδεται σε μέλη του γένους και όπως και άλλα μέλη της οικογένειας *Asteraceae*, χαρακτηρίζονται από πολύ μικρά άνθη που συνενώνονται, σχηματίζοντας έτσι μια σύνθετη κεφαλή. Αρκετά είδη του γένους *Taraxacum* παράγουν σπέρματα μέσω απόμιξης, όπου τα σπέρματα δημιουργούνται χωρίς επικονίαση με αποτέλεσμα απογόνους που είναι γενετικώς πανομοιότυποι με το αρχικό φυτό.

Τα είδη του γένους *Taraxacum* είναι διετή ή πολυετή ποώδη φυτά. Τα φύλλα, μήκους 5-25 cm, ολόκληρα ή λοβωτά, σχηματίζουν μια ροζέτα πάνω από την κεντρική ρίζα. Οι κεφαλές των ανθών βαραίνουν μονομερώς προς ένα κοίλο στέλεχος, το οποίο υψώνεται 1-10 cm πάνω από τα φύλλα και εκκρίνει ένα γαλακτώδη χυμό όταν σπάσει. Τα φύλλα που σχηματίζουν παράρτιο ρόδακα στη βάση των βλαστών είναι επιμήκη και πτεροσχιδή, ενώ τα φύλλα των βλαστών έχουν μικρότερο μήκος και είναι ακέραια, λογχοειδή ή γραμμοειδή. Στην μασχάλη των ανώτερων φύλλων και στην άκρη των βλαστών φύονται, ανά 1-5, ταξιανθίες κεφάλια με γλωσσοειδή, γαλάζια ή κυανά ανθίδια. Οι καρποί είναι αχάινια. Το είδος του ραδικιού, γνωστό στη χώρα μας και με διάφορες άλλες κοινές ονομασίες, όπως εντύβι, πικραλίδα, πικροράδικο και κιχώρι είναι πολύ διαδεδομένο σε όλη την Ελλάδα, όπου συναντάται αυτοφυές κατά μήκος των δρόμων και σε χέρσους ή πετρώδεις αγρούς.

Με διασταυρώσεις και επιλογή έχουν παραχθεί πολυάριθμες καλλιεργητικές ποικιλίες ραδικιού. Ορισμένες έχουν ανεπτυγμένες, σαρκώδεις ρίζες, οι οποίες τρώγονται μετά από ζεμάτισμα, ενώ άλλες παράγουν τρυφερά, εδώδιμα φύλλα. Με κατάλληλη καλλιέργεια έχουν δημιουργηθεί ποικιλίες με στενά και επιμήκη φύλλα, τα οποία σχηματίζουν πυκνή τούφα και θεωρούνται εκλεκτό λαχανικό, καθώς και ποικιλίες με κόκκινα ή ποικιλόχρωμα φύλλα. Οι υπερτροφικές ρίζες ορισμένων ποικιλιών αποξηραίνονται και αλέθονται σε σκόνη, η οποία χρησιμοποιείται στην παρασκευή ενός υποκατάστατου του καφέ. Παρόμοιο είδος με εδώδιμα φύλλα είναι το *Cichorium endivia*, γνωστό κυρίως με την κοινή ονομασία αντίδι. Άλλα γνωστά είδη ραδικιού της ελληνικής χλωρίδας είναι τα *Cichorium pumilum* (κοινώς άγριο ραδίκι) και *Cichorium spinosum* (κοινώς σταμνάγκαθο, ραδίκι της θάλασσας και άλιφος), κοινό σε

παραθαλάσσιες περιοχές. Με την ονομασία άγριο ραδίκι ή αγριοράδικο αναφέρονται κοινώς και διάφορα είδη άλλων γενών της οικογένειας των συνθέτων, όπως τα Thrinicia και Crepis.

Πίνακας 1.1: Διατροφική αξία ανά 100 g για ωμές ρίζες ραδικιού

<b>Διατροφική αξία ανά 100 g (3.5 oz)</b>	
<b>Ενέργεια</b>	96 kJ (23 kcal)
<b>Υδατάνθρακες</b>	4.7 g
Σάκχαρα	0.7 g
Φυτικές ίνες	4 g
<b>Λιπαρά</b>	0.3 g
<b>Πρωτεΐνες</b>	1.7 g
<b>Βιταμίνες</b>	
<b>Βιταμίνη Α ισοδ.</b>	(36%)
<b>Β καροτένιο</b>	286 μg
Λουτεΐνη ζεαξανθίνη	(32%) 3430 μg 10300 μg
Θειαμίνη (B1)	(5%) 0.06 mg
Ριβοφλαβίνη (B2)	(8%) 0.1 mg
Νιασίνη (B3)	(3%) 0.5 mg
Παντοθενικό οξύ (B5)	(23%) 1.159 mg
Βιταμίνη B6	(8%) 0.105 mg
Φυλλικό οξύ (B9)	(28%) 110 μg
Βιταμίνη C	(29%) 24 mg
Βιταμίνη E	(15%) 2.26 mg
Βιταμίνη K	(283%) 297.6 μg
<b>Μεταλλικά στοιχεία</b>	
Ασβέστιο	(10%) 100 mg

Σίδηρος	(7%) 0.9 mg
Μαγνήσιο	(8%) 30 mg
Μαγγάνιο	(20%) 0.429 mg
Φώσφορος	(7%) 47 mg
Κάλιο	(9%) 420 mg
Νάτριο	(3%) 45 mg
Ψευδάργυρος	(4%) 0.42 mg

## 1.2 ΧΡΗΣΕΙΣ

### 1.2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Τα αρωματικά φυτά, γενικά χρησιμοποιούνται παραδοσιακά, προκειμένου να παρατείνουν την διατηρησιμότητα τροφίμων, λόγω της παρεμπόδισης που επιτυγχάνουν, όσον αφορά την ανάπτυξη βακτηρίων, ζυμών και μυκήτων. Οι βιολογικά ενεργές ενώσεις από φυσικές πηγές παρουσίαζαν ανέκαθεν μεγάλο ενδιαφέρον για τους επιστήμονες που ασχολούνταν με λοιμώδη νοσήματα. Η κονδυλώδης ρίζα του ραδικιού περιλαμβάνει πλήθος από σημαντικές για την ιατρική ενώσεις, όπως η ινουλίνη, λακτόνες, κουμαρίνες, φλαβονοειδή και βιταμίνες. Η χρήση της ρίζας του φυτού είναι αντιηπατοτοξική, αντιελκογόνος, αντιφλεγμονώδης, βοηθητική της πέψης, τονωτική του ήπατος, καρδιοτονωτική, διουρητική και αντιπυρετική. Είναι χρήσιμη σε περιπτώσεις κεφαλαλγίας, φλεγμονών, ανορεξίας, δυσπεψίας, κολικών, αισθήματος καύσου, αλλεργικών αντιδράσεων του δέρματος, ίκτερου, δερματικών παθήσεων, αμηνόρροιας και φαρυγγίτιδας.

Το ραδίκι επίσης χρησιμοποιείται για την θεραπεία του AIDS, του καρκίνου, του διαβήτη, της δυσμηνόρροιας, της αϋπνίας και της ταχυκαρδίας. Η ινουλίνη χρησιμοποιείται προκειμένου να αντικαταστήσει λιπίδια και υδατάνθρακες στα τρόφιμα και είναι κατάλληλη για κατανάλωση από διαβητικά άτομα. Πρόσφατες φαρμακολογικές έρευνες αποκάλυψαν ανοσορρυθμιστικές και αντικαρκινικές ιδιότητες του εκχυλίσματος της ρίζας του φυτού. Ωστόσο, είναι βιβλιογραφικά διαθέσιμες λίγες αναφορές σχετικά με τις αντιβακτηριδιακές ιδιότητες του ραδικιού έναντι των σημαντικών παθογενών βακτηρίων.



### 1.2.2 ΑΝΤΙΒΑΚΤΗΡΙΔΙΑΚΗ ΔΡΑΣΗ

Σύμφωνα με πρόσφατες έρευνες, τόσο υδατικά όσο και οργανικής φύσεως διαλύματα εκχυλισμάτων ρίζας ραδικιού, παρουσιάζουν ιδιαίτερες αντιβακτηριδιακές ιδιότητες έναντι διαφόρων gram θετικών και gram αρνητικών βακτηρίων (όπως τα *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*, *Micrococcus luteus* και αντίστοιχα *Escherichia coli*, *Salmonella typhi*). Συγκεκριμένα, με την χρησιμοποίηση 5 διαφορετικών διαλυμάτων από εκχυλίσματα ρίζας ραδικιού, αποδείχθηκε δραστικότητα σε όλα τα στελέχη βακτηρίων που εξετάστηκαν και σε όλες τις δόσεις. Οι ρίζες του ραδικιού επιδεικνύουν αντιβακτηριδιακή δραστικότητα στα εκχυλίσματα εξανίου, πετρελαϊκού αιθέρα, οξικού αιθυλίου, χλωροφορμίου και στα υδατικά εκχυλίσματα, απέναντι στα προς εξέταση βακτήρια. Η αντιβακτηριδιακή δραστικότητα των υδατικών εκχυλισμάτων, των εκχυλισμάτων αιθανόλης και οξικού αιθυλίου, παρουσιάζεται απέναντι στους μικροοργανισμούς *Agrobacterium radiobacter*, *Erwinia carotovora*, *Pseudomonas fluorescence* και *Pseudomonas aeruginosa*, υποδεικνύοντας έτσι ότι τα εκχυλίσματα της ρίζας ραδικιού περιλαμβάνει τα αποτελεσματικά δραστικά συστατικά που ευθύνονται για την εξάλειψη παθογόνων βακτηρίων. Βάσει συγκριτικών μελετών, αποδεικνύεται ότι το εκχύλισμα οξικού αιθυλίου παρουσιάζει την μεγαλύτερη δραστικότητα, σε σχέση με όλα τα εξετασθέντα είδη βακτηρίων. Ανάμεσα στα προς εξέταση βακτήρια, το *E. coli* είναι ανθεκτικό σε όλα τα εκχυλίσματα, και το *P. aeruginosa* είναι το πιο ευαίσθητο και έχει τις μεγαλύτερες ζώνες παρεμπόδισης. Τα εκχυλίσματα από την ρίζα επιδεικνύουν εντονότερη αντιβακτηριδιακή δραστικότητα σε σχέση με αυτά από ολόκληρο το φυτό. Έτσι, οι δραστικές χημικές ενώσεις που περιέχονται στο ραδίκι (*Chicorium intybus*) θα μπορούσαν να συμπεριληφθούν στην θεραπεία διαφόρων βακτηριδιακών λοιμώξεων. (Petrovic et al., 2004)

### 1.2.3 ΑΝΘΕΛΟΝΟΣΙΑΚΗ ΔΡΑΣΗ

Υπάρχουν τουλάχιστον 2 ενώσεις στο ραδίκι (*Chicorium intybus*), οι οποίες προσδιορίζονται ως λακτουσίνη (Lactucin) και λακτουσοπικρίνη (Lactucopicrin) και εμφανίζουν δραστικότητα στην ελονοσία, σύμφωνα με πρόσφατες μελέτες. Οι καθαρές αυτές κρυσταλλικές ενώσεις έχουν *in vitro* ανθελονοσιακή δραστικότητα ως προς τον κλώνο HB3 του στελέχους Honduras-1 του *Plasmodium falciparum*, το οποίο είναι ανθεκτικό στην χλωροκίνη και στην πυριμεθαμίνη (συνθετικές ουσίες που χρησιμοποιούνται στην καταπολέμηση της ελονοσίας). Οι παρατηρήσεις που αναφέρονται, αποδίδουν αξιοπιστία στην υπόθεση ότι η λακτουσίνη, η λακτουσοπικρίνη ή άλλες λακτόνες χημικού τύπου  $C_{15}H_{24}$  είναι δραστικές ενώσεις υδατικών εκχυλισμάτων του ραδικιού. Δεδομένης της γνωστής παρουσίας των λακτονών λακτουσίνης και λακτουσοπικρίνης, της 8-δεοξυλακτουσίνης, της 11,13-διυδρολακτουσίνης μπορεί να υποθεθεί ότι οι παραπάνω ενώσεις σε φρέσκο υδατικό διάλυμα παρουσιάζουν ποικίλους βαθμούς ανθελονοσιακής δραστικότητας και μάλιστα η συλλογική τους δραστικότητα μπορεί να παρέχει μια εναλλακτική, άμεσα διαθέσιμη και ανέξοδη θεραπεία στην μάλιστα της ελονοσίας ειδικά σε αναπτυσσόμενες χώρες. (Bischoff et al., 2004)

#### **1.2.4 ΑΝΤΙΗΠΑΤΟΤΟΞΙΚΗ ΔΡΑΣΗ**

Σε ενδεδειγμένο φαρμακολογικό έλεγχο για την αντιηπατοτοξική δραστηριότητα διαφορετικών κλάσμάτων από φύτρα ραδικιού σε τετραχλωράνθρακα (CCl<sub>4</sub>) που ευθύνεται για την πρόκληση ηπατικής βλάβης σε ποντίκια, παρατηρούνται διαφορετικοί βαθμοί δραστηριότητας, συνυπολογίζοντας τις διαφορετικές βιοχημικές παραμέτρους όπως ασπαρτική τρανσαμινάση(AST), αλκαλική φωσφατάση(ALKP) και ολική πρωτεΐνη(TP), όπου το κλάσμα μεθανόλης αποδεικνύεται το πιο δραστικό. Η ιστοπαθολογική μελέτη του συκωτιού δείχνει οίδημα και νέκρωση στα ηπατοκύτταρα στα ποντίκια με τετραχλωράνθρακα, σε σύγκριση με αυτά χωρίς τετραχλωράνθρακα (control). Η χρησιμοποίηση διαφορετικών εκχυλισμάτων του φυτού επιτυγχάνει σημαντική ανάρρωση των ηπατοκυττάρων σε διαφορετικά τμήματα του συκωτιού, ενώ το μεθανολικό κλάσμα δείχνει σχεδόν ολοκληρωτική ομαλοποίηση των ιστών, καθώς δεν παρουσιάστηκε ούτε συσσώρευση λιπαρών, ούτε νέκρωση. Επιπλέον, δεν παρατηρούνται δραματικές μεταβολές συμπεριφοράς ή θνησιμότητα. Επομένως, οι ενώσεις αυτές είναι μη τοξικές και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ασφαλές φάρμακο. (Ahmed et al., 2003)

### **1.3 ΦΡΕΣΚΟΣΥΛΛΕΓΜΕΝΕΣ ΣΑΛΑΤΕΣ**

#### **1.3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Τα φρεσκοσυλλεγμένα προϊόντα είναι φρούτα ή λαχανικά τα οποία έχουν ξεφλουδιστεί ή/και κοπεί, διαμορφώνοντας ένα πλήρως χρησιμοποιήσιμο προϊόν το οποίο στην συνέχεια συσκευάζεται για να προσφέρει στους καταναλωτές υψηλή διατροφή, άνεση και άρωμα, διατηρώντας παράλληλα την φρεσκάδα του(IFPA 2001).

Τις τελευταίες δεκαετίες έχει επέλθει σημαντική ανάπτυξη στην βιομηχανία των έτοιμων προς χρήση(ready to use, RTU)λαχανικών, κυρίως λόγω της αυξημένης ζήτησης για φρέσκα και υγιεινά τρόφιμα. Ένα σημαντικό μέρος εξάλλου των βιταμινών και των μεταλλικών στοιχείων που υπεισέρχονται στην διατροφή μας, προέρχεται από την κατανάλωση φρούτων και λαχανικών. Υπάρχουν αυξανόμενες αποδείξεις για την υποστήριξη της καταπολέμησης διαφόρων εκφυλιστικών ασθενειών όπως καρδιαγγειακές παθήσεις και είδη καρκίνου, μέσω της κατανάλωσης φρούτων και λαχανικών. Αυτές οι ευεργετικές ιδιότητες των φρούτων και λαχανικών, έχουν αποδοθεί στην ύπαρξη αντιοξειδωτικών που δρουν ως υποδοχείς ελεύθερων ριζών. Το ασκορβικό οξύ και το β-καροτένιο είναι τα αντιοξειδωτικά με την μεγαλύτερη σε ποσοστά παρουσία σε φρούτα και λαχανικά. Η αγορά έχει ανταποκριθεί στην αυξημένη αυτή ζήτηση με την ανάπτυξη δημιουργικών προϊόντων, νέων πρακτικών παραγωγής, καινοτόμα χρήση της τεχνολογίας και επιδέξιες εμπορικές πρωτοβουλίες.

Οι φρεσκοσυλλεγμένες σαλάτες στην αγορά περιλαμβάνουν τεμαχισμένα φυλλώδη λαχανικά και μίγματα σαλατών. Τα φρεσκοκομμένα λαχανικά για μαγείρεμα περιλαμβάνουν ξεφλουδισμένα καρότα, καλαμπόκι(baby corn), μπρόκολο, κουνουπίδι, κομμένα κοτσάνια

σέλερι, ψιλοκομμένο λάχανο, κομμένα σπαράγγια και κομμένες γλυκοπατάτες. Τα φρεσκοκομμένα βότανα αξιοποιούνται επίσης εμπορικά σε παγκόσμια κλίμακα. Στους επόμενους πίνακες φαίνονται οι πιο ευρέως χρησιμοποιούμενες πρώτες ύλες για τις φρεσκοσυλλεγμένες σαλάτες και επίσης τα πιο διαδεδομένα εμπορικά προϊόντα στην αγορά.(Πίνακες 1.3.1.1 και 1.3.1.2)

Πίνακας 1.3.1.1: Κοινά χρησιμοποιούμενες πρώτες ύλες για φρεσκοσυλλεγμένες σαλάτες

<b>Πατζάρια</b>
<b>Καρότο</b>
<b>Σαλάτα καλαμποκιού</b>
<b>Αγγούρια</b>
<b>Αντίδια</b>
<b>Πικραλίδες(escarole)</b>
<b>Μαρούλι iceberg</b>
<b>Ραντίσιο</b>
<b>Ρόκα</b>
<b>Μαρούλι Romaine</b>
<b>Σέσκουλα</b>
<b>Σπανάκι</b>
<b>Ντομάτες</b>
<b>Νεροκάρδαμο</b>
<b>Άγρια ρόκα</b>

Πίνακας 1.3.1.2.: Διαδεδομένες φρεσκοσυλλεγμένες εμπορικές σαλάτες

---

<b>Σαλάτα σπανάκι</b>
<b>Σαλάτα ρόκα</b>
<b>Σαλάτα βαλεριάνα</b>
<b>Σαλάτα ραδίκια</b>
<b>Σαλάτα ανάμικτη<sub>1</sub>(μαρούλι iceberg, μαρούλι romaine, ,μαρούλι butterhead)</b>
<b>Σαλάτα ανάμικτη<sub>2</sub>(μαρούλι iceberg 60%, μαρούλι romaine 20%, ραντίσιο 20%)</b>
<b>Σαλάτα λάχανο-καρότο(άσπρο λάχανο 80%-καρότο 20%)</b>
<b>Σαλάτα ρόκα-σπανάκι(νεαρά φύλλα σπανακιού 65%-νεαρά φύλλα ρόκας 35%)</b>
<b>Σαλάτα ανάμικτη<sub>3</sub>(άσπρο λάχανο 60%, καρότο 20%, πιπεριά κόκκινη 15%, σέλινο 5%)</b>
<b>Σαλάτα ανάμικτη<sub>4</sub>(μαρούλι lollo verde 45%, μαρούλι lollo rosso 40%, ρόκα 15%)</b>
<b>Σαλάτα ανάμικτη<sub>5</sub>(μαρούλι romaine, άνηθος, φρέσκο κρεμμύδι)</b>
<b>Σαλάτα ανάμικτη<sub>6</sub>(αντίδια, βαλεριάνα, ραντίσιο)</b>
<b>Σαλάτα ανάμικτη<sub>7</sub>(μαρούλι romaine, μαρούλι lollo verde, μαρούλι lollo rosso, μαρούλι iceberg, άγρια ρόκα)</b>

---

Ενώ η παραγωγή φρεσκοσυλλεγμένων προϊόντων απαιτεί σχετικά μικρό μετασχηματισμό του προϊόντος, απαιτεί επένδυση σε τεχνολογία, εξοπλισμό, διοικητικά συστήματα και αυστηρή τήρηση των αρχών και πρακτικών διασφάλισης της ποιότητας του τροφίμου.

### **1.3.2 ΤΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΑΓΟΡΑ ΦΡΕΣΚΟΣΥΛΛΕΓΜΕΝΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΣΤΗΝ ΑΜΕΡΙΚΗ**

Με αυξημένη την σίτιση εκτός σπιτιού, τα φρεσκοκομμένα προϊόντα παίζουν έναν συνεχώς αυξανόμενο ρόλο στον τομέα της διατροφής στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής. Το 2006, το 27% των φρεσκοσυλλεγμένων προϊόντων πωλείτο στον τομέα της διατροφικής εξυπηρέτησης, ενώ το 73% πωλείτο σε λιανική. Οι πωλήσεις φρεσκοσυλλεγμένων προϊόντων αυξήθηκαν σε αξία από 3,3 δις \$ το 1999, σε 15,5 δις \$ το 2007(Cook 2009). Οι συσκευασμένες σαλάτες και τα κομμένα λαχανικά έδειξαν αυξημένη τάση το 2008.

Μια μαζική τάση στην βιομηχανία φρεσκοσυλλεγμένων προϊόντων στην Αμερική τις τελευταίες 2 δεκαετίες είναι η ενοποίηση των εταιρειών σε όλα τα επίπεδα της διατροφικής αλυσίδας. Οι μεγάλοι παραγωγοί εφοδιάζουν πλέον τις μεγάλες αλυσίδες λιανικής, γεγονός που δημιουργεί έντονο ανταγωνισμό για τους μικρούς παραγωγούς. Ορισμένες περιφερειακές εταιρείες έχουν ενοποιηθεί προκειμένου να σχηματίσουν μεγαλύτερες εταιρείες έτσι ώστε να μπορούν να εφοδιάζουν αναπτυσσόμενες αλυσίδες διατροφικών υπηρεσιών.

### **1.3.3 ΤΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΑΓΟΡΑ ΦΡΕΣΚΟΣΥΛΛΕΓΜΕΝΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ**

Η ευρωπαϊκή αγορά φρεσκοσυλλεγμένων προϊόντων έχει δείξει εκθετική ανάπτυξη από τις αρχές της δεκαετίας του 1980. Σύμφωνα με την Rabobank(2009), η έμφαση των καταναλωτών στον υγιεινό τρόπο ζωής είναι η κινητήρια δύναμη για την ανάπτυξη του τομέα των φρεσκοσυλλεγμένων λαχανικών, με την μεταπώληση ως τον κύριο τρόπο διανομής. Ενώ η Ολλανδία, η Ελβετία, η Ιταλία και η Ισπανία έχουν ήδη καθιερώσει αγορά και δείχνουν έντονη ανάπτυξη του τομέα των φρεσκοσυλλεγμένων λαχανικών, η Γερμανία χρειάζεται να κάνει βήματα στον συγκεκριμένο κλάδο. Σήμερα, η Ιταλία αναδύεται ως μια από τις κυρίαρχες ευρωπαϊκές αγορές φρεσκοσυλλεγμένων προϊόντων, ενώ στο Ηνωμένο Βασίλειο οι πωλήσεις των φρεσκοσυλλεγμένων λαχανικών ανθίζουν τα τελευταία χρόνια από άποψη αξίας. (James *et al.*, 2010)

## **1.4 ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΦΡΕΣΚΟΣΥΛΛΕΓΜΕΝΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ**

### **1.4.1 ΟΡΙΣΜΟΙ**

#### **ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΦΡΕΣΚΟΚΟΜΜΕΝΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ**

Η ποιότητα είναι ένας συνδυασμός χαρακτηριστικών που καθορίζουν την αξία του προϊόντος για τον καταναλωτή. Οι καταναλωτές αναμένουν το φρέσκο προϊόν να είναι χωρίς ελαττώματα, βέλτιστης ωρίμανσης και σε φρέσκες συνθήκες. Η κατάσταση ενός φρέσκου λαχανικού σχετίζεται με την γενική του εμφάνιση, την οργανοληπτική του ποιότητα, την ποιότητα γεύσης και την θρεπτική του ποιότητα. Οι καταναλωτές κρίνουν την ποιότητα των φρέσκων λαχανικών βασιζόμενοι στην εμφάνιση και την σταθερότητα(εξωτερικά χαρακτηριστικά). Οι επακόλουθες αγορές των καταναλωτών επομένως εξαρτώνται από την

διατροφική εμπειρία τους(άρωμα, γεύση, υφή ή εμπειρικά χαρακτηριστικά). Άλλες ποιοτικές παράμετροι όπως η θρεπτική αξία και η ασφάλεια(εσωτερικά χαρακτηριστικά) επηρεάζουν αυξητικά τις αποφάσεις των καταναλωτών σχετικά με την επαναλαμβανόμενη αγορά ή όχι, του τροφίμου.

#### **ΠΟΙΟΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΦΡΕΣΚΟΣΥΛΛΕΓΜΕΝΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ**

Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά συνήθως ταξινομούνται ως εξωτερικά, εσωτερικά και μη αντιληπτά. Τα εξωτερικά ποιοτικά χαρακτηριστικά είναι εμφανή με την αρχική οπτική εξέταση του προϊόντος. Τα χαρακτηριστικά αυτά γενικά σχετίζονται με την εμφάνιση και την αίσθηση. Τα εσωτερικά ποιοτικά χαρακτηριστικά μπορούν να γίνουν αντιληπτά όταν το προϊόν κόβεται ή δοκιμάζεται. Περιλαμβάνουν το άρωμα, την γεύση και την υφή. Τα μη αντιληπτά ποιοτικά χαρακτηριστικά περιλαμβάνουν την υγιεινή, την θρεπτική αξία και την ασφάλεια του προϊόντος.

#### **ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑ**

Οι φρεσκοσυλλεγμένες σαλάτες είναι γνωστές πηγές βιταμινών, μεταλλικών στοιχείων, διαιτητικών ινών, και άλλως θρεπτικών ενώσεων όπως φλαβονοειδών, καροτενοειδών και φαινολικών ενώσεων που μπορούν να μειώσουν τον κίνδυνο καρκίνου, καρδιακών παθήσεων και άλλων ασθενειών. (Jongen, 2002)

#### **1.4.2 ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΦΡΕΣΚΟΣΥΛΛΕΓΜΕΝΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ**

Το ασφαλές τρόφιμο είναι απαλλαγμένο από φυσικούς και χημικούς κινδύνους ή μικροοργανισμούς που μπορούν να δημιουργήσουν δυσμενείς επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία και ζωή. Η ασφάλεια είναι συστατικό της ποιότητας. Πολλοί επιστήμονες θεωρούν ότι η ασφάλεια είναι το πιο σημαντικό συστατικό της ποιότητας, εφόσον το μη ασφαλές τρόφιμο μπορεί να προκαλέσει σημαντικές βλάβες έως και θάνατο.

Η ασφάλεια ενός φρέσκου λαχανικού μπορεί να τεθεί σε φυσικούς κινδύνους όπως γυαλί, σκόνη και έντομα ή χημικούς κινδύνους όπως φυτοφάρμακα ή μικροβιολογικούς κινδύνους που απορρέουν από μη επαρκείς συνθήκες υγιεινής στην παραγωγική ή στην καταναλωτική αλυσίδα.

Οι βιολογικοί κίνδυνοι αναφέρονται σε παθογόνους μικροοργανισμούς που μπορούν να προκαλέσουν ασθένεια με την άμεση κατανάλωση του προϊόντος(μόλυνση) ή παράγοντας τοξίνες ή χημικές ουσίες επιβλαβείς για την ανθρώπινη υγεία, τις οποίες μεταδίδουν στο προϊόν πριν αυτό καταναλωθεί. Σε ορισμένες περιπτώσεις, ο μικροβιακός πληθυσμός ενδεχομένως να είναι ανεπαρκής για να προκαλέσει αλλοίωση του προϊόντος αλλά ικανός να προκαλέσει δηλητηρίαση μετά την κατανάλωση του προϊόντος. Συγκεκριμένα, οι βιολογικοί κίνδυνοι περιλαμβάνουν:

- Δηλητηριώδη φυτά και προϊόντα φυτών
- Δηλητηριώδεις μύκητες
- Μολυσματικά παθογόνα βακτήρια , όπως: *E. coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella spp.*, *Shigella spp.*, *Yersinia enterocolitica*
- Τοξικά παθογόνα βακτήρια, όπως: *Staphylococcus aureus*, *Clostridium botulinum*
- Τοξινογενείς μύκητες, όπως: *Aspergillus flavus*, *Aspergillus clavatus*
- Ιοί, όπως: ο ιός Norwalk, ηπατίτιδα Α
- Παρασιτικά πρωτόζωα, όπως: *Cryptosporidium parvum*, *Toxoplasma gondii*
- Αλλεργιογόνα υλικά

Οι χημικοί κίνδυνοι περιλαμβάνουν φυσικές ουσίες(αλλεργιογόνα, μυκοτοξίνες, αλκαλοειδή και ενζυμικούς παρεμποδιστές), χημικά προϊόντα(φυτοφάρμακα, απολυμαντικά νερού), απαγορευμένες ουσίες(ορισμένα φυτοφάρμακα, βρωμιούχο μεθύλιο) και τοξικά στοιχεία(μόλυβδος, κάδμιο, αρσενικό, ψευδάργυρος). Οι δυσμενείς επιπτώσεις τους στην ανθρώπινη υγεία είναι γενικά λιγότερο δραματικές και λιγότερο άμεσες σε σύγκριση με αυτές των παθογόνων μικροοργανισμών. Ωστόσο, υπάρχουν αυξανόμενες ανησυχίες σχετικά με τις πιθανές μακροπρόθεσμες επιπτώσεις τους στην ανθρώπινη υγεία, τις άμεσες και έμμεσες επιπτώσεις τους στο περιβάλλον, στην χλωρίδα και την πανίδα και τις επιπτώσεις τους στην υγεία των αγροτών. Οι χημικοί κίνδυνοι μπορούν να μεταφερθούν στα φρέσκα λαχανικά κατά την παραγωγή, μέσω φυτοπροστατευτικών προϊόντων, λιπασμάτων, αντιβιοτικών, ρυθμιστών ανάπτυξης και μέσω της επεξεργασίας μετά την καλλιέργεια, μέσω απολυμαντικών μέσων.

Οι φυσικοί κίνδυνοι περιλαμβάνουν πέτρες, γυάλινα σωματίδια, ξύλο, τρίχες, πλαστικό και μέταλλα τα οποία ενδεχομένως να μεταφέρονται στο προϊόν ακούσια, κατά την διάρκεια της παραγωγής και χειρισμών μετά την συγκομιδή.

#### ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

Οι μέθοδοι εκτίμησης της ποιότητας μπορούν να είναι καταστροφικές και μη καταστροφικές. Περιλαμβάνουν αντικειμενικές μεθόδους, που βασίζονται στην χρήση μηχανημάτων και υποκειμενικές μεθόδους, που βασίζονται στην ανθρώπινη κρίση. Θεμελιώδεις μηχανικοί υπολογισμοί μπορούν στατιστικά να σχετίζονται με ανθρώπινες αντιλήψεις και κρίσεις σχετικά με την πρόβλεψη των ποιοτικών παραμέτρων. Η ποιότητα μπορεί να κριθεί αποκλειστικά από τους καταναλωτές.

Οι αντικειμενικές μετρήσεις της ποιότητας περιλαμβάνουν την χρήση μηχανημάτων(χρωματόμετρου για το χρώμα, αναλυτή υφής για την υφή) και είναι κατάλληλες για ποιοτικό έλεγχο ρουτίνας, αλλά δεν μπορούν να αποτυπώσουν τις προτιμήσεις των καταναλωτών. Ο μόνος τρόπος πρόσβασης στις καταναλωτικές προτιμήσεις για τα φρέσκα λαχανικά είναι ο οργανοληπτικός έλεγχος, ζητώντας από τους δοκιμαστές να παρέχουν την

γνώμη τους όσον αφορά το φρέσκο προϊόν. Ωστόσο, ο καταλληλότερος τρόπος εξασφάλισης της ποιότητας είναι η εύρεση αντικειμενικών μετρήσεων που συσχετίζονται με τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά.

#### ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ ΚΑΙ ΧΡΩΜΑΤΟΣ

Η οπτική ποιότητα των λαχανικών σχετίζεται με το μέγεθος, το σχήμα, το χρώμα, την στιλπνότητα, την καθαρότητα της επιφάνειάς τους και την απουσία ελαττωμάτων ή ενδείξεων αλλοίωσης. Τα ελαττώματα των φρέσκων λαχανικών περιλαμβάνουν ενδείξεις από συνθλιμμένα κομμάτια, συρρίκνωση και μαρασμό λόγω απώλειας νερού, μαλάκωμα ιστών, χρωματικές αλλαγές που οφείλονται σε ενζυμικό μαύρισμα ή φυσικές διαταραχές και εκροή νερού λόγω ωρίμανσης. Η αλλοίωση του λαχανικού προκαλεί επίσης αλλαγές στην εμφάνιση, λόγω ανάπτυξης μυκήτων ή διόγκωσης της συσκευασίας λόγω απελευθέρωσης αερίων από τους πληθυσμούς βακτηρίων.

Οι καταναλωτές λαμβάνουν υπόψη την εμφάνιση του προϊόντος ως πρωταρχικό κριτήριο. Το χρώμα θεωρείται ότι έχει ρόλο-κλειδί στην επιλογή τροφίμου, την προτίμηση και αποδοχή τροφίμου και μπορεί ακόμα να επηρεάσει την τα όρια της γεύσης, την αντίληψη της γλυκύτητας και της ευχαρίστησης. Το χρώμα είναι ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά, μαζί με αυτό της υφής, που χαρακτηρίζει την φρεσκάδα των περισσότερων λαχανικών. Το μαρούλι και το καρότο υπόκεινται σε χρωματικές αλλαγές, εξαιτίας διαφορετικών βιοχημικών διαδικασιών, κυρίως εξαιτίας της υποβάθμισης της χλωροφύλλης και εμφάνισης μαυρίσματος στην περίπτωση του μαρουλιού και εξαιτίας της λευκότητας και του μαυρίσματος που παρατηρείται στην περίπτωση του καρότου. Το μαύρισμα των φρέσκων λαχανικών υποβαθμίζει την ποιότητά τους και συχνά είναι ο παράγοντας εκείνος που καθορίζει την διατηρησιμότητα και την εμπορικότητα του φρεσκοκομμένου μαρουλιού.

Οι υποκειμενικές μέθοδοι μέτρησης χρώματος στηρίζονται στο ανθρώπινο μάτι. Διατυπώνεται ένας δείκτης χρώματος και συνδυάζεται με ένα χρωματικό γράφημα που αντιστοιχεί με τα αναπτυξιακά στάδια ενός συγκεκριμένου προϊόντος. Ωστόσο, η σύνδεση του χρωματικού δείκτη με το χρωματικό γράφημα εμπεριέχει πιθανότητα πειραματικού σφάλματος, λόγω των διαφορών στην αντίληψη του χρώματος, ανάλογα με τον χειριστή. Η έκθεση σε φως και η ποιότητα του φωτισμού κατά την διάρκεια της μέτρησης μπορούν επίσης να επηρεάσουν την αντίληψη του χρώματος.

Για την αντικειμενική μέτρηση του χρώματος, χρησιμοποιείται χρωματόμετρο, το οποίο μπορεί να διακρίνει μικρές χρωματικές διαφορές στο χρώμα. Ωστόσο, η απόκτηση των χρωματομετρικών μετρήσεων είναι δαπανηρή και πιο χρονοβόρα διαδικασία σε σχέση με την χρησιμοποίηση χρωματικών δεικτών.



## ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΓΕΥΣΗΣ ΚΑΙ FLAVOUR

Η γεύση-άρωμα(flavour)σχετίζεται με την γεύση και την οσμή(άρωμα)του προϊόντος. Τα χαρακτηριστικά του flavour μπορούν να περιγραφούν με την αντίληψη γεύσεων και αρωμάτων που προέρχονται από πολλές πηγές, συμπεριλαμβανομένων των σακχάρων(γλυκύτητα), της οξύτητας των οργανικών οξέων, της πικρότητας φαινολικών ενώσεων και τανινών και αρωμάτων από πτητικές ενώσεις. Τα περισσότερα λαχανικά παρουσιάζουν γλυκιά, ξινή και πικρή γεύση, ενώ ελάχιστα ή καθόλου αλμυρή γεύση και γεύση umami. Η ανάπτυξη των αλλοιογόνων μικροοργανισμών μπορεί να οδηγήσει σε εμφάνιση μη αρεστών οσμών ή αρωμάτων.

Τα σάκχαρα είναι το κύριο συστατικό των συνολικών διαλυτών στερεών(total soluble solids, TSS) στα περισσότερα λαχανικά. Η μέτρηση των ολικών διαλυτών στερεών παρέχει επομένως μια αντικειμενική ένδειξη των επιπέδων των σακχάρων ή της γλυκύτητας. Τα TSS υπολογίζονται με την χρήση ενός διαθλασίμετρου ή ενός υδρόμετρου.

Η οξύτητα γενικά υπολογίζεται με τιτλοδότηση με κατάλληλο αλκαλικό διάλυμα όπως καυστικό νάτριο, ή με την μέτρηση της τιμής του pH, με την χρήση ενός pHμετρου. Ορισμένα οξέα μπορούν να μετρηθούν ξεχωριστά με την χρήση υγρής χρωματογραφίας υψηλής απόδοσης(HPLC).

Οι οργανοληπτικές μελέτες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να προσδιοριστεί η βέλτιστη ωρίμανση για συγκομιδή, να καθοριστούν οι βέλτιστες συνθήκες αποθήκευσης και χειρισμού, να αξιολογηθούν οι επιπτώσεις τεχνικών προετοιμασίας για την εκτίμηση της ποιότητας γεύσης. Ο οργανοληπτικός έλεγχος διαφορών μπορεί να χρησιμοποιηθεί ώστε να ανιχνευθούν μικρές διαφορές στο άρωμα των προϊόντων. Οι δοκιμαστές εκπαιδεύονται να ανιχνεύουν μια σειρά από χαρακτηριστικά γεύσης και να σημειώνουν τις αντίστοιχες εντάσεις τους.

Οι εργαστηριακές μετρήσεις πραγματοποιούνται με ανάλυση υπερκείμενης φάσης με αέρια χρωματογραφία που περιλαμβάνει την παγίδευση και την συγκέντρωση πτητικών συστατικών σε ένα στερεό υπόστρωμα. Τα πτητικά στην συνέχεια απελευθερώνονται χρησιμοποιώντας θερμότητα για την ανάλυση, μέσω της συνδυασμένης χρήσης αέριας χρωματογραφίας και φασματομετρίας μάζας(GC-MS). Αυτή η μέθοδος είναι ιδανική για την ποσοτικοποίηση και την ταυτοποίηση αρωματικών ενώσεων.

Η απόσπαση στερεάς φάσης(solid phase micro extraction, SPME)είναι μια γρήγορη δειγματοληπτική τεχνική, κατά την οποία πτητικά συστατικά αλληλεπιδρούν με ένα ανιχνευτή λεπτού υμένιου, που εισέρχεται στην υπερκείμενη φάση του δείγματος, είναι επίσης εφαρμόσιμη στον οργανοληπτικό έλεγχο. Ο ανιχνευτής μεταφέρεται σε θύρα έγχυσης αέριου χρωματογράφου, όπου εκροφώνται τα πτητικά συστατικά. Εκτός από τις μεθόδους GC και GC-

MS, στην ανάλυση υπερκείμενης φάσης χρησιμοποιούνται νέοι αισθητήρες με ευρύ φάσμα επιλεκτικότητας. Αυτές οι συστοιχίες αισθητήρων, είναι χρήσιμες στην διάκριση των αντιδράσεων των πτητικών συστατικών.

#### ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΥΦΗΣ

Με τον όρο “υφή” (texture) εννοείται το άθροισμα των ιδιοτήτων οι οποίες προκύπτουν από τα δομικά στοιχεία (μοριακά, μικροσκοπικά, μακροσκοπικά) και τον τρόπο με τον οποίο αυτά επιδρούν στα αισθητήρια όργανα. Γίνεται προσπάθεια να συνδεθεί η υφή με τα αισθητήρια όργανα και με τη δομή του προϊόντος. Για την αντίληψη της υφής ο άνθρωπος χρησιμοποιεί ειδικά αισθητήρια όργανα που βρίσκονται βασικά στο δέρμα, τους μύες και τις αρθρώσεις, κυρίως στα δάκτυλα και τη στοματική κοιλότητα. Τα αισθήματα που αντανακλούν στον άνθρωπο τις ιδιότητες της υφής είναι δερμικά (αισθήματα της επαφής και πίεσης) και κινητικά (μυικά). Η αφή (απτική αίσθηση) δίνει τη δυνατότητα στον άνθρωπο να κρίνει και να αξιολογήσει τη μορφή των τροφίμων, τη σύστασή τους, τη σκληρότητα ή μαλακότητα, τραχύτητα ή λειότητα, ξηρότητα ή υγρότητα, κ.α. Στο στόμαδημιουργείται ένα σύνθετο αίσθημα που αποτελείται από την αφή, τη γεύση και τη νοσμή το οποίο καλείται στοματικό αίσθημα (mouthfeel). Τα χαρακτηριστικά της υφής μπορούν να περιγραφούν στα πλαίσια της σφριγηλότητας ή σκληρότητας, της τραγανότητας, της τρυφερότητας, της χυμώδους υφής, ανάλογα με το λαχανικό.

Η υφή γενικά προσδιορίζεται στην βάση των μετρήσεων της δύναμης που εφαρμόζεται σε ένα δείγμα τροφίμου. Η σταθερότητα των φρεσκοσυλλεγμένων λαχανικών είναι σε πολλές περιπτώσεις μια αρκετά καλή ένδειξη των ιδιοτήτων υφής. Η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη μέθοδος υφής, είναι η δοκιμή διάτρησης, η οποία πραγματοποιείται με την χρήση ενός αναλυτή υφής. Ο αναλυτής υφής μετρά την συνολική δύναμη που απαιτείται για την διάτρηση ενός δεδομένου τμήματος του λαχανικού σε ένα πρότυπο βάθος, με την χρήση ανιχνευτή συγκεκριμένης διαμέτρου.

Οι δοκιμές συμπίεσης δεν χρησιμοποιούνται συχνά στην βιομηχανία λαχανικών, αλλά χρησιμοποιούνται ευρέως στην έρευνα. Μπορούν να πραγματοποιηθούν σε κυλινδρικά δείγματα ιστού ή σε άθικτα προϊόντα χρησιμοποιώντας ποικιλία γεωμετρικών σχεδίων επαφής.

Σύμφωνα με τον Meilgrad(1999) η υφή είναι αποτέλεσμα τεσσάρων ομάδων ιδιοτήτων:

- Επιφανειακές ιδιότητες: υγρασία επιφάνειας ή υγρότητα
- Ιδιότητες πρώτης μάσησης: ελαστικότητα, σκληρότητα, πυκνότητα, τραγανότητα, ομοιομορφία
- Ιδιότητες κατά την κατάποση: μάσηση και συνοχή
- Ιδιότητες μετά την κατάποση: επίστρωση στόματος, σκληρότητα

Τα ελαχίστως επεξεργασμένα λαχανικά που παραμένουν σκληρά και με τραγανή υφή είναι ιδιαίτερα επιθυμητά γιατί οι καταναλωτές συσχετίζουν αυτές τις υφές με την φρεσκάδα και την υγιεινή. Μάλιστα, η εμφάνιση ενός μαλακού ή χαλαρωμένου προϊόντος μπορεί να οδηγήσει σε απόρριψη του προϊόντος από τον καταναλωτή, πριν την κατανάλωσή του. Οι αλλαγές στην υφή στα λαχανικά σχετίζονται με ορισμένες ενζυμικές και μη ενζυμικές δράσεις. Η ενζυμική υποβάθμιση των πηκτινών καταλύεται από την μεθυλεστεράση της πηκτίνης(PME) και την πολυγαλακτουρονάση(PG). Ωστόσο, η ελεγχόμενη ενεργοποίηση της PME έχει ως αποτέλεσμα την βελτίωση της υφής, καθώς αυξάνονται οι διασταυρούμενοι δεσμοί ανάμεσα στις αλυσίδες πηκτίνης και σε κατιόντα. Αυτό το αποτέλεσμα ευνοείται στην περίπτωση του καρότου, καθώς η ενδογενής δραστηριότητα της PG είναι σχεδόν ανύπαρκτη.

Το μαρούλι iceberg είναι ιδιαίτερα δημοφιλές εξαιτίας της τραγανότητας του και του ζωηρού κιτρινοπράσινου χρώματός του. Ωστόσο, αφού κοπεί, το προϊόν υπόκειται σε διάφορες ανεπιθύμητες βιοχημικές αντιδράσεις που σχετίζονται με τον «τραυματισμό»(wounding)του. Η υφή σπάνια διατηρείται για περισσότερες από 10 μέρες, ακόμα και σε βέλτιστες συνθήκες αποθήκευσης. Η εκτίμηση της υφής του iceberg είναι σχετικά δύσκολη εξαιτίας της ετερογένειας του. Οι φωτοσυνθετικοί και οι αγγειακοί ιστοί του για παράδειγμα, εμφανίζουν πολύ διαφορετικές ιδιότητες υφής. (James *et al.*, 2010)

### **1.5 ΤΡΕΧΟΥΣΑ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΥΓΙΕΙΝΗ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ**

Η σύγχρονη προσέγγιση της διασφάλισης υγιεινής και ασφάλειας των τροφίμων απομακρύνεται από τη λογική του ελέγχου και αποδοχής του τελικού προϊόντος, με βάση χρονοβόρες και υψηλού κόστους δοκιμές. Οι παραγωγοί, η βιομηχανία τροφίμων και οι ελεγκτικές αρχές εστιάζουν τις προσπάθειές τους στην ανάπτυξη και εφαρμογή συστημάτων διασφάλισης βασισμένων στην πρόληψη, με τον καθορισμό, καταγραφή και έλεγχο των κρίσιμων παραμέτρων των τροφίμων σε όλο τον κύκλο ζωής τους, από την παραγωγή ως την τελική χρήση τους. Η ευρωπαϊκή και διεθνής νομοθεσία θέτει το υποχρεωτικό πλαίσιο υλοποίησης όλων των ανωτέρω σε όλη την αλυσίδα των τροφίμων, περιλαμβανομένης και της πρωτογενούς παραγωγής.

Τα τελευταία χρόνια, έχουν καταγραφεί σημαντικές κρίσεις όσον αφορά στην υγιεινή και ασφάλεια των τροφίμων, με σημαντικό αντίκτυπο στην εμπιστοσύνη των καταναλωτών. Η ευαισθητοποίηση της κοινής γνώμης, οδήγησε στο συνολικό επαναπροσδιορισμό της αντιμετώπισης της ασφάλειας των τροφίμων από το αρχικό στάδιο παραγωγής μέχρι το τελικό σημείο κατανάλωσής τους. Η απαρέγκλιτη εφαρμογή ορθών πρακτικών (Good Practices) από την πρωτογενή παραγωγή, τη μεταποίηση και τη βιομηχανική επεξεργασία, μέχρι τη διακίνηση, τη διάθεση και την κατανάλωση αποτελεί κοινά αποδεκτό σημείο αφετηρίας για την επίτευξη των στόχων υγιεινής και ασφάλειας. Έννοιες όπως η ανάλυση επικινδυνότητας (risk assessment) και η ιχνηλασιμότητα (traceability) βρίσκονται στο επίκεντρο τόσο της

επιστημονικής προσέγγισης όσο και της πρακτικής εφαρμογής.

Η τρέχουσα και η σε εξέλιξη ευρωπαϊκή και διεθνής νομοθεσία θέτει το υποχρεωτικό πλαίσιο υλοποίησης όλων των ανωτέρω. Η Οδηγία 93/43 ΕΟΚ και ο νέος Κανονισμός (ΕΚ) 852/2004, όπως και ο Codex Alimentarius καθορίζουν τις απαιτήσεις περί υγιεινής των τροφίμων, ενώ ο Κανονισμός (ΕΚ) 178/2002 θέτει απαιτήσεις για την ιχνηλασιμότητα των τροφίμων. Οι απαιτήσεις αυτές ενσωματώνονται και ικανοποιούνται με την εφαρμογή συστημάτων, όπως το HACCP το οποίο είναι εξειδικευμένο σύστημα για τη διασφάλιση της ασφάλειας των προϊόντων στις επιχειρήσεις τροφίμων. Τα εθνικά πρότυπα AGROCERT και ΕΛΟΤ 1416 είναι στη διεθνή πρωτοπορεία και αποτελούν πρακτικά εργαλεία για την ανάπτυξη και πιστοποίηση συστήματος HACCP σε όλη την αλυσίδα των τροφίμων, περιλαμβανομένης και της πρωτογενούς παραγωγής. Σε διεθνές επίπεδο εξεδόθη πρόσφατα το πρότυπο ISO 22000 με τίτλο «Συστήματα διαχείρισης της ασφάλειας τροφίμων-Απαιτήσεις». Με πλαίσιο αναφοράς την προαναφερθείσα νομοθεσία και τα πρότυπα γίνεται στη συνέχεια μια ανασκόπηση των απαιτήσεων και της μεθοδολογίας που χρησιμοποιείται για τη διαχείριση της υγιεινής και ασφάλειας των τροφίμων σε ολόκληρη την τροφική αλυσίδα, από την πρωτογενή παραγωγή μέχρι την τελική χρήση ή κατανάλωσή τους.

Η υποχρεωτική εφαρμογή του HACCP από τη νομοθεσία περιγράφεται στην Οδηγία 93/43 (ΕΚ) (όπως εναρμονίσθηκε στην εθνική νομοθεσία - στο Προεδρικό διάταγμα της 9-9-2000, ΦΕΚ 192 μετά την ίδρυση του Ενιαίου Φορέα Ελέγχου Τροφίμων- ΕΦΕΤ). Σύμφωνα με τις αρχές του HACCP, όλες οι διεργασίες παραγωγής των τροφίμων αναλύονται με βάση τους κινδύνους, και ακολουθεί ο καθορισμός των κρίσιμων σημείων ελέγχου (CCPs) και η οργάνωση των ελέγχων.

Η εφαρμογή του HACCP επιτυγχάνεται μέσω 7 αρχών στην σειρά. Σε κάθε στάδιο της παραγωγικής διαδικασίας αναγνωρίζονται όλοι οι πιθανοί κίνδυνοι (φυσικοί, χημικοί και μικροβιολογικοί), αξιολογείται η σημασία τους και περιγράφονται τα μέτρα πρόληψης για τον έλεγχό τους (ΑΡΧΗ 1). Μέσω ενός τυποποιημένου συστήματος εξέτασης (δένδρο απόφασης) αναγνωρίζονται τα σημεία στα οποία είναι κρίσιμος ο έλεγχος για τη διασφάλιση της ασφάλειας του προϊόντος (κρίσιμα σημεία ελέγχου- CCPs) (ΑΡΧΗ 2). Για κάθε CCP καθορίζονται τα κρίσιμα όρια για τα μέτρα πρόληψης (ΑΡΧΗ 3) και αναπτύσσεται σύστημα παρακολούθησης (ΑΡΧΗ 4). Όταν η παρακολούθηση δείξει ότι υπάρχει υπέρβαση κρίσιμου ορίου πρέπει να εκτελούνται διορθωτικές ενέργειες (ΑΡΧΗ 5) που επαναφέρουν τη διεργασία εντός των ορίων και συμπεριλαμβάνουν τη διαχείριση της εκτός ορίων παραγωγής. Η λειτουργία όλων των παραπάνω παρακολουθείται και αποδεικνύεται με αποτελεσματικό σύστημα καταγραφής (ΑΡΧΗ 6). Τέλος αναπτύσσονται διαδικασίες επαλήθευσης της ορθής λειτουργίας του συστήματος HACCP που αναπτύχθηκε και εγκαταστάθηκε (ΑΡΧΗ 7).

Ως κίνδυνος, ορίζεται «ένας βιολογικός, χημικός, ή φυσικός παράγοντας που

συμπεριλαμβάνεται ή αποτελεί συνθήκη του τροφίμου, με την δυνατότητα να προκαλέσει δυσμενείς επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία.(CCFH, 1997)

## 2<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ

### ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

#### 2.1 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΦΡΕΣΚΟΚΟΜΜΕΝΩΝ ΛΑΧΑΝΙΚΩΝ

Η ποιότητα του προϊόντος πριν την συγκομιδή του, επηρεάζεται από τις ποικιλίες του λαχανικού, τους γενότυπους, τις κλιματικές συνθήκες, τις πρακτικές κατά την καλλιέργεια και την ωρίμανσή του.

##### *2.1.1 Παράγοντες πριν την συγκομιδή(pre-harvest)*

**Ποικιλία:** Η γενετική είναι το κλειδί για την γεύση, την υφή, την διατηρησιμότητα μετά την συγκομιδή και την ευαισθησία των φρέσκων λαχανικών στο ενζυμικό μαύρισμα. Η επιλογή κατάλληλων καλλιεργειών είναι επομένως ζωτικής σημασίας για την εξασφάλιση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των φρεσκοσυλλεγμένων λαχανικών και σαλατών.

**Κλιματικοί παράγοντες:** Οι κλιματικοί παράγοντες και το περιβάλλον στο οποίο αναπτύσσονται οι καλλιέργειες έχουν σημαντική επίδραση στην ποιότητα διατροφής και την διατηρησιμότητα των φρέσκων λαχανικών. Η θερμοκρασία και η ένταση του φωτός, επηρεάζουν την διατροφική αξία των λαχανικών, πριν από την συγκομιδή. Η τοποθεσία και η καλλιεργητική περίοδος μπορούν να επηρεάσουν τα επίπεδα του ασκορβικού οξέος, των καροτενίων και των ριβοφλαβινών. Υψηλά επίπεδα βροχοπτώσεων αυξάνουν την ευαισθησία του φυτού σε μηχανική βλάβη. Μειωμένη ένταση του φωτός έχει γενικά ως αποτέλεσμα μειωμένα επίπεδα ασκορβικού οξέος(βιταμίνης C) στους φυτικούς ιστούς. Η θερμοκρασία επηρεάζει την απορρόφηση των μεταλλικών στοιχείων από τα φυτά, κατά την διάρκεια της διαπνοής. Η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας επηρεάζει επίσης την υφή του λαχανικού.

**Καλλιεργητικές πρακτικές:** Καλλιεργητικές πρακτικές όπως το κλάδεμα, ενισχύουν το καλλιεργητικό φορτίο και το μέγεθος του λαχανικού. Η ωριμότητα των λαχανικών ενδεχομένως να επηρεάζεται από την χρήση φυτοφαρμάκων και ρυθμιστών ανάπτυξης. Η ποιότητα του εδάφους έχει άμεση επίδραση στην ανάπτυξη των λαχανικών, στην υφή, την εμφάνιση και την γεύση τους. Οι Kader και Mitccham(2002) αναφέρουν ότι η έλλειψη ασβεστίου κατά την διάρκεια της καλλιέργειας συχνά έχει ως αποτέλεσμα την χαλάρωση των ιστών μετά την συγκομιδή. Οι Bachmann και Earles αναφέρουν ότι η παραγωγή που έχει τεθεί σε συνθήκες απώλειας ή υπερσυσσώρευσης νερού ή σε υψηλά ποσοστά αζώτου, είναι ιδιαίτερα επιρρεπής σε ασθένειες μετά την συγκομιδή.

Η επίδραση των καλλιεργητικών πρακτικών στην ασφάλεια των τροφίμων είναι πλέον ευρέως αναγνωρισμένη. Ένας ικανοποιητικός αριθμός κρουσμάτων τροφιογενών ασθενειών έχει συνδεθεί με μόλυνση της παραγωγής μέσω του εδάφους. Η ακατάλληλη χρήση λιπασμάτων

και μολυσμένου νερού άρδευσης μπορεί να μεταφέρει παθογόνους μικροοργανισμούς στις καλλιέργειες, έχοντας ως αποτέλεσμα την ανθρώπινη επιμόλυνση. Οι αρχές Καλής Γεωργικής Πρακτικής (Good Agricultural Practice, GAP) είναι επομένως απαραίτητο να εφαρμόζονται έτσι ώστε να μετριαζονται οι κίνδυνοι μόλυνσης της παραγωγής κατά την καλλιέργεια.

Συγκεκριμένα, χρειάζεται να ληφθούν υπόψη τα ακόλουθα κρίσιμα σημεία:

- Εξασφάλιση ότι το νερό άρδευσης και το νερό που χρησιμοποιείται στις διαδικασίες συγκομιδής είναι κατάλληλης μικροβιακής ποιότητας για την συγκεκριμένη χρήση του
- Μείωση της εδαφικής μόλυνσης από παθογόνους μικροοργανισμούς που προέρχονται από τον άνθρωπο και μπορούν να συντελέσουν στην επιμόλυνση του νερού και των βρώσιμων τμημάτων των φυλλώδων λαχανικών (απολύμανση μέσω καπνού)
- Επιβολή κατάλληλου σχεδιασμού που εξασφαλίζει ότι η χρήση εδαφικών λιπασμάτων δεν εμπεριέχει επικινδυνότητα μόλυνσης από τον άνθρωπο (τοποθεσία αποθήκευσης, πηγή προέλευσης και ποιότητα, συνθήκες μεταφοράς)
- Χρησιμοποίηση τεχνικών εφαρμογής εδαφικών λιπασμάτων που ελέγχουν, μειώνουν ή εξαλείφουν την πιθανή επιμόλυνση του επιφανειακού νερού και βρώσιμων καλλιεργειών που βρίσκονται σε παρακείμενα εδάφη
- Ελαχιστοποίηση της εγγύτητας των πηγών επιμόλυνσης που διασκορπίζονται μέσω του αέρα, όπως το νερό ή σωροί λιπασμάτων που ενδεχομένως να επικοινωνούν με αναπτυσσόμενα φυλλώδη λαχανικά ή παρακείμενα εδάφη
- Χρησιμοποίηση κατάλληλων μέτρων που μειώνουν, ελέγχουν ή εξαλείφουν την πιθανή εισαγωγή ανθρώπινων παθογόνων στην επιφάνεια κοπής κατά την διάρκεια και μετά από τις μηχανικές διαδικασίες συγκομιδής
- Σχεδιασμός εξοπλισμού που χρησιμοποιεί υλικά και κατασκευές που διευκολύνουν τον καθαρισμό και την απολύμανση του εξοπλισμού επαφής με την επιφάνεια τροφίμων
- Ορισμός της συχνότητας καθαρισμού του εξοπλισμού με την ανάπτυξη Ορισμένων Διαδικασιών Καθαρισμού (Sanitation Standard Operating Procedures, SSOPs) και ενός προγράμματος καθαρισμού για τους μηχανικούς χειρισμούς συγκομιδής
- Δημιουργία εξοπλισμού αποθήκευσης και διεργασιών ελέγχου που ελαχιστοποιούν την πιθανότητα επιμόλυνσης όταν ο εξοπλισμός δεν χρησιμοποιείται
- Τήρηση κατάλληλων μέτρων όπως αυτά οριοθετούνται από τις Αρχές Καλής Γεωργικής Πρακτικής, όπως η εκπαίδευση των αγροτών για ορθό πλύσιμο των χεριών και χρήση γαντιών, έτσι ώστε να μειώνεται ο κίνδυνος μεταφοράς μικροοργανισμών από τον άνθρωπο (Gorny *et al.*, 2005)
- Η ποιότητα μετά την συγκομιδή επηρεάζεται από την διαχείριση της σχετικής υγρασίας και των θερμοκρασιακών συνθηκών. Η υποβάθμιση της ποιότητας απορρέει από παράγοντες που είναι τόσο εσωτερικοί (φυσικές διεργασίες) και

εξωτερικοί(μικροβιολογικοί, χημικοί, περιβαλλοντικοί και μηχανικοί)σχετικά με την παραγωγή μετά το στάδιο της συγκομιδής.

- Η αναπνοή και η διαπνοή είναι φυσικές διεργασίες που μπορούν να επηρεαστούν σε μεγάλο βαθμό από περιβαλλοντικές συνθήκες όπως η θερμοκρασία, η σχετική υγρασία, η σύνθεση της ατμόσφαιρας του περιβάλλοντος και μηχανικές ή φυσικές βλάβες του προϊόντος. Η ενέργεια που χρειάζεται κάθε φυτικός ιστός για να υποστηρίξει τις απαιτούμενες αναπτυξιακές αλλαγές παράγεται από την διαδικασία της αναπνοής, η οποία είναι ο οξειδωτικός καταβολισμός των υδρογονοαναθράκων. Η διεργασία λαμβάνει χώρα στα μιτοχόνδρια των ζωντανών κυττάρων και μεσολαβεί για την απελευθέρωση ενέργειας, τον σχηματισμό ανθρακικών σκελετών απαραίτητων για την διατήρηση του φυτού και την πραγματοποίηση συνθετικών αντιδράσεων μετά την συγκομιδή. Η αναπνοή μπορεί να θεωρηθεί ως σειρά ενζυμικών αντιδράσεων, περιλαμβάνοντας 3 μονοπάτια: αυτό της γλυκόλυσης(γλυκόζη→πυροσταφυλικό), του κύκλου του κιτρικού οξέος ή κύκλου του Crebs(πυροσταφυλικό→CO<sub>2</sub>) και αυτό της οξειδωτικής φωσφορυλίωσης. Η μείωση του ρυθμού αναπνοής θεωρείται συχνά ως η διαδικασία που επηρεάζεται περισσότερο από τις μετατροπές της ατμόσφαιρας. Έχει αποδειχθεί άμεση σχέση μεταξύ των ρυθμών αναπνοής και των αλλαγών στην ποιότητα. Παρόλο που η διαδικασία της αναπνοής είναι ιδιαίτερα σημαντική, η μείωση της δεν είναι το μόνο θετικό αποτέλεσμα που συνεπάγεται η αλλαγή των συνθηκών της ατμόσφαιρας. Τα μειωμένα επίπεδα O<sub>2</sub> και τα αυξημένα επίπεδα CO<sub>2</sub> επίσης επηρεάζουν την παραγωγή αιθυλενίου και κατ' επέκταση την δράση του. Η πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη σήμερα τεχνική τροποποίησης των επιπέδων O<sub>2</sub> και CO<sub>2</sub> είναι η τροποποιημένη συσκευασία, η οποία αναλύεται σε επόμενο κεφάλαιο. Η πρακτική εμπειρία έχει δείξει ότι οι φυτικοί ιστοί με υψηλότερους ρυθμούς αναπνοής ή/και με μειωμένα αποθέματα ενέργειας έχουν μικρότερη διάρκεια ζωής μετά την συγκομιδή. Η τροποποίηση της σύνθεσης της ατμόσφαιρας στην οποία αποθηκεύονται τα λαχανικά χρησιμοποιείται συνήθως για να επιβραδύνει τον ρυθμό αναπνοής, έτσι ώστε να μειώσει τον μεταβολισμό του προϊόντος και την ωρίμανσή του. Οι τεχνικές που εφαρμόζονται πριν και μετά την κοπή των λαχανικών επηρεάζουν επίσης τον ρυθμό αναπνοής. Μια πρακτική προσέγγιση για τον υπολογισμό του ρυθμού αναπνοής κατά την σύγκριση παρόμοιων δειγμάτων μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω της παρακολούθησης της σύστασης του ελεύθερου από λαχανικά χώρου, στις συσκευασίες. Η συγκέντρωση του οξυγόνου και του διοξειδίου του άνθρακα στον χώρο αυτόν, σχετίζεται με το στάδιο μεταβολισμού στο οποίο βρίσκονται τα δείγματα.
- Σχετικά με την διαπνοή, τα περισσότερα λαχανικά περιλαμβάνουν 80-95% νερό. Η διαπνοή είναι μια διεργασία μεταφοράς μάζας κατά την οποία υδρατμοί μετακινούνται από την επιφάνεια του λαχανικού στον περιβάλλοντα αέρα. Η διαδικασία αυτή απώλειας υγρασίας περιλαμβάνει μαρασμό, συρρίκνωση, απώλεια της τραγανότητας



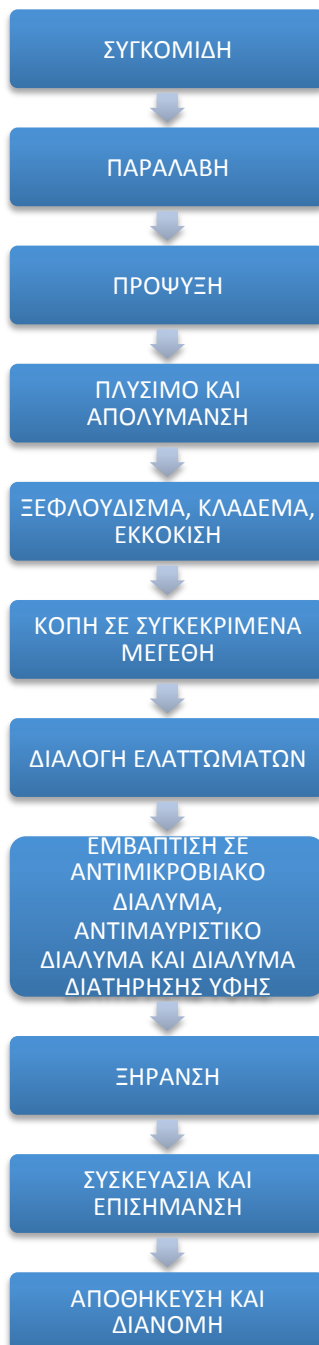
και της σταθερότητας του λαχανικού και έτσι επηρεάζει αρνητικά την εμφάνιση, την υφή, την γεύση και την μάζα του προϊόντος. Τα περισσότερα λαχανικά χάνουν την φρεσκάδα τους μετά από 3-10% απώλεια μάζας. Η διαπνοή θεωρείται ότι είναι η πρωταρχική αιτία απωλειών μετά την συγκομιδή και υποβάθμισης της ποιότητας στα φυλλώδη λαχανικά, όπως το μαρούλι, το σπανάκι, το λάχανο και το φρέσκο κρεμμύδι. Η διαπνοή μπορεί να μειωθεί, ελαχιστοποιώντας την τάση ατμών μεταξύ του προϊόντος και της ατμόσφαιρας, ή αυξάνοντας την αντοχή του προϊόντος. Η ελαχιστοποίηση της διαφοράς της τάσης ατμών επιτυγχάνεται με την μείωση της θερμοκρασίας ή με την αύξηση της σχετικής υγρασίας της ατμόσφαιρας. Η υγρασία της περιβάλλουσας ατμόσφαιρας χρειάζεται να διατηρείται σε ένα επίπεδο που παράγει μια τάση ατμών παραπλήσια με αυτή του προϊόντος. Για παράδειγμα, πολύ υψηλές σχετικές υγρασίες(95-99%), είναι απαραίτητες στην περίπτωση χυμωδών προϊόντων, ενώ πολύ χαμηλότερες υγρασίες (της τάξης του 60-70%) απαιτούνται για προϊόντα χαμηλής υγρασίας, όπως είναι οι θεραπευτικές ρίζες και οι βολβοί. Σε δεδομένη τιμή σχετικής υγρασίας, η διαφορά τάσης ατμών μεταξύ του λαχανικού και της ατμόσφαιρας μειώνεται με την μείωση της θερμοκρασίας, με αποτέλεσμα την μειωμένη αναπνοή. Επομένως, είναι ιδιαίτερα σημαντικό να ψύχεται η παραγωγή μετά την συγκομιδή όσο το δυνατόν γρηγορότερα για την ελαχιστοποίηση των απωλειών νερού.

- Τέλος, σχετικά με την περίπτωση του αιθυλενίου, είναι ο αποκλειστικός ρυθμιστής ανάπτυξης του φυτού που υπάρχει σαν αέριο σε φυσιολογικές βιολογικές θερμοκρασίες και παράγεται από βιολογικά και μη βιολογικά συστήματα. Μπορεί να επηρεάσει αρνητικά τις αντοχές του φυτού σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις(0,1 μL/L ή και λιγότερο)και περιλαμβάνει μεγάλη ποικιλία επιπτώσεων σχεδόν σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής ενός λαχανικού. Η κύρια επίδραση του στο φυτό μετά την συγκομιδή είναι η επιτάχυνση της ωρίμανσης και της γήρανσης. Ωστόσο, υπάρχουν και άλλες επιπτώσεις του αιθυλενίου στο φυτό μετά την συγκομιδή, όπως είναι η μείωση των απωλειών σε χλωροφύλλη(αποπρασινοποίηση) ή η καταστολή των αντοχών σε ασθένειες, κάποιες εκ των οποίων είναι επιθυμητές και κάποιες ανεπιθύμητες, ανάλογα με την προβλεπόμενη χρήση του αποθηκευμένου λαχανικού.
- Η μικροβιακή και χημική μόλυνση μπορεί να θέσει σε σημαντικό κίνδυνο την ασφάλεια των κηπευτικών προϊόντων. Η μικροβιακή επιμόλυνση μεταδίδεται μέσω ακατάλληλων καλλιεργητικών πρακτικών, ανθυγιεινών πρακτικών κατά την εργασία και μέσω της επαφής με το έδαφος και με ακάθαρτες επιφάνειες.
- Ο μηχανικός τραυματισμός του λαχανικού μπορεί να επιταχύνει την απώλεια νερού και της βιταμίνης C και μπορεί να αυξήσει την ευαισθησία σε φθορά από παθογόνους μικροοργανισμούς. Η διατήρηση της ποιότητας μετά την συγκομιδή απαιτεί κατάλληλο χειρισμό για την αποφυγή μηχανικών και φυσικών τραυματισμών, χημικών και μικροβιολογικών μολύνσεων. Η παραγωγή χρειάζεται επίσης να φυλάσσεται υπό

βέλτιστες συνθήκες θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας. Ευαίσθητα στο αιθυλένιο προϊόντα, όπως είναι τα φυλλώδη λαχανικά και τα βότανα, είναι απαραίτητο να φυλάσσονται σε συνθήκες απουσίας αιθυλενίου και σε αποστάσεις από λαχανικά και φρούτα που χαρακτηρίζονται από υψηλή παραγωγή αιθυλενίου, όπως τα πεπόνια, τα ροδάκινα και οι ντομάτες.

## 2.2 ΣΤΑΔΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΦΡΕΣΚΟΚΟΜΜΕΝΩΝ ΣΑΛΑΤΩΝ

Ακολούθως, παρουσιάζεται το διάγραμμα ροής μιας τυπικής παραγωγικής διαδικασίας για φρεσκοσυλλεγμένες σαλάτες: (Σχήμα 2.2)



Σχήμα 2.2: Διάγραμμα ροής παραγωγικής διαδικασίας φρεσκοσυλλεγμένων σαλατών

## **2.3 ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΦΡΕΣΚΟΣΥΛΛΕΓΜΕΝΩΝ ΛΑΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΞΥ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗΣ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ**

### ***2.3.1 Συγκομιδή που εξασφαλίζει ποιότητα και ασφάλεια***

Η ωρίμανση των λαχανικών κατά την συγκομιδή καθορίζει την ποιότητά τους. Τα άγουρα λαχανικά ενδεχομένως να υπολείπονται σε γεύση και είναι ευαίσθητα σε διαταραχές. Εκτός από την επίδρασή της στην γεύση, η ωρίμανση του λαχανικού κατά την συγκομιδή έχει άμεση επίδραση στην υφή του φρέσκου προϊόντος. Τα λαχανικά θεωρούνται σε γενικές γραμμές βέλτιστης διατροφικής ποιότητας πριν την πλήρη ωρίμανσή τους. Αυτά που δεν συγκομίζονται στο κατάλληλο στάδιο ωρίμανσης τους είναι γενικά χαμηλότερης ποιότητας και υποβάλλονται σε ταχεία υποβάθμιση μετά την συγκομιδή.

Η ποιότητα επηρεάζεται από την ωρίμανση κατά την συγκομιδή και τις μεθόδους συγκομιδής, τους χρόνους αποθήκευσης, τις θερμοκρασίες και τον βαθμό της επεξεργασίας. Η παραγωγή ιδανικά θα έπρεπε να συγκομίζεται κατά τις πιο δροσερές ώρες της μέρας, την ίδια μέρα με την έναρξη της επεξεργασίας, έτσι ώστε να ελαχιστοποιείται ο χρόνος αποθήκευσης και διακίνησης, αυξάνοντας έτσι την διάρκεια ζωής των φρεσκοσυλλεγμένων λαχανικών. Το προσωπικό που απασχολείται με τις διαδικασίες συγκομιδής πρέπει να εκπαιδεύεται σε κατάλληλες μεθόδους συγκομιδής, ώστε να αποτρέπεται η ζημιά στην παραγωγή. Η παραγωγή με βλάβες από έτνομα, με ηλιακά εγκαύματα ή άλλα φυσικά ελαττώματα δεν μπορεί να αποδόσει φρεσκοκομμένα προϊόντα υψηλής ποιότητας με την επιθυμητή διάρκεια ζωής. Μειώνοντας τα ελαττώματα έχει σαν αποτέλεσμα την μείωση επίσης του μικροβιακού φορτίου που σχετίζεται με την παραγωγή. Οι εργάτες χρειάζεται να χρησιμοποιούν τον κατάλληλο εξοπλισμό συγκομιδής και προστατευτικά δοχεία(containers)για την αποφυγή τραυματισμού της παραγωγής κατά την διάρκεια της συγκομιδής.

### ***2.3.2 ΧΕΙΡΙΣΜΟΙ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΞΑΣΦΑΛΙΣΗ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ***

Η ποιότητα μετά την συγκομιδή επηρεάζεται από την διαχείριση της σχετικής υγρασίας και των θερμοκρασιακών συνθηκών. Η υποβάθμιση της ποιότητας απορρέει από παράγοντες που είναι τόσο εσωτερικοί( φυσικές διεργασίες)και εξωτερικοί(μικροβιολογικοί, χημικοί, περιβαλλοντικοί και μηχανικοί)σχετικά με την παραγωγή μετά το στάδιο της συγκομιδής.

Η αναπνοή και η διαπνοή είναι φυσικές διεργασίες που μπορούν να επηρεαστούν σε μεγάλο βαθμό από περιβαλλοντικές συνθήκες όπως η θερμοκρασία, η σχετική υγρασία, η σύνθεση της ατμόσφαιρας του περιβάλλοντος και μηχανικές ή φυσικές βλάβες του προϊόντος. Η ενέργεια που χρειάζεται κάθε φυτικός ιστός για να υποστηρίξει τις απαιτούμενες αναπτυξιακές αλλαγές

παράγεται από την διαδικασία της αναπνοής, η οποία είναι ο οξειδωτικός καταβολισμός των υδρογονοαναθράκων. Η διεργασία λαμβάνει χώρα στα μιτοχόνδρια των ζωντανών κυττάρων και μεσολαβεί για την απελευθέρωση ενέργειας, τον σχηματισμό ανθρακικών σκελετών απαραίτητων για την διατήρηση του φυτού και την πραγματοποίηση συνθετικών αντιδράσεων μετά την συγκομιδή. Η αναπνοή μπορεί να θεωρηθεί ως σειρά ενζυμικών αντιδράσεων, περιλαμβάνοντας 3 μονοπάτια: αυτό της γλυκόλυσης(γλυκόζη→πυροσταφυλικό), του κύκλου του κιτρικού οξέος ή κύκλου του Krebs(πυροσταφυλικό→CO<sub>2</sub>) και αυτό της οξειδωτικής φωσφορυλίωσης. Η μείωση του ρυθμού αναπνοής θεωρείται συχνά ως η διαδικασία που επηρεάζεται περισσότερο από τις μετατροπές της ατμόσφαιρας. Έχει αποδειχθεί άμεση σχέση μεταξύ των ρυθμών αναπνοής και των αλλαγών στην ποιότητα. Παρόλο που η διαδικασία της αναπνοής είναι ιδιαίτερα σημαντική, η μείωση της δεν είναι το μόνο θετικό αποτέλεσμα που συνεπάγεται η αλλαγή των συνθηκών της ατμόσφαιρας. Τα μειωμένα επίπεδα O<sub>2</sub> και τα αυξημένα επίπεδα CO<sub>2</sub> επίσης επηρεάζουν την παραγωγή αιθυλενίου και κατ' επέκταση την δράση του. Η πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη σήμερα τεχνική τροποποίησης των επιπέδων O<sub>2</sub> και CO<sub>2</sub> είναι η τροποποιημένη συσκευασία, η οποία αναλύεται σε επόμενο κεφάλαιο. Η πρακτική εμπειρία έχει δείξει ότι οι φυτικοί ιστοί με υψηλότερους ρυθμούς αναπνοής ή/και με μειωμένα αποθέματα ενέργειας έχουν μικρότερη διάρκεια ζωής μετά την συγκομιδή. Η τροποποίηση της σύνθεσης της ατμόσφαιρας στην οποία αποθηκεύονται τα λαχανικά χρησιμοποιείται συνήθως για να επιβραδύνει τον ρυθμό αναπνοής, έτσι ώστε να μειώσει τον μεταβολισμό του προϊόντος και την ωρίμανσή του. Οι τεχνικές που εφαρμόζονται πριν και μετά την κοπή των λαχανικών επηρεάζουν επίσης τον ρυθμό αναπνοής. Μια πρακτική προσέγγιση για τον υπολογισμό του ρυθμού αναπνοής κατά την σύγκριση παρόμοιων δειγμάτων μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω της παρακολούθησης της σύστασης του ελεύθερου από λαχανικά χώρου, στις συσκευασίες. Η συγκέντρωση του οξυγόνου και του διοξειδίου του άνθρακα στον χώρο αυτόν, σχετίζεται με το στάδιο μεταβολισμού στο οποίο βρίσκονται τα δείγματα.

Σχετικά με την διαπνοή, τα περισσότερα λαχανικά περιλαμβάνουν 80-95% νερό. Η διαπνοή είναι μια διεργασία μεταφοράς μάζας κατά την οποία υδρατμοί μετακινούνται από την επιφάνεια του λαχανικού στον περιβάλλοντα αέρα. Η διαδικασία αυτή απώλειας υγρασίας περιλαμβάνει μαρασμό, συρρίκνωση, απώλεια της τραγανότητας και της σταθερότητας του λαχανικού και έτσι επηρεάζει αρνητικά την εμφάνιση, την υφή, την γεύση και την μάζα του προϊόντος. Τα περισσότερα λαχανικά χάνουν την φρεσκάδα τους μετά από 3-10% απώλεια μάζας. Η διαπνοή θεωρείται ότι είναι η πρωταρχική αιτία απωλειών μετά την συγκομιδή και υποβάθμισης της ποιότητας στα φυλλώδη λαχανικά, όπως το μαρούλι, το σπανάκι, το λάχανο και το φρέσκο κρεμμύδι. Η διαπνοή μπορεί να μειωθεί, ελαχιστοποιώντας την τάση ατμών μεταξύ του προϊόντος και της ατμόσφαιρας, ή αυξάνοντας την αντοχή του προϊόντος. Η ελαχιστοποίηση της διαφοράς της τάσης ατμών επιτυγχάνεται με την μείωση της

θερμοκρασίας ή με την αύξηση της σχετικής υγρασίας της ατμόσφαιρας. Η υγρασία της περιβάλλουσας ατμόσφαιρας χρειάζεται να διατηρείται σε ένα επίπεδο που παράγει μια τάση ατμών παραπλήσια με αυτή του προϊόντος. Για παράδειγμα, πολύ υψηλές σχετικές υγρασίες(95-99%), είναι απαραίτητες στην περίπτωση χυμωδών προϊόντων, ενώ πολύ χαμηλότερες υγρασίες (της τάξης του 60-70%) απαιτούνται για προϊόντα χαμηλής υγρασίας, όπως είναι οι θεραπευτικές ρίζες και οι βολβοί. Σε δεδομένη τιμή σχετικής υγρασίας, η διαφορά τάσης ατμών μεταξύ του λαχανικού και της ατμόσφαιρας μειώνεται με την μείωση της θερμοκρασίας, με αποτέλεσμα την μειωμένη αναπνοή. Επομένως, είναι ιδιαίτερα σημαντικό να ψύχεται η παραγωγή μετά την συγκομιδή όσο το δυνατόν γρηγορότερα για την ελαχιστοποίηση των απωλειών νερού.

Τέλος, σχετικά με την περίπτωση του αιθυλενίου, είναι ο αποκλειστικός ρυθμιστής ανάπτυξης του φυτού που υπάρχει σαν αέριο σε φυσιολογικές βιολογικές θερμοκρασίες και παράγεται από βιολογικά και μη βιολογικά συστήματα. Μπορεί να επηρεάσει αρνητικά τις αντοχές του φυτού σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις(0,1 μL/L ή και λιγότερο)και περιλαμβάνει μεγάλη ποικιλία επιπτώσεων σχεδόν σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής ενός λαχανικού. Η κύρια επίδραση του στο φυτό μετά την συγκομιδή είναι η επιτάχυνση της ωρίμανσης και της γήρανσης. Ωστόσο, υπάρχουν και άλλες επιπτώσεις του αιθυλενίου στο φυτό μετά την συγκομιδή, όπως είναι η μείωση των απωλειών σε χλωροφύλλη(αποπρασινοποίηση) ή η καταστολή των αντοχών σε ασθένειες, κάποιες εκ των οποίων είναι επιθυμητές και κάποιες ανεπιθύμητες, ανάλογα με την προβλεπόμενη χρήση του αποθηκευμένου λαχανικού.

Η μικροβιακή και χημική μόλυνση μπορεί να θέσει σε σημαντικό κίνδυνο την ασφάλεια των κηπευτικών προϊόντων. Η μικροβιακή επιμόλυνση μεταδίδεται μέσω ακατάλληλων καλλιεργητικών πρακτικών, ανθυγιεινών πρακτικών κατά την εργασία και μέσω της επαφής με το έδαφος και με ακάθαρτες επιφάνειες.

Ο μηχανικός τραυματισμός του λαχανικού μπορεί να επιταχύνει την απώλεια νερού και της βιταμίνης C και μπορεί να αυξήσει την ευαισθησία σε φθορά από παθογόνους μικροοργανισμούς. Η διατήρηση της ποιότητας μετά την συγκομιδή απαιτεί κατάλληλο χειρισμό για την αποφυγή μηχανικών και φυσικών τραυματισμών, χημικών και μικροβιολογικών μολύνσεων. Η παραγωγή χρειάζεται επίσης να φυλάσσεται υπό βέλτιστες συνθήκες θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας. Ευαίσθητα στο αιθυλένιο προϊόντα, όπως είναι τα φυλλώδη λαχανικά και τα βότανα, είναι απαραίτητο να φυλάσσονται σε συνθήκες απουσίας αιθυλενίου και σε αποστάσεις από λαχανικά και φρούτα που χαρακτηρίζονται από υψηλή παραγωγή αιθυλενίου, όπως τα πεπόνια, τα ροδάκινα και οι ντομάτες.

Η παραγωγή μετά την συγκομιδή χρειάζεται να τοποθετείται σε σκιερό χώρο, προκειμένου να αποφευχθούν οι δυσμενείς επιπτώσεις από την ηλιακή ακτινοβολία, κατά την διάρκεια της

αναμονής της για την βιομηχανία όπου θα προχωρήσει η επεξεργασία της. Η παραγωγή απαιτεί κατάλληλο χειρισμό για την αποφυγή τραυματισμού και επιμόλυνσης.

### 2.3.2.1 ΠΡΟΨΥΞΗ

Η διεργασία της πρόψυξης περιλαμβάνει την γρήγορη απομάκρυνση της θερμότητας από το φρέσκο προϊόν. Βρίσκεται ανάμεσα στις πιο αποτελεσματικές διαδικασίες ενίσχυσης της ποιότητας, διαθέσιμη στους εμπορικούς παραγωγούς και κατατάσσεται ως μια από τις σημαντικότερες δραστηριότητες προστιθέμενης αξίας στην αγροτική αλυσίδα. Η ψύξη επεκτείνει της διάρκεια ζωής των φρεσκοσυλλεγμένων προϊόντων. Οι μεγάλες επιχειρήσεις επεξεργασίας φρεσκοσυλλεγμένων προϊόντων χρησιμοποιούν μεγάλο αριθμό τεχνολογιών, όπως υδατόλουτρα σε ψύξη, εξαναγκασμένη ψύξη μέσω αέρα, ψύξη και συσκευασία υπό κενό με μίγματα νερού-πάγου για την απομάκρυνση της θερμότητας λόγω εδάφους από το φρεσκοκομμένο προϊόν. Συγκεκριμένα, η τεχνική της ψύξης υπό κενό χρησιμοποιείται για το iceberg, ενώ αυτή της ψύξης υπό κενό μέσω ψεκασμού χρησιμοποιείται για τα φυλλώδη λαχανικά, όπως το μαρούλι και το σπανάκι. Παρόλο που μικρές επιχειρήσεις ενδεχομένως να μην μπορούν να υποστηρίξουν οικονομικά έναν ακριβό ψυκτικό εξοπλισμό, η αποθήκευση της παραγωγής σε ψυγείο, είναι επαρκής για την ψύξη μικρών ποσοτήτων παραγωγής. Είναι απαραίτητο να υπάρχει έλεγχος ώστε να σημειωθούν οι θερμοκρασίες κάτω από τις οποίες προαλείται τραυματισμός λόγω ψύξης στα διάφορα λαχανικά. (Gorny *et al.*, 2005)

Τα ακέραια φρέσκα προϊόντα χρειάζεται να φυλάσσονται ξεχωριστά σε ένα μικρό αποθηκευτικό χώρο ψύξης για την αποφυγή της διασταυρούμενης επιμόλυνσης μεταξύ αυτών και εκείνων που έχουν προηγουμένως κοπεί και πλυθεί. Δηλαδή, το προσωπικό πρέπει να ακολουθεί μια τακτική first in-first out, FIFO), που σημαίνει ότι πρέπει τα τρόφιμα που αποθηκεύονται πρώτα σε χρονική σειρά να προωθούνται επίσης πρώτα για διακίνηση ή περαιτέρω επεξεργασία.

Η τήρηση των βασικών αρχών της πρόψυξης έχει ως αποτέλεσμα:

- Την αποφυγή της υποβάθμισης της ποιότητας που οφείλεται στο μαλάκωμα του λαχανικού μέσω της καταστολής της ενζυμικής αποδόμησης και της αναπνευστικής δραστηριότητας που επιτυγχάνει
- Την αποφυγή του μααρασμού μέσω της επιβράδυνσης ή μέσω της παρεμπόδισης της απώλειας νερού
- Την μείωση του ρυθμού παραγωγής αιθυλενίου
- Την ελαχιστοποίηση της επίδρασης του αιθυλενίου σε προϊόντα που είναι ευαίσθητα στο αιθυλένιο

Το νερό που χρησιμοποιείται στην πρόψυξη και γενικά στην επεξεργασία μετά την συγκομιδή μπορεί να μολύνει τα λαχανικά εάν υπάρχει άμεση επαφή μεταξύ του νερού που περιέχει

παθογόνους μικροοργανισμούς με βρώσιμα τμήματα των λαχανικών. Επομένως χρειάζεται να ληφθούν υπόψη τα παρακάτω κρίσιμα σημεία:

- Το νερό που χρησιμοποιείται στην ψύξη υπό ψεκάσμο των λαχανικών πρέπει να μην περιλαμβάνει παθογόνους μικροοργανισμούς
- Στην διαδικασία αυτή, μπορεί να χρησιμοποιείται νερό ψύξης μιας χρήσης
- Εάν το νερό που χρησιμοποιείται για τον ψεκάσμο ανακυκλοφορείται, τότε χρειάζεται να υπάρχει απολυμαντικό νερού σε επαρκή επίπεδα τα οποία να παρακολουθούνται, προκειμένου να μειωθεί ο πιθανός κίνδυνος διασταυρούμενης μόλυνσης
- Ο ψυκτικός εξοπλισμός πρέπει να καθαρίζεται και να απολυμαίνεται σε τακτικό χρονικό διάστημα για την εξασφάλιση της ελαχιστοποίησης του κινδύνου διασταυρούμενης μόλυνσης
- Είναι σημαντική η ανάπτυξη και η εφαρμογή κατάλληλων καθαριστικών διαδικασιών για όλες τις επιφάνειες επαφής με τρόφιμα, προκειμένου να μειωθεί ή να ελαχιστοποιηθεί η δυνατότητα μικροβιακής επιμόλυνσης
- Η δημιουργία υγιεινών σχεδιαστικών επιλογών που διευκολύνουν τον συχνό καθαρισμό του εξοπλισμού και των επιφανειών που έρχονται σε επαφή με τρόφιμα
- Ο υπολογισμός της διάταξης και θεμάτων που σχετίζονται με την αποστράγγιση του ψυκτικού εξοπλισμού, για την αποφυγή επιμόλυνσης μέρους του εξοπλισμού που ενδεχομένως να επιστρέψει στο έδαφος
- Χρειάζεται να εφαρμοστούν διαδικασίες ελέγχου των παρασίτων για να ελαχιστοποιηθεί η δυνατότητα εισαγωγής παθογόνων μικροοργανισμών από τον άνθρωπο
- Η τοποθέτηση και αποθήκευση των προϊόντων δεν πρέπει να διευκολύνει την διασταυρούμενη μόλυνση, που ενδέχεται να συμβεί για παράδειγμα όταν οι παλλέτες τοποθετούνται πάνω από κάδους απορριμμάτων, ή όταν περιέκτες πάγου τοποθετούνται πάνω από μη παγωμένα προϊόντα
- Η εξασφάλιση ότι οι εργαζόμενοι εκπαιδούνται τακτικά στην χρησιμοποίηση μέτρων υγιεινής και ασφάλειας των τροφίμων (James *et al.*, 2010)

### 2.3.2.2 ΠΛΥΣΙΜΟ ΚΑΙ ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ

#### *ΓΕΝΙΚΑ*

Τα φρεσκοκομμένα λαχανικά δεν θεωρούνται πλέον χαμηλού κινδύνου τρόφιμα, σε όρους ασφάλειας τροφίμων (FSA, 2007). Πρόσφατα, ένας αριθμός εστιών ασθενειών συνδέθηκε με φρεσκοκομμένα λαχανικά που δεν είχαν επεξεργαστεί σε κατάλληλες συνθήκες απολύμανσης. Αυτά τα ξεσπάσματα αποδεικνύουν ότι η ποιότητα του νερού που χρησιμοποιείται για το πλύσιμο και την ψύξη της παραγωγής μετά την συγκομιδή είναι κρίσιμη. Είναι γνωστό ότι η απολύμανση είναι ένα από τα πλέον κρίσιμα σημεία στην επεξεργασία των

φρεσκοσυλλεγμένων λαχανικών, επηρεάζοντας την ποιότητα, την ασφάλεια και την διάρκεια ζωής του τελικού προϊόντος.

Είναι σημαντικό το λαχανικό να πλένεται όσο το δυνατόν γρηγορότερα μετά την συγκομιδή, για την απομάκρυνση κατεστραμμένων ιστών. Στις μεγάλες επιχειρήσεις, χρησιμοποιούνται σωλήνες νερού και δεξαμενές για το πλύσιμο του φρέσκου προϊόντος πριν το στάδιο της κοπής και του κλαδέματος. Η χρησιμοποίηση πόσιμου νερού είναι βασική προϋπόθεση για το πλύσιμο, ώστε να αποκλείεται η πιθανότητα μεταφοράς μόλυνσης από το νερό στην παραγωγή.

Ένας παράγοντας αποστείρωσης ή ένα απολυμαντικό είναι ένας αντιμικροβιακός παράγοντας που εφαρμόζεται για να καταστρέψει ή να μειώσει τον αριθμό των μικροοργανισμών που απειλούν την δημόσια υγεία, χωρίς ωστόσο να επηρεάσει την ποιότητα της παραγωγής και την ασφάλεια των καταναλωτών. Τα απολυμαντικά διαλύματα ελαχιστοποιούν την μετάδοση των παθογόνων από το νερό στην παραγωγή, μειώνουν το μικροβιακό φορτίο στην επιφάνεια των προϊόντων και εμποδίζουν την μικροβιακή συσσώρευση στο νερό επεξεργασίας. Τα απολυμαντικά αυτά διαλύματα που εφαρμόζονται στα λαχανικά πρέπει να είναι ασφαλή στην χρήση και πρέπει να χρησιμοποιούνται σύμφωνα με τις δοσμένες οδηγίες. Η συγκέντρωση του απολυμαντικού στο νερό επεξεργασίας πρέπει να παρακολουθείται τακτικά και να προσαρμόζεται στα προκαθορισμένα επίπεδα. Εάν δεν είναι δυνατή η παρακολούθηση της συγκέντρωσης του απολυμαντικού χρειάζεται να γίνουν συστάσεις για την επαναχρησιμοποίηση του απολυμαντικού νερού. Προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί η συσσώρευση οργανικών υλών, το νερό πρέπει να υποστεί φιλτράρισμα ή να αλλαχθεί. Όταν κρίνεται απαραίτητο, μπορεί να αποδειχθεί βοηθητική η τεχνική υποστήριξη για την χρήση των απολυμαντικών.

Πολλές μεγάλες επιχειρήσεις που επεξεργάζονται φρεσκοκομμένα λαχανικά, χρησιμοποιούν και ανακυκλώνουν το νερό έτσι ώστε να διατηρούν την πολύτιμη αυτή βοηθητική παροχή. Πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα ώστε στην ανακύκλωση του νερού να μην παρουσιάζεται νέος κίνδυνος μόλυνσης από μικροοργανισμούς. Το ανακυκλούμενο νερό πρέπει να χρησιμοποιείται συνεχώς και να ελέγχεται με παρακολούθηση. Σε περιπτώσεις όπου αυξάνονται οι οργανικές ύλες στο νερό πλύσης, το αντιμικροβιακό διάλυμα του υποχλωριώδους οξέος (HOCl) χάνει την αποτελεσματικότητά του για την διατήρηση της ποιότητας του νερού.

Σε πολύ μικρές επιχειρήσεις, είναι κατάλληλο το πλύσιμο σε νεροχύτη ή σε βρύση με τρεχούμενο νερό. Η παραγωγή μπορεί επίσης να πλυθεί σε μικρή βέβαια κλίμακα, σε μεγάλες ρηχές δεξαμενές που επιτρέπουν στους χειριστές να κινούν την παραγωγή ελεύθερα διαμέσου του νερού. Στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται δεξαμενές από μπετό, πρέπει ιδανικά να



περιλαμβάνουν πλακάκια. Οι συχνές αλλαγές του νερού πλύσης είναι απαραίτητες προκειμένου να απομακρυνθούν χρώματα και άλλα ξένα σώματα από την παραγωγή. Μια καλύτερη μέθοδος είναι η συνεχής κυκλοφορία νερού πλύσης μέσω ενός φίλτρου. Ιδανικά χρειάζεται να χρησιμοποιούνται πολλές δεξαμενές για τις διεργασίες πλυσίματος. Η πρώτη δεξαμενή θα έπρεπε να χρησιμοποιείται για την απομάκρυνση των βαρέων ακαθαρσιών και οι μετέπειτα καθαρότερες δεξαμενές θα έπρεπε να χρησιμοποιούνται για το τελικό πλύσιμο.

Οι μεγάλες μονάδες επεξεργασίας φρεσκοσυλλεγμένων λαχανικών κάνουν χρήση συνεχών ροδέλων. Στις περιπτώσεις αυτές, ένας κινούμενος μεταφορέας μαζεύει το προϊόν και το μεταφέρει κάτω από ψεκαστήρες νερού μεγάλης έντασης. Η ανακυκλοφορία μέσω φίλτρου μειώνει την συνολική κατανάλωση νερού. Η θερμοκρασία, ο χρόνος επαφής, το pH και η συγκέντρωση του χλωρίου πρέπει να παρακολουθούνται για την αποτελεσματικότητά τους κατά την πλύση. Η μέτρηση της τιμής του δυναμικού μείωσης της οξειδωσης (oxidation reduction potential, OPR), μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο του απολυμαντικού επιπέδου του νερού πλύσης.

Για νερό πλύσης που προορίζεται για πλύση λαχανικών, μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι ακόλουθες συνθήκες: θερμοκρασία(0-5 °C), pH(4,5-5,5), συγκέντρωση χλωρίου(50-100 ppm), OPR(650-750 ppm). Κατά την διάρκεια του πλυσίματος, τυχόν ελαττωματικά προϊόντα πρέπει να απομακρύνονται και να απορρίπτονται.

Η διατήρηση της ποιότητας του νερού κατά την διάρκεια του πλυσίματος έχει συγκεντρώσει ιδιαίτερη προσοχή, καθώς διευκρινίζεται ότι «οι αντιμικροβιακές χημικές ουσίες, όταν χρησιμοποιούνται κατάλληλα, με επαρκή ποιότητα νερού πλύσης, βοηθούν στην μείωση της δυνατότητας μικροβιακής επιμόλυνσης του νερού της επεξεργασίας και επακόλουθων επιμολύνσεων του προϊόντος»(FDA, 2008). Πολλά από τα πρόσφατα ευρήματα σχετικά με την πλύση φρεσκοσυλλεγμένων προϊόντων, συμφωνούν με την παραπάνω προσέγγιση. Συμπεραίνεται ότι εάν η παραγωγή πλένεται χωρίς την χρήση απολυμαντικών, απαιτούνται μεγάλες ποσότητες νερού για την επίτευξη του ίδιου επιπέδου μικροβιακής μείωσης.

Ωστόσο, είναι σημαντικό να διευκρινιστεί ότι το νερό χρησιμεύει ως πηγή διασταυρούμενης μόλυνσης καθώς η επαναχρησιμοποίηση του νερού επεξεργασίας μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη μικροβιακών φορτίων, συμπεριλαμβανομένων ανεπιθύμητων παθογόνων από την καλλιέργεια. Έτσι, τα απολυμαντικά διαλύματα θα έπρεπε να χρησιμοποιούνται για την διατήρηση της ποιότητας του νερού και την αποφυγή επιμόλυνσης του προϊόντος, παρά τα περιορισμένα μικροβιακά οφέλη τους στην παραγωγή. Σε γενικές γραμμές, θα μπορούσε να εξαχθεί ως συμπέρασμα ότι η καθαριστική δράση της διεργασίας πλύσης απομακρύνει τους μικροοργανισμούς από το προϊόν και το απολυμαντικό διάλυμα τους εξαλείφει και τους αναστέλλει.

Η πλύση και η απολύμανση έχουν οικονομικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις, κυρίως γιατί η μεγάλη ποσότητα νερού που απαιτείται για την διασφάλιση ότι η ποιότητα νερού είναι επαρκής για την προβλεπόμενη χρήση, τόσο στην αρχή, όσο και στο τέλος όλων των διεργασιών πλύσης. Μια πρόκληση για την βιομηχανία τροφίμων είναι η ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης νερού και των ρυθμών απόρριψης των αποβλήτων νερού. Μια μέθοδος για την μείωση της χρήσης νερού, είναι η απολύμανση του νερού με κατάλληλο απολυμαντικό. Η ποσότητα των αποβλήτων νερού που παράγεται ανά μάζα προϊόντος εξαρτάται από την τεχνική απολύμανσης που χρησιμοποιείται. Μια τεχνική ικανή να απολυμαίνει αποτελεσματικά τόσο το νερό επεξεργασίας όσο και το προϊόν θα επέτρεπε ένα μεγάλο ρυθμό ανακύκλωσης και έτσι θα μείωνε τους ρυθμούς απόρριψης αποβλήτων και θα είχε μικρότερη επίπτωση στο περιβάλλον.

Σε πρόσφατη έρευνα, παρατηρήθηκε ότι η ποιότητα του νερού επεξεργασίας επηρέασε την αποτελεσματικότητα της πλύσης (Allende et al., 2008b). Επιβεβαιώθηκε επίσης ότι μια μικρή ποσότητα μολυσμένου προϊόντος σε μια σειρά επηρέασε την ποιότητα ολόκληρης της παρτίδας που πέρασε διαμέσου της δεξαμενής πλύσης. Ο κίνδυνος επιμόλυνσης δεν ελαχιστοποιήθηκε με την χρησιμοποίηση μεγάλων ποσοτήτων νερού. Αυτό επιβεβαιώνει την ανάγκη χρησιμοποίησης απολυμαντικού διαλύματος στο νερό επεξεργασίας ώστε να αδρανοποιηθούν τα μικρόβια, προτού προσδεθούν ή εσωτερικοποιηθούν στην παραγωγή, αποφεύγοντας την επιμόλυνση. Ωστόσο, η επεξεργασία με νερό πρέπει να ακολουθείται με σκοπό την ελαχιστοποίηση της απαραίτητης δόσης απολυμαντικού που χρησιμοποιείται για την απολύμανση. (Gil et al., 2009)

#### *ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΑΠΟΛΥΜΑΝΤΙΚΩΝ ΟΥΣΙΩΝ*

Ο χειρισμός μετά την συγκομιδή και οι επεξεργασίες απολύμανσης έχουν σημαντικό αντίκτυπο στην μικροβιολογική ποιότητα των φρεσκοσυλλεγμένων προϊόντων. Η πλύση ολόκληρων των λαχανικών σε καθαρό νερό επιτυγχάνει μόνο μια ασήμαντη μείωση των μικροβιακών πληθυσμών. Η χρήση απολυμαντικών όπως το χλώριο, το υπεροξικό οξύ, το υπεροξείδιο του υδρογόνου, το οξινισμένο διάλυμα χλωριούχου νατρίου ή όζοντος μπορεί να παρέχει μια μείωση της τάξης του 1-2 log στον αρχικό μικροβιακό πληθυσμό στην επιφάνεια του φρέσκου λαχανικού (Heard 2002).

#### *ΤΟ ΧΛΩΡΙΟ ΩΣ ΑΠΟΛΥΜΑΝΤΙΚΟ*

Το χλώριο και γενικά οι χημικές ενώσεις που βασίζονται στο χλώριο, ιδίως το υγρό χλώριο και το υποχλωριώδες ιόν, είναι σήμερα οι πιο ευρέως χρησιμοποιούμενες απολυμαντικές ουσίες στις διεργασίες πλύσης. Η χρήση χλωριωμένου νερού ως στάδιο απολύμανσης κατά την πλύση της φρεσκοκομμένης παραγωγής, είναι ευρέως διαδεδομένη στην βιομηχανία φρέσκιας παραγωγής. Χωρίς το χλώριο, δεν θα υπήρχε κατά πάσα πιθανότητα η αγορά για τις φρεσκοσυλλεγμένες σαλάτες και λαχανικά. Περίπου το 76% των ανταποκριτών σε μια

βιομηχανική έρευνα ανέφεραν την χρήση υποχλωριωδών αλάτων, παρόλο που σημαντικές πλευρές της χημείας του χλωρίου όπως ο έλεγχος του pH δεν ήταν πλήρως κατανοητές. Ως συνέπεια, πολλοί χρήστες των υποχλωριωδών αλάτων δεν τα χρησιμοποιούσαν υπό τις βέλτιστες συνθήκες και έτσι δεν επιτύγχαναν την μέγιστη αποτελεσματικότητα. Οι περισσότερες από τις χημικές εταιρείες που προσφέρουν εναλλακτικές του χλωρίου τεχνολογίες, τονίζουν τις αρνητικές αναφορές που σχετίζονται με ανεπιθύμητα υπολείμματα παραπροϊόντων και προτείνουν η βιομηχανία να απομακρυνθεί από την παραδοσιακή αυτή μέθοδο απολύμανσης. Η ευαισθησία της ανίχνευσης των υπολειμμάτων έχει αυξηθεί επίσης στα τελευταία 10 χρόνια, σε όρους τάξεων μεγέθους. Ωστόσο, το γεγονός ότι μια ουσία είναι ανιχνεύσιμη, δεν σημαίνει ότι αποτελεί κίνδυνο. Παρόλα αυτά, τα αποτελέσματα από τοξικολογικές έρευνες δεν εγείρουν κανένα λόγο ανησυχίας σχετικά με την ασφάλεια των χλωριούχων απολυμαντικών. Οι Klaiber et al., (2005) αναφέρουν ότι ο σχηματισμός παραπροϊόντων εξαιτίας της χλωρίωσης ελάχιστα επεξεργασμένων καρότων με νερό βρύσης που περιλάμβανε 200 mg/L ελεύθερο χλώριο, ήταν αμελητέος (<0,2 mg/L).

Στο Ηνωμένο Βασίλειο, έχει εκδοθεί δήλωση από την Επιτροπή Ελέγχου της Τοξικότητας των Χημικών σε καταναλωτικά Προϊόντα Τροφίμων, σχετικά με την εμπορική έρευνα που ανέφερε την παρουσία απολυμαντικών και παραπροϊόντων τους σε προπαρασκευασμένες σαλάτες.(COT, 2007). Τα απολυμαντικά που βασίζονται στο χλώριο μπορούν να αντιδράσουν με την οργανική ύλη στο νερό και να σχηματίσουν παραπροϊόντα όπως τριαλομεθάνια, αλογονικά οξέα, αλοκετόνες και χλωροπικρίνες. Δεν υπάρχει δημοσιευμένη έρευνα που να αποδεικνύει τον σχηματισμό αυτών των αλογονικών ενώσεων στην φρεσκοκομμένη παραγωγή, όταν πλένεται με χλωριωμένο νερό. Έτσι, η Ομάδα Παραγωγών Έτοιμων Σαλατών διενήργησε μια μελέτη για τον έλεγχο μια ποικιλίας σαλατών για την παρουσία απολυμαντικών παραπροϊόντων στα φρεσκοκομμένα προϊόντα. Τα συμπεράσματα η παραγωγή που υπόκειται σε τυπικές διαδικασίες χλωρίωσης περιείχε λιγότερο χλώριο και χλωριούχα παραπροϊόντα από το επιτρεπτό όριο για ένα ποτήρι νερού βρύσης και έτσι δεν συντρέχει λόγος ανησυχίας σχετικά με την παρουσία χλωριούχων ενώσεων στις σαλάτες(COT, 2007). Για την επίτευξη ποσοτήτων υπολειμμάτων τριαλομεθανίων που να προσεγγίζουν τις τοξικολογικές οριακές τιμές, κάποιος θα έπρεπε να καταναλώνει πολλά κιλά μαρουλιού για παράδειγμα, ανά μέρα.

Το χλώριο έχει χρησιμοποιηθεί λανθασμένα και σε υπερβολικό βαθμό στο παρελθόν, σε τέτοιο βαθμό που η χρήση του θα μπορούσε να απογορευθεί εάν δεν ελεγχθεί κατάλληλα. Οι Suslow(1997) και Dawson(2002)παρέχουν πληροφορίες σχετικά με την χρήση του χλωρίου και την ορθή πρακτική για την πλύση φρέσκων λαχανικών με χλώριο. Εξηγούν την σημαντικότητα του ελέγχου του pH για την αποτελεσματική χρήση του χλωρίου και την μέτρηση διαφορετικών τύπων χλωρίου, του ολικού, του συνδυασμένου, και του ελεύθερου χλωρίου. Καλύπτεται επίσης η επίδραση της εισαγωγής οργανικής ύλης στο σύστημα πλύσης. Σε γενικές

γραμμές, η μικροβιακή μείωση αυξάνεται καθώς αυξάνεται η αρχική συγκέντρωση χλωρίου και ο ρυθμός πλύσης. Ωστόσο, ο χρόνος πλύσης δεν έχει επίδραση στην μικροβιακή μείωση, καθώς αυξάνοντας την περίοδο πλύσης κατά 1 ή 2 min δεν παρουσιάστηκε βελτίωση στην μείωση των βακτηρίων. Αποδεικνύεται επίσης, ότι ένα χαμηλό επίπεδο ελεύθερου χλωρίου, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την πλύση της φρεσκοκομμένης παραγωγής, διατηρώντας το χαμηλό αυτό επίπεδο με την χρήση ενός συστήματος ελεγχόμενης δόσης. Στην πραγματικότητα, τα πιο αποτελεσματικά συστήματα, είναι εκείνα που διατηρείται ένα συγκεκριμένο επίπεδο υπολείμματος στο εξωτερικό του συστήματος πλύσης, το οποίο ουσιαστικά εμφανίζεται μετά το τέλος της απολύμανσης. Αυτά τα συστήματα διασφαλίζουν ότι υπάρχει πάντα επαρκές οξειδωτικό σε διάλυμα για να εμποδίσει την μικροβιακή μόλυνση και επιμόλυνση. Ειδικοί ανιχνευτές χλωρίου που βασίζονται σε αμπερομετρικές τεχνικές και αισθητήρες pH, διασφαλίζουν ότι τα υπολειμματικά επίπεδα παρακολουθούνται και ελέγχονται συνεχώς, ώστε να παρέχουν βέλτιστες συνθήκες απολύμανσης καθόλη την διάρκεια της επεξεργασίας.

Το χλώριο έχει χρησιμοποιηθεί με επιτυχία σε συγκεντρώσεις που κυμαίνονται από 50 έως 200 ppm για το πλύσιμο φρέσκων λαχανικών, με τυπικούς χρόνους επαφής λιγότερο από 5 min (Martinez –Ferrer et al. 2002, USFDA 2001). Παρόλο που το χλώριο είναι πιο αποτελεσματικό σε διαλύματα που βρίσκονται σε όξινα επίπεδα pH, τα απολυμαντικά που βασίζονται στο χλώριο χρησιμοποιούνται γενικά σε συνθήκες pH μεταξύ 6 και 7,5, προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί η διάβρωση του εξοπλισμού που χρησιμοποιείται κατά την επεξεργασία. (Beuchat, 2000). Η πλύση λαχανικών με χρήση χλωριωμένου νερού, χρησιμοποιείται παραδοσιακά για την απολύμανση των λαχανικών, ωστόσο διάφορες αναφορές αμφισβητούν την αποτελεσματικότητά του. Είναι πιθανοί μελλοντικοί κανονιστικοί περιορισμοί στην χρήση του χλωρίου και αυτό έχει ως συνέπεια την αναζήτηση λειτουργικών εναλλακτικών. Η ακατάλληλη χρήση του χλωρίου μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την διατήρηση μιας ελαφριάς οσμής στο φρεσκοκομμένο λαχανικό. Παρά την κοινή χρήση του ως απολυμαντικό για την απολύμανση φρέσκων προϊόντων, χρειάζεται να ληφθούν υπόψη οι χημικοί κίνδυνοι που σχετίζονται με το χλώριο ή με χλωριούχα υπολείμματα. Έτσι, η χρήση του χλωρίου στην επεξεργασία των ελάχιστα επεξεργασμένων λαχανικών (minimally processed) έχει απαγορευθεί σε ορισμένες χώρες της Ευρώπης, συμπεριλαμβανομένων της Γερμανίας, της Ολλανδίας, της Ελβετίας και του Βελγίου (Vangoquaix and Mazollier, 2002). Σαν αποτέλεσμα, έχουν εξερευνηθεί διάφορες καινοτόμες προσεγγίσεις για την απολύμανση των ελαχίστως επεξεργασμένων λαχανικών. Ωστόσο, η πλειοψηφία των πειραμάτων έχει διαξαχθεί σε μη ρεαλιστικές συνθήκες και τα αποτελέσματα που παραλαμβάνονται δεν μπορούν να συγκριθούν εξαιτίας των διαφορετικών πειραματικών συνθηκών. Ο κύριος όγκος των ελαχίστων επεξεργασμένων λαχανικών, έχει αξιοποιηθεί για την έρευνα για την ελαχιστοποίηση της εξάλειψης των παθογόνων μικροοργανισμών, ενώ έχουν

πραγματοποιηθεί λίγες μελέτες που αφορούν τους αλλοιογόνους μικροοργανισμούς και το πώς αυτοί επιδρούν στην μεταβολή των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των λαχανικών, στην διατροφική αξία τους και στην διάρκεια ζωής τους.

## ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ

### *Διοξειδίο του χλωρίου(ClO<sub>2</sub>)*

Πρόκειται για υδατοδιαλυτό κιτρινοπράσινο αέριο, με οσμή παρόμοια με εκείνη του χλωρίου. Δεν υδρολύεται στο νερό και δεν επηρεάζεται από μεταβολές στην τιμή του pH(6-10). Δεν αντιδρά με την οργανική ύλη για σχηματισμό χλωροφορμίου. Έχει εγκριθεί για χρήση σε νερό πλύσης σε διεργασίες επεξεργασίας λαχανικών από τον Οργανισμό Τροφίμων και Φαρμάκων των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής(USFDA) και πολλές μελέτες αποδεικνύουν τον αντιμικροβιακό του χαρακτήρα(Han, Guentert, Smith, Linton, & Nelson, 2000) Οι Singh, Bhunia, and Stroshine(2002) στην μελέτη τους επεξεργάστηκαν δείγματα καρότων(baby carrots) που είχαν εμβολιαστεί με στέλεχος του *Escherichia coli* O157:H7 και δείγματα φρεσκοκομμένου μαρουλιού με διοξειδίο του χλωρίου. Επίσης, άλλες μελέτες παρουσιάζουν την αποτελεσματικότητα του διοξειδίου του χλωρίου στην απενεργοποίηση του *Listeria monocytogenes* και του *Salmonella Typhimurium*(Lee, Costello & Kang, 2004). Οι ερευνητές αυτοί απέδειξαν ότι η αποτελεσματική επεξεργασία, συνδυάζοντας το διοξειδίο του χλωρίου, το όζον και έλαιο από θυμάρι, μπορούν να επηρεάσουν τις οργανοληπτικές ιδιότητες των προϊόντων.

Η οξειδωτική δύναμη του διοξειδίου του χλωρίου είναι 2,5 φορές μεγαλύτερη σε σχέση με εκείνη του χλωρίου. Το διοξειδίο του χλωρίου είναι αποτελεσματικό απέναντι σε πολλούς μικροοργανισμούς σε χαμηλότερες συγκεντρώσεις από ότι το ελεύθερο χλώριο. Είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικό σε ουδέτερο pH. Η δραστηριότητα του ωστόσο μειώνεται παρουσία οργανικής ύλης.

Το διοξειδίο του χλωρίου είναι πιο δαπανηρό σε σχέση με το χλώριο. Δεν μπορεί να μεταφερθεί και πρέπει να παραχθεί επί τόπου της διαδικασίας. Επιπλέον, δεν υπάρχουν διαθέσιμες απλές διαδικασίες υπολογισμού της συγκέντρωσης του. Το διοξειδίο του χλωρίου μπορεί να παράγει επικίνδυνα παραπροϊόντα, όπως το χλωριώδες και το χλωρικό ανιόν. Ωστόσο, δεν αντιδρά με ενώσεις που περιλαμβάνουν άζωτο ή με ενώσεις όπως η αμμωνία, για τον σχηματισμό επικίνδυνων ενώσεων χλωραμινών. Η οσμή του είναι τοξική για τον άνθρωπο. Η μικροβιακή ευαισθησία στο διοξειδίο του χλωρίου εξαρτάται από το μικροβιακό στέλεχος και τις περιβαλλοντικές συνθήκες κατά την εφαρμογή του απολυμαντικού. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί κατά την επεξεργασία του εξοπλισμού σε ένα μέγιστο επίπεδο των 200 ppm, ενώ για ολόκληρο λαχανικό ή ένα λαχανικό που δεν έχει υποστεί το στάδιο της κοπής, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ένα επίπεδο των 3ppm.

#### Οξινισμένο διάλυμα υποχλωριώδους νατρίου(ASC, NaClO<sub>2</sub>)

Είναι ένα απολυμαντικό με βάση το χλώριο, το οποίο σχηματίζει υποχλωριώδες οξύ, το οποίο μετατρέπεται ακολούθως σε χλωριώδες ανιόν. Το απολυμαντικό αυτό έχει εγκριθεί από την Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής(USEPA) για εφαρμογή σε λαχανικά, συμπεριλαμβανομένων και των φρεσκοσυλλεγμένων προϊόντων, μέσω ψεκασμού ή εμβάπτισης σε διάλυμα συγκέντρωσης 500-1200 ppm.

#### Όζον(O<sub>3</sub>)

Το όζον είναι ένα ισχυρό αντιμικροβιακό διάλυμα με υψηλή αντιδραστικότητα, διαπερατότητα και αυθόρμητη αποσύνθεση σε ένα μη τοξικό προϊόν. Αρκετοί ερευνητές έχουν αποδείξει ότι η επεξεργασία με όζον εμφανίζεται να παρουσιάζει μια ευεργετική δράση στην επέκταση της διάρκειας ζωής διαφόρων φρέσκων, άκοπων προϊόντων, όπως τα μπρόκολα και τα αγγούρια, μέσω της μείωσης των μικροβιακών πληθυσμών και μέσω της οξειδωσης του αιθυλενίου. Η χρήση οζονισμένου νερού έχει εφαρμοστεί σε φρεσκοκομμένα λαχανικά για απολυμαντικούς σκοπούς που περιλαμβάνουν την μείωση των μικροβιακών πληθυσμών και την επέκταση της διάρκειας ζωής ορισμένων από αυτά τα προϊόντα. Ωστόσο, δεν υπάρχουν επαρκείς πληροφορίες σχετικά με την απενεργοποίηση μικροοργανισμών που αναπτύσσονται στα τρόφιμα, όπως του *Shigella sonnei* μέσω του όζοντος. Παρόλο που έχει μελετηθεί ευρέως η αντιμικροβιακή ικανότητα του όζοντος, έχουν πραγματοποιηθεί λίγες μελέτες σχετικά με το πώς επηρεάζει την ποιότητα των τροφίμων η επεξεργασία με χλώριο.

Πρόκειται για υδατοδιαλυτό αέριο με ευρεία και γρήγορη βιοκτόνο δράση. Έχει ισχυρή οξειδωτική ικανότητα και διεισδυτικότητα. Είναι ωστόσο ασταθές υπό συνθήκες θερμοκρασίας περιβάλλοντος. Το όζον υφίσταται αυθόρμητα ταχεία αποσύνθεση σε συνθήκες υψηλού pH(pH>8), με αποτέλεσμα την παραγωγή οξυγόνου, το οποίο είναι ένα μη τοξικό προϊόν. Πρέπει να παράγεται επί τόπου με χρήση της ατμόσφαιρας. Το αεριώδες όζον είναι τοξικό για τον άνθρωπο, σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες των 4 ppm. Το μέγιστο επιτρεπτό επίπεδο για βραχυπρόθεσμη έκθεση είναι 0,3 ppm στην ατμόσφαιρα. Είναι διαβρωτικό για τα κοινώς χρησιμοποιούμενα υλικά και έτσι είναι απαραίτητη η χρησιμοποίηση ανοξειδωτου χάλυβα. Πρέπει να φιλτράρεται με στόχο την απομάκρυνση οργανικών και άλλων σωματιδίων ύλης. Το όζον κατέχει χαρακτηρισμό γενικά ασφαλής ουσίας(GRAS)για χρήση σε εφαρμογές που έρχονται σε επαφή με τρόφιμα. Οι συγκεντρώσεις μικρότερες του 1ppm στο νερό και οι μικροί χρόνοι επαφής είναι επαρκείς συνθήκες για την αδρανοποίηση βακτηρίων, μυκήτων, ζυμομυκήτων, παρασίτων και ιών. Για χρήση σε νερό πλύσης συστήνεται μια συγκέντρωση της τάξης του 0,5-4 ppm, ενώ για χρήση σε αγωγούς νερού, συστήνεται συγκέντρωση της τάξης του 1 ppm.

Το όζον έχει θετική επίδραση στο νερό, αποσυνθέτοντας αρκετά είδη φυτοφαρμάκων και μειώνοντας την ζήτηση σε οξυγόνο. Σε επαφή με την οργανική ύλη, το όζον δημιουργεί

αλδεΰδες, κετόνες και καρβοξυλικά οξέα, προκαλώντας λιγότερες ανησυχίες σχετικά με τους περιορισμούς στην χρήση του, σε σύγκριση με το χλώριο. Επίσης, σε σύγκριση με το χλώριο, το όζον έχει μεγαλύτερη επίδραση απέναντι σε αρκετούς μικροοργανισμούς και αποσυνθέτει ταζέως το οξυγόνο, με αποτέλεσμα να μην παραμένουν υπολείμματα. Ωστόσο, η αυξημένη διαβρωτικότητα του και το μεγαλύτερο αρχικό κεφάλαιο που απαιτείται για την παραγωγή του, είναι τα κύρια μειονεκτήματα σε σύγκριση με την χρήση του χλωρίου.

#### *Ηλεκτρολυόμενο νερό*

Το ηλεκτρολυόμενο νερό, αλλιώς γνωστό και ως ηλεκτρολυόμενο οξειδωτικό νερό προκύπτει μέσω ηλεκτρόλυσης υδατικού χλωριούχου νατρίου, που παράγει ένα ηλεκτρολυόμενο βασικό υδατικό διάλυμα στην κάθοδο και ένα ηλεκτρολυόμενο όξινο διάλυμα στην άνοδο. Τα αρνητικά φορτισμένα ιόντα, όπως τα ιόντα υδροξειδίου και τα χλωριόιόντα στο διάλυμα του άλατος, μετακινούνται προς την άνοδο απελευθερώνοντας ηλεκτρόνια και μετατρέπόμενα έτσι σε αέριο οξυγόνο, αέριο χλώριο, υποχλωριώδη ιόντα, υποχλωριώδες οξύ και υδροχλωρικό οξύ, ενώ τα θετικά φορτισμένα ιόντα, όπως τα ιόντα υδρογόνου και τα ιόντα νατρίου μετακινούνται προς την κάθοδο για να προσλάβουν ηλεκτρόνια και να μετατραπούν σε αέριο υδρογόνο και υδροξείδιο του νατρίου.(Hsu, 2003).

Το απολυμαντικό αυτό υπάρχει είτε στην μορφή του οξινισμένου ηλεκτρολυόμενου νερού(acidic electrolyzed water, AEW), είτε στην μορφή του ουδέτερου ηλεκτρολυόμενου νερού(neutral electrolyzed water, NEW). Το AEW είναι γνωστό ως ηλεκτρολυόμενο οξειδωτικό νερό και είναι ισχυρά όξινο(pH 2,1-4,5). Περιλαμβάνει υποχλωριώδες οξύ ως αντιμικροβιακό συστατικό. Το AEW χρησιμοποιείται ευρέως στην Ιαπωνία. Αναπτύσσει βιοκτόνο δράση κατά του *E.coli* O157:H7, του *S. enteritis*, της *L. monocytogenes* και των βιοφιλμ. Η βακτηριοκτόνος δράση του AEW είναι ισχυρότερη σε σχέση με αυτή διαλύματος όζοντος συγκέντρωσης 5 ppm κατά την απολύμανση φρεσκοκομμένου μαρουλιού. Επίσης, το AEW παρουσιάζει ισχυρότερη βακτηριοκτόνο δράση σε σχέση με αυτή του χλωρίου, εξαιτίας της μεγαλύτερης τιμής OPR του. Το NEW από την άλλη παρουσιάζει ουδέτερο pH (κοντά στο 7). Περιέχει μεταξύ 15 και 50 ppm διαθέσιμου χλωρίου που λαμβάνεται από χλωριούχο νάτριο 2,5% M. Είναι γενικά 2 έως 3 φορές πιο αποτελεσματικό σε σχέση με το υποχλωριώδες νάτριο. Η χρήση του ουδέτερου ηλεκτρολυόμενου νερού προσφέρει το πλεονέκτημα έναντι του όξινου ηλεκτρολυόμενου νερού, ότι το πρώτο δεν επηρεάζει το pH, το επιφανειακό χρώμα ή την γενική εμφάνιση του προς επεξεργασία προϊόντος. Λίγες μελέτες έχουν πραγματοποιηθεί στα φρεσκοκομμένα λαχανικά και η κύρια έμφαση προσανατολίζεται σε πλευρές που αφορούν την μικροβιολογία τους και σχετικά λίγη προσοχή έχει αποδοθεί στην ποιοτική υποβάθμισή τους.

Διάφορες μελέτες έχουν δείξει ότι η χρήση του ηλεκτρολυόμενου νερού απενεργοποιεί τον μικροοργανισμό *Staphylococcus aureus*, τον *Pseudomonas aeruginosa*, τον *Enterococcus sp.*, τον *Aeromonas sp.* *E. coli* και τον *Legionella pneumophila*. Επίσης απενεργοποιεί

μικροοργανισμούς αγροτικής σημασίας όπως τους *Bacillus subtilis*, *Ralstonia solanacearum*, *Rhizoctonia solani*, *Pythium ultimum*, *Fusarium oxysporum f. sp. Lycopersici* και *Trichoderma hamatum* (Polanska, 2001). Επιπλέον, η χρήση του ηλεκτρολυόμενου νερού ουδετεροποιεί επιβλαβείς ενώσεις όπως κυανιούχα και αμμωνιακά άλατα.

#### *Οργανικά οξέα*

Τα οργανικά οξέα, όπως είναι το γαλακτικό οξύ, το κιτρικό οξύ και το οξικό οξύ, έχουν περιγραφεί ως ισχυρά αντιμικροβιακά διαλύματα ενάντια σε ψυχρόφιλους και μεσόφιλους μικροοργανισμούς σε φρεσκοκομμένα λαχανικά. Η αντιμικροβιακή δράση των οργανικών οξέων οφείλεται στην μείωση του pH που επιφέρουν στο περιβάλλον, στην διακοπή της μεταφοράς μέσω μεμβρανών ή της μεμβρανικής διαπερατότητας, στην ανιονική συσσώρευση ή στην μείωση που επιφέρουν στο ενδοκυτταρικό pH μέσω της αποσύνδεσης των ιόντων υδρογόνου από τα οξέα. Το κιτρικό και το ασκορβικό οξύ έχουν χρησιμοποιηθεί για την μείωση των μικροβιακών πληθυσμών σε δείγματα σαλατικών. Το ασκορβικό οξύ και τα διάφορα ουδέτερα άλατά του και άλλα παράγωγα είναι τα κυρίως χρησιμοποιούμενα αντιοξειδωτικά σε χυμούς και λαχανικά, για την παρεμπόδιση του μαυρίσματος και άλλων οξειδωτικών αντιδράσεων. Το ασκορβικό οξύ επίσης δρα, απομακρύνοντας το μοριακό οξυγόνο στις αντιδράσεις που συμμετέχει η πολυφαινολική οξειδάση. Η παρεμπόδιση της πολυφαινολικής οξειδάσης από το ασκορβικό οξύ έχει αποδοθεί στην μετατροπή των ενζυμικά κατασκευασμένων ο-κινονών στις προαγγέλους τους διαφαινόλες.

#### *Υπεροξειδίο του υδρογόνου (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)*

Το υπεροξειδίο του υδρογόνου χαρακτηρίζεται από βακτηριοκτόνο και παρεμποδιστική δραστηριότητα, εξαιτίας των ιδιοτήτων του ως οξειδωτικού μέσου και εξαιτίας της ικανότητάς του να παράγει άλλες οξειδωτικές κυτταροτοξικές ουσίες, όπως είναι οι ρίζες υδροξυλίου. Η σποροκτόνος δράση του, σε συνδυασμό με την γρήγορη αποδόμηση του, το καθιστούν ένα ιδιαίτερα επιθυμητό αποστειρωτικό διάλυμα για χρήση σε κάποιες επιφάνειες επαφής τροφίμων και σε υλικά συσκευασίας σε ασηπτικές διαδικασίες πλήρωσης. Τα υπολειμματικά επίπεδα του υπεροξειδίου του υδρογόνου μπορούν να ποικίλουν, ανάλογα με την παρουσία ή την απουσία της υπεροξειδάσης στο παραγόμενο προϊόν. Η επεξεργασία με εμβάπτιση σε διάλυμα υπεροξειδίου του υδρογόνου μείωσε τους μικροβιακούς πληθυσμούς σε φρεσκοσυλλεγμένες πιπεριές, αγγούρια, κολοκυθάκια και πεπόνια, χωρίς ωστόσο να μεταβάλλει τα οργανοληπτικά τους χαρακτηριστικά (Beuchat & Ryu, 1997, Park & Beuchat, 1999). Δείγματα φρεσκοκομμένου μαρουλιού επέδειξαν έντονο μαύρισμα μετά από εμβάπτιση σε διάλυμα υπεροξειδίου του υδρογόνου (Parish *et al.*, 2003).

#### *Διαλύματα βασισμένα στο ασβέστιο*

Η επεξεργασία με χρησιμοποίηση ασβεστούχων ενώσεων, έχει χρησιμοποιηθεί για την επέκταση της διατηρησιμότητας λαχανικών. Το ασβέστιο, βοηθάει στην διατήρηση της



σταθερότητας του κυτταρικού τοιχώματος των λαχανικών, αλληλεπιδρώντας με την πηκτίνη, για τον σχηματισμό ασβεστούχας πηκτίνης (calcium pectate). Το ασβέστιο έχει αναφερθεί ότι διατηρεί την σταθερότητα μέσω αλληλοδιασταυρώσεων μεταξύ του κυτταρικού τοιχώματος και πηκτινών ενδιάμεσων φύλλων. Έτσι, τα λαχανικά που επεξεργάζονται με ασβέστιο γενικά παραμένουν σταθερότερα σε σχέση με τα υπόλοιπα, κατά την διάρκεια της αποθήκευσης. Η χρήση επεξεργασιών που βασίζονται σε ασβεστούχες ενώσεις έχει επίσης αποδειχθεί αποτελεσματική στην μείωση των απωλειών σε χλωροφύλλη και σε πρωτεΐνες και στην παρεμπόδιση της γήρανσης των φυτικών ιστών (Van Loey & Hendrickx, 2005).

Το γαλακτικό ασβέστιο έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως στην επεξεργασία των φρεσκοσυλλεγμένων λαχανικών. Έχει αποδειχθεί καλή εναλλακτική συγκριτικά με το χλωριούχο ασβέστιο, επειδή αποφεύγει την πικρότητα ή άλλες δυσάρεστες γεύσεις που σχετίζονται με αυτό. Το γαλακτικό ασβέστιο έχει εξεταστεί σε δείγματα φρεσκοκομμένου μαρουλιού και καρότων ως απολυμαντική ουσία και έχει συγκριθεί σε σχέση με το χλώριο (Martin-Diana *et al.*, 2005a).

Ως εναλλακτική του χλωρίου, το γαλακτικό ασβέστιο δεν έδειξε διαφορές στην επίδραση του στην ποιότητα του προϊόντος και οι δύο εναλλακτικές έδειξαν παρόμοια αποτελεσματικότητα στην μείωση και την διατήρηση του μικροβιακού φορτίου. Η χρήση επεξεργασιών που βασίζονται σε ασβεστούχες ενώσεις παρουσιάζουν ένα επιπλέον πλεονέκτημα: σε ορισμένες περιπτώσεις το τελικό προϊόν μπορεί να αυξήσει σημαντικά το περιεχόμενο σε ασβέστιο, γεγονός το οποίο ενισχύει την καταναλωτική εκτίμηση του προϊόντος, καθώς οι καταναλωτές γνωρίζουν ενδελεχώς τα οφέλη του ασβεστίου.

### 2.3.2.3 Φυτικά συντηρητικά

Η ανησυχία που προκλήθηκε σχετικά με τα παραδοσιακά συντηρητικά τροφίμων, λόγω αναφορών σε περιστασιακές αλλεργικές αντιδράσεις σε ευαίσθητους οργανισμούς και σε σχηματισμό καρκινογόνων παραπροϊόντων (όπως είναι οι νιτροζαμίνες που προέρχονται από νιτρώδη άλατα), ανάμεσα σε άλλα προβλήματα, έχει αυξήσει το ενδιαφέρον για την εύρεση αντιμικροβιακών ενώσεων στην φύση και την ζήτηση των καταναλωτών, ιδιαίτερα στην Ευρώπη. Η βιομηχανία των ελαχίστως επεξεργασμένων λαχανικών γνωρίζει τις τάσεις και τους σκοπούς των καταναλωτών για την αποφυγή χημικών συντηρητικών. Η χρήση φυτικών συντηρητικών μπορεί να είναι αποτελεσματική για την διατήρηση της ποιότητας των ελαχίστως επεξεργασμένων λαχανικών, έχοντας αντιμικροβιακή επίδραση, παρεμποδίζοντας την αλλοίωση ή αποφεύγοντας οξειδωτικές διαδικασίες.

Οι φυτικές αντιμικροβιακές ουσίες μπορούν να οριστούν ως ουσίες που παράγονται από ζωντανούς οργανισμούς, στον ανταγωνισμό τους με άλλους οργανισμούς για χώρο και θρεπτικές ουσίες. Οι κύριες πηγές των ενώσεων αυτών είναι τα φυτά, όπως για παράδειγμα οι

φυτικοί δευτερογενείς μεταβολίτες σε αιθέρια έλαια, μικροοργανισμοί, όπως σε βακτηριοσίνες και οργανικά οξέα και τέλος τα ζώα, όπως είναι η λυσοζύμη από τα αυγά και τρανσφερίνες από το γάλα.

Άλλες επιλογές για την απόκτηση πηγών φυτικών συντηρητικών, είναι παραπροϊόντα από διαφορετικές μονάδες επεξεργασίας. Έρευνες και εμπορικές εφαρμογές, δείχνουν ότι οι φυτικές αντιμικροβιακές ενώσεις από τις πηγές αυτές, θα μπορούσαν να αντικαταστήσουν τα συμβατικά απολυμαντικά διαλύματα.

Το διήθημα ορού γάλακτος(whey permeate, WP) είναι ένα παραπροϊόν της βιομηχανίας τυριού με δυνατότητα απολυμαντικού διαλύματος. Περίπου 9 kg ορός γάλακτος παράγεται ανά κιλό τυριού που επεξεργάζεται. Η υψηλή ζήτηση χημικού οξυγόνου(COD)(50 kg O<sub>2</sub>/τον διηθήματος)του ορού γάλακτος έχει σαν αποτέλεσμα η απόρριψή του να αποτελεί σημαντικό παράγοντα μόλυνσης. Προκειμένου να μεγιστοποιηθούν τα οφέλη και να ελαχιστοποιηθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις, έχουν προταθεί διαφορετικές χρήσεις για το απόβλητο αυτό, από την γαλακτοβιομηχανία. Η χρήση του ορού γάλακτος για ζύμωση της πρώτης ύλης, χαρακτηρίζεται ιδιαίτερου βιομηχανικού ενδιαφέροντος για την παραγωγή γαλακτικού οξέος, οξικού οξέος, προπιονικού οξέος, αιθανόλης και μονοκυτταρικών πρωτεϊνών. Ωστόσο, οι εφαρμογές αυτές ακόμα δεν χρησιμοποιούν όλη την ποσότητα ορού που παράγεται και ζητούνται συνεχώς νέες χρήσεις γι' αυτό το παραπροϊόν.

Η αντιμικροβιακή δυνατότητα του διηθήματος του ορού γάλακτος μπορεί να οφείλεται σε ορισμένα από τα ακόλουθα χαρακτηριστικά: χαμηλές τιμές pH, η παρουσία γαλακτικού οξέος και θερμοάντοχων βακτηριοσινών και άλλων βιοενεργών πεπτιδίων. Η χρήση του διηθήματος του ορού γάλακτος ως συντηρητικού τροφίμου, εξετάστηκε από τους Nykamén et al. (1998). Οι μελετητές αυτοί ανέλυσαν την επίδραση των διαλυμάτων πλύσης διηθήματος ορού γάλακτος στον ολικό αριθμό μικροοργανισμών και στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά της ιριδίζουσας πέστροφας. Απέδειξαν ότι η επεξεργασία με το διήθημα του ορού γάλακτος είχε αποτέλεσμα την μείωση του ολικού αριθμού μικροοργανισμών και δεν είχε αρνητική επίπτωση στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά. Δεν έχουν πραγματοποιηθεί έρευνες ωστόσο έως σήμερα, σχετικά με την εφαρμογή του διηθήματος του ορού γάλακτος ως απολυμαντικού διαλύματος σε λαχανικά και φρούτα. Προκαταρκτικές μελέτες από τους Martín-Diana et al., (2006), ανέφεραν ότι το διήθημα ορού γάλακτος σε φρεσκοκομμένα προϊόντα έδειξε ικανοποιητική αντιμικροβιακή δραστηριότητα. Οι ευρευνητές αυτοί παρατήρησαν μια σημαντική επίδραση της συγκέντρωσης του διηθήματος ορού γάλακτος στον έλεγχο της μικροβιακής ανάπτυξης. Νεότερες τάσεις αναφέρθηκαν από τους Bari et al., (2005), οι οποίοι συνδύασαν την αποτελεσματικότητα των χημικών απολυμαντικών με την αντιμικροβιακή δράση βακτηριοσινών που παράγονται από γαλακτικά βακτήρια. Παρατήρησαν την αποτελεσματικότητα της επεξεργασίας με νισίνες και πεδιοσίνες σε συνδυασμό με EDTA,

κιτρικό οξύ, γαλακτικό νάτριο, σορβικό κάλιο, και φυτικών οξέων στην μείωση του *L. monocytogenes*. Κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η εφαρμογή των νισινών και πεδιοσινών σε συνδυασμό με οργανικά οξέα προκάλεσε σημαντική μείωση της φυσικής μικροχλωρίδας και εμβολιασμένων μικροοργανισμών στο φρέσκο προϊόν.

#### *2.3.2.4 ΝΕΡΟ ΠΛΥΣΗΣ*

Το φρεσκοκομμένο μαρούλι και άλλα φυλλώδη λαχανικά διέρχονται από διεργασίες πλύσης υψηλής έντασης, πριν το στάδιο της συσκευασίας και της πώλησης στους καταναλωτές. Τα απολυμαντικά που χρησιμοποιούνται στο νερό πλύσης μπορεί να είναι πολύ αποτελεσματικά στην εξάλειψη των εκτεθειμένων μικροοργανισμών ή εκείνων που υπάρχουν στην ελεύθερη επιφάνεια των τροφίμων. Ωστόσο, το χλώριο και άλλα απολυμαντικά νερού πλύσης, χρησιμοποιούνται στα συστήματα πλύσης για να παρεμποδίσουν την δυνατότητα διασταυρούμενης μόλυνσης και όχι για την επιφανειακή απολύμανση του προϊόντος. Το πλύσιμο των έτοιμων για κατανάλωση φυλλώδων λαχανικών (ready-to-eat), κατά την διάρκεια της επεξεργασίας τους δεν συνεπάγεται ότι το φρεσκοκομμένο προϊόν είναι στείρο μικροοργανισμών. Στην πραγματικότητα, η φρεσκοκομμένη παραγωγή θα έπρεπε να αναμένεται να περιλαμβάνει ένα φυσιολογικό πληθυσμό μη παθογόνων μικροοργανισμών που σχετίζονται με αυτήν.

Επιστημονικές μελέτες επισημαίνουν ότι η πλύση των προϊόντων σε κρύο, χλωριωμένο νερό, μειώνει τους πλυθυσμούς των μικροοργανισμών μόνο κατά 90-99%. Η μικροβιακή μείωση στην επιφάνεια των φυλλώδων λαχανικών, είναι μια συνάρτηση της συγκέντρωσης της απολυμαντικής ουσίας και του χρόνου και είναι απαραίτητο να είναι κατανοητό ότι οι παθογόνοι μικροοργανισμοί που προσβάλλουν τον άνθρωπο, εφόσον βρίσκονται στην επιφάνεια των λαχανικών, δεν είναι απαραίτητο ότι θα εξαλειφθούν εντελώς μέσω της πλύσης με νερό. Και αυτό γιατί οι μικροοργανισμοί προκολλώνται στην επιφάνεια της παραγωγής και συγκεκριμένα μπορεί να βρίσκονται σε κοιλώματα και σχισμές όπου το νερό και οι απολυμαντικές ουσίες που χρησιμοποιούνται κατά την πλύση δεν δύνανται να διεισδύσουν. Οι μικροοργανισμοί, συμπεριλαμβανομένων εκείνων που προσβάλλουν τον άνθρωπο, παρουσιάζουν γενικά μεγαλύτερη τάση να προσκολλώνται σε επιφάνειες που έχουν κοπή, παρά σε εκείνες που δεν έχουν υποστεί ακόμα το στάδιο αυτό.

Το νερό που χρησιμοποιείται στο πλύσιμο των φρεσκοσυλλεγμένων φυλλώδων λαχανικών, μπορεί να αποτελέσει πηγή επιμόλυνσης, εάν το νερό πλύσης περιλαμβάνει παθογόνους για τον άνθρωπο μικροοργανισμούς και εάν δεν υπάρχει επαρκής ποσότητα απολυμαντικής ουσίας στο νερό πλύσης. Όταν τα φυλλώδη λαχανικά εμβαπτίζονται πλήρως στο νερό, είτε κατά την πλύση είτε ως μέσο ψύξης, είναι πολύ πιθανή η διείσδυση του νερού πλύσης στους ιστούς των λαχανικών. Οι συνθήκες ανάπτυξης, ειδικά συνθήκες όπως είναι το είδος του εδάφους(άμμος, κοπριά κλπ)μπορούν να έχουν μια ιδιαίτερα σημαντική επίπτωση στην

αποτελεσματικότητα της απολύμανσης που προσφέρει το νερό πλύσης, όπως επίσης και στην δυνατότητα απομάκρυνσης των σωματιδίων που προέρχονται από το έδαφος, για παράδειγμα ενδεχομένως να εμφανιστεί δυσκολία στην απομάκρυνση σωματιδίων άμμου από πτυχωτά, φυλλώδη προϊόντα σπανακιού.

Επομένως, χρειάζεται να ληφθούν υπόψη οι ακόλουθες παράμετροι:

- Η εξασφάλιση ότι η εφάπαξ χρησιμοποίηση νερού για την επεξεργασία των φυλλωδών λαχανικών μετά την κοπή είναι επαρκούς μικροβιακής ποιότητας για την προβλεπόμενη χρήση του, δηλαδή ανταποκρίνεται στα κριτήρια της Υπηρεσίας Προστασίας του Περιβάλλοντος για το πόσιμο νερό
- Όταν το νερό που χρησιμοποιείται για το πλύσιμο των λαχανικών πριν ή μετά την κοπή τους ανακυκλοφορείται ή επαναχρησιμοποιείται, είναι απαραίτητη η εξασφάλιση επαρκών ποσοτήτων εγκεκριμένων απολυμαντικών νερού, για την μείωση της δυνατότητας επιμόλυνσης των λαχανικών
- Είναι χρήσιμος ο έλεγχος των φρεσκοσυλλεγμένων λαχανικών για τυχόν φθορές, προκειμένου να μην συμπεριληφθούν μαζί με τα υπόλοιπα προϊόντα προς επεξεργασία, γιατί ενδεχομένως να περιλαμβάνουν παθογόνους μικροοργανισμούς που πιθανώς να προσβάλλουν τον άνθρωπο.
- Ο υπολογισμός ποιοτικών παραμέτρων του νερού, όπως το pH, το οργανικό φορτίο, η θολερότητα, η ικανότητα απόδοσης προϊόντος, είναι απαραίτητος για την εξασφάλιση ότι η επιλογή απολυμαντικής ουσίας για το νερό είναι αποτελεσματική στην μείωση της πιθανότητας επιμόλυνσης του λαχανικού μέσω του νερού.
- Ο σχεδιασμός κατάλληλου συστήματος επεξεργασίας, ώστε να μπορεί να φιλοξενήσει την μεταβλητότητα του προϊόντος προς επεξεργασία (raw product), η οποία περιλαμβάνει για παράδειγμα μεταβολές στις εδαφικές και περιβαλλοντικές συνθήκες, που μπορούν να επηρεάσουν την αποτελεσματικότητα του νερού πλύσης.

#### *Αποτελεσματικότητα τεχνολογιών απολύμανσης*

Η εκτίμηση της αποτελεσματικότητας της απολύμανσης διαφορετικών τεχνολογιών επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από διάφορους παράγοντες όπως φυσικοχημικές ιδιότητες του νερού πλύσης που χρησιμοποιείται στην επεξεργασία και το είδος του προϊόντος. Επιπρόσθετα, οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την εφαρμογή των επεξεργασιών απολύμανσης και τα χαρακτηριστικά της διαδικασίας (διάρκεια, η αλληλουχία νερού) επηρεάζουν επίσης την επαναφορά μητρικής μικροχλωρίδας και παθογόνων μικροοργανισμών. Είναι επίσης δύσκολη η σύγκριση απολυμαντικών διαλυμάτων, εξαιτίας των διαφορών στις διαδικασίες εμβολίασης, στους χρόνους ξήρανσης πριν το στάδιο της πλύσης και της μεθόδους ανίχνευσης με ειδική έμφαση στο όριο ανίχνευσης. Επιπλέον, η επαναφορά του εμβολίου εξαρτάται από τον αριθμό των φορών που το προϊόν πλένεται στα

απολυμαντικά διαλύματα. Η αποτελεσματικότητα της πλύσης μειώνεται εάν ο χρόνος που μεσολαβεί μεταξύ του γεγονότος μόλυνσης και της πλύσης αυξάνεται. Η αποτελεσματικότητα των επεξεργασιών απολύμανσης εξαρτάται επίσης από το είδος του λαχανικού, τα χαρακτηριστικά της επιφάνειας του προϊόντος (ρωγμές, σχισμές, υδροφοβική τάση και υφή) και ακόμα και η προέλευση του ιστού (εσωτερικά και εξωτερικά φύλλα). Για παράδειγμα, ορισμένες απολυμαντικές επεξεργασίες σε εμβολιασμένα στελέχη του *Listeria innocua* και του *E. coli* ήταν πιο αποτελεσματικές στο μαρούλι σε σχέση με το λάχανο. Έχει σημειωθεί σημαντικά μεγάλη ποικιλία στην τιμή βάρους/εμβαδόν επιφάνειας ( $\text{g}/\text{cm}^2$ ) ανάμεσα σε διάφορα προϊόντα όπως στο μαρούλι και στην ντομάτα (Beuchat et al., 2001). Οι ερευνητές αυτοί απέδειξαν ότι μια διεργασία απολύμανσης σχεδιασμένη να επιτυγχάνει για παράδειγμα μια μείωση 3 log σε CFU/g σε δείγματα μαρουλιού ή ντομάτας, θα κατέληγε σε περίπου 0,114 και 18 log μείωση σε CFU/ $\text{cm}^2$ , αντίστοιχα.

Στις περισσότερες περιπτώσεις, το σενάριο μιας στρατηγικής ιδιαίτερα αποτελεσματικής, υποστηρίζεται από εργαστηριακές μελέτες όπου χρησιμοποιούνται ποικίλα απολυμαντικά διαλύματα και μέθοδοι, αποδίδοντας εντυπωσιακά αποτελέσματα. Μια συχνά μη αξιολογήσιμη πλευρά είναι η χρήση προσομοιωτικών εμπορικών συνθηκών επεξεργασίας, στην περίπτωση που βρίσκονται σημαντικές διαφορές όταν τα απολυμαντικά διαλύματα αξιολογούνται σε εργαστηριακό, πιλοτικό, ή βιομηχανικό επίπεδο. Γενικά, η πλειοψηφία των ερευνητικών μελετών που αφορούν την αξιολόγηση των απολυμαντικών διαλυμάτων σχετικά με την μείωση των παθογόνων μικροοργανισμών κατά την διάρκεια της πλύσης δεν λαμβάνουν υπόψη την παρουσία οργανικής ύλης. Στην πραγματικότητα η ποιότητα του νερού πλύσης υποβαθμίζεται ταχέως κατά την πλύση της παραγωγής και συνήθως περιλαμβάνει υψηλά οργανικά φορτία, συμπεριλαμβανομένων σωματιδίων εδάφους, φύλλων, και άλλων υπολειμμάτων όπως επίσης και μικροοργανισμών που σχετίζονται με την παραγωγή. Όταν χρησιμοποιείται πόσιμο νερό για την αξιολόγηση διαφορετικών απολυμαντικών διαλυμάτων, μπορεί να οδηγήσει σε μη ρεαλιστικά αποτελέσματα, που στερούνται πρακτικών εφαρμογών. Επιπλέον μελέτες πρέπει να διεξαχθούν σε πραγματικές συνθήκες, στις οποίες οι ρυθμοί κατανάλωσης και απόρριψης νερού μειώνονται και επίσης η ποιότητα του προϊόντος πρέπει να αξιολογείται μετά την αποθήκευση. Η έλλειψη μιας καθορισμένης μεθοδολογίας και διαδικασίας αξιολόγησης κάνει δύσκολη την επιλογή των πιο αποτελεσματικών απολυμαντικών στρατηγικών για την απολύμανση της φρεσκοκομμένης παραγωγής.

#### 2.3.2.5 Νομοθεσία για την χρήση απολυμαντικών ουσιών

Ο κανονισμός των ουσιών που χρησιμοποιούνται για την μείωση του μικροβιακού φορτίου σε φρέσκα λαχανικά είναι περίπλοκος και σε ορισμένες περιοχές ασαφής. Σε κάθε χώρα, το ρυθμιστικό καθεστώς των απολυμαντικών ουσιών είναι διαφορετικό. Ο καθορισμός του προϊόντος που χρησιμοποιείται για την απολύμανση του νερού πλύσης εξαρτάται από το είδος του προϊόντος που πρόκειται να πλυθεί και σε ορισμένες περιπτώσεις από την τοποθεσία στην

οποία χρησιμοποιείται το απολυμαντικό. (IFPA, 2001). Στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής, τα απολυμαντικά του νερού πλύσης που χρησιμοποιούνται σε φρεσκοκομμένη παραγωγή ρυθμίζονται από τον Οργανισμό Τροφίμων και Φαρμάκων(FDA), ως δευτερογενή άμεσα πρόσθετα τροφίμων, εκτός και αν θεωρούνται Γενικά Αναγνωρισμένα ως Ασφαλή(GRAS). Εάν το προϊόν είναι ένα ακατέργαστο αγροτικό προϊόν που πλένεται σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας τροφίμων, τόσο η Υπηρεσία Περιβαλλοντικής Προστασίας(EPA)και ο FDA έχουν ρυθμιστική αρμοδιότητα και τα απολυμαντικά προϊόντα πρέπει να καταχωρηθούν ως φυτοφάρμακα μέσω EPA.

Ο Hammond(2004) τόνισε την κατάσταση στην Ευρώπη και πρότεινε κάποιες αλλαγές που μπορεί να είναι βοηθητικές. Η οδηγία του Ευρωπαϊκού Συμβουλίου(89/107/EEC), για τα πρόσθετα τροφίμων περιλαμβάνει τις λίστες των ουσιών που μπορούν νόμιμα να χρησιμοποιηθούν σε τρόφιμα εφόσον εξυπηρετούν ένα βοηθητικό σκοπό, είναι ασφαλείς και δεν παραπλανούν τον καταναλωτή. Οι αναλυτικοί έλεγχοι που πραγματοποιούνται υπό την Οδηγία-Πλαίσιο(framework directive) εφαρμόζονται σύμφωνα με το εθνικό Σύνταγμα της κάθε χώρας μέλους της Ευρωπαϊκή Ένωσης, και ορίζουν ποια πρόσθετα τροφίμων επιτρέπονται για χρήση, τα συγκεκριμένα κριτήρια καθαρότητας και τις συνθήκες χρήσης, συμπεριλαμβανομένων των μέγιστων επιπέδων χρήσης για συγκεκριμένα πρόσθετα. Υπάρχουν δυνατότητες χρησιμοποίησης άλλων ουσιών για την απολύμανση της παραγωγής, εφόσον λειτουργούν ως «βοηθητικές ύλες επεξεργασίας», οι οποίες ορίζονται ως «κάθε ουσία που δεν καταναλώνεται ως τρόφιμο αυτούσια, που χρησιμοποιείται σκοπίμως στην επεξεργασία πρώτων υλών, τροφίμων ή συστατικών τους για την εκπλήρωση ενός συγκεκριμένου τεχνολογικού σκοπού κατά την διάρκεια της επεξεργασίας και η οποία μπορεί να οδηγήσει στην ακούσια αλλά αναπόφευκτη παρουσία υπολειμμάτων της ουσίας ή παραγωγών της στο τελικό προϊόν, δεδομένου ότι τα υπολείμματα αυτά δεν παρουσιάζουν απειλή της ανθρώπινης υγείας και δεν έχουν τεχνολογικές επιπτώσεις στο τελικό προϊόν». Το χλώριο και το διοξείδιο του χλωρίου που χρησιμοποιούνται στην πλύση λαχανικών θεωρούνται φυσιολογικά «βοηθητικές ύλες επεξεργασίας». Έτσι, εμφανίζονται να βρίσκονται εκτός του σκοπού των βιοκτόνων ελέγχων, επειδή ορίζονται στην Οδηγία 89/107/EEC.

Είτε ένα χημικό νερού πλύσης είναι πρόσθετο ή βοηθητική ύλη επεξεργασίας είναι μεγάλης σημασίας, εφόσον είναι απίθανο ο καταναλωτής να αποδεχθεί ένα «φυσικό» αγροτικό προϊόν, όπως είναι για παράδειγμα οι φυλλώδεις σαλάτες, εφόσον διαθέτει το όνομα ενός χημικού προσθέτου στην διατροφική του ετικέτα. Έτσι, πρακτικά, τα απολυμαντικά νερού πρέπει να μπορούν να ταξινομούνται ως βοηθητικές ύλες, γεγονός το οποίο απαιτεί να μην συνεπάγονται καμία τεχνολογική επίπτωση στο προϊόν, μια πρόκληση δηλαδή για τις χημικές επιστήμες. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή σχεδιάζει την ανάπτυξη πιο λεπτομερών κανονισμών σχετικά με την χρήση των βοηθητικών υλών. Παρόλο που βρισκόμαστε σε ένα αρκετά πρώιμο στάδιο της ανάπτυξης, μια πιθανότητα που μπορεί να ληφθεί υπόψη είναι ο πιο σαφής

ορισμός της βοηθητικής ύλης, έτσι ώστε να υπολείμματα της βοηθητικής ύλης στο τελικό τρόφιμο να μην γίνονται αποδεκτά, εκτός και αν η προς εξέταση ουσία θεωρείται εγκεκριμένη για χρήση σε τρόφιμα. Η νομοθεσία για τις βοηθητικές ύλες δεν είναι πλήρως εναρμονισμένη σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Κοινότητας και έτσι βοηθητικές ύλες που μπορεί να χρησιμοποιούνται νόμιμα σε ορισμένες χώρες της Ευρώπης, όπως στο Ηνωμένο Βασίλειο και στην Γαλλία, δεν επιτρέπονται σε άλλα κράτη μέλη. Χρειάζεται μια καθολική προσέγγιση για τις βοηθητικές ύλες, για τον έλεγχο των διαλυμάτων που είναι απαραίτητα για την ελαχιστοποίηση της πιθανότητας μετάδοσης παθογόνων από την πηγή νερού στην παραγωγή. Ο κίνδυνος δεν ελαχιστοποιείται με την χρησιμοποίηση μεγάλων ποσοτήτων νερού, αλλά αποφεύγεται με την χρησιμοποίηση βοηθητικών υλών επεξεργασίας.

#### *2.3.2.6 Μελλοντικές τάσεις στην πλύση φρεσκοσυλλεγμένων λαχανικών*

Ένα απαραίτητο στάδιο επεξεργασίας πρέπει να περιέχει πλύση μέσω ντους, ως ένα βήμα πριν το στάδιο της πλύσης, για την απομάκρυνση απορριμάτων και κυτταρικών εκκρίσεων από τις επιφάνειες κοπής. Το στάδιο αυτό χρειάζεται να ακολουθείται από την εμβάπτιση του προϊόντος στην δεξαμενή πλύσης, η οποία περιλαμβάνει το απολυμαντικό διάλυμα. Ένα στάδιο έκπλυσης είναι προαιρετικό, ανάλογα με το απολυμαντικό που χρησιμοποιήθηκε. Εάν ένα διάλυμα παράγωγο του χλωρίου χρησιμοποιείται σε συγκέντρωση παρόμοια με αυτή του νερού βρύσης, το στάδιο έκπλυσης θα μπορούσε να παραληφθεί. Συστήνεται το νερό να ρέει σε αντίθετη κατεύθυνση στην κίνηση της παραγωγής ανάμεσα στις διάφορες μονάδες επεξεργασίας. Έτσι, το νερό στην απολυμαντική δεξαμενή, μπορεί να ανακυκλοφορήσει για χρήση στο στάδιο πρόπλυσης. Το ίδιο εφαρμόζεται και για το νερό έκπλυσης, το οποίο θα μπορούσε να ενσωματωθεί στην απολυμαντική δεξαμενή μετά το ντους, σε μια συνεχή διεργασία. Η απολύμανση μέσω νερού παραμένει μια από τις βασικότερες δραστηριότητες στην βιομηχανία φρεσκοσυλλεγμένων προϊόντων, και είναι δυνατή, με την χρήση αποτελεσματικής απολυμαντικής στρατηγικής, μέσω χλωρίου, όζοντος και άλλων ενώσεων σε ένα ανακυκλοφορούμενο σύστημα. Επιπρόσθετα, οι επεξεργασίες φρεσκοσυλλεγμένων προϊόντων πρέπει να περιλαμβάνουν συστήματα για την ηλεκτρονική παρακολούθηση της διεργασίας, για την διατήρηση του ελέγχου της διαδικασίας πλύσης, όταν αυτό είναι δυνατό.

Προκειμένου να ελεγχθεί η ασφάλεια του τελικού προϊόντος, είναι επιθυμητή η μέτρηση της μικροβιακής ποιότητας του νερού, για την ανίχνευση πιθανών παθογόνων μικροοργανισμών, όχι μόνο παρουσία των ζωντανών κυττάρων, αλλά και των μη ζωντανών κυττάρων στην δεξαμενή πλύσης. Εάν ένα μολυσμένο προϊόν διέλθει από την δεξαμενή πλύσης, οι παθογόνοι μικροοργανισμοί μπορούν να ανιχνευθούν στο νερό και έτσι να σταματήσει η περαιτέρω εμπορευματοποίηση του προϊόντος, πριν την διανομή του στην αγορά. Οι παραδοσιακές μέθοδοι που βασίζονται στην καλλιέργεια για την ανίχνευση παθογόνων σε τρόφιμα είναι χρονοβόρες και περιορισμένες λόγω χαμηλής ευαισθησίας και εκλεκτικότητας, ενώ συχνά οδηγούν σε αβέβαια αποτελέσματα. Ως εναλλακτική, η μέθοδος της ταχείας ενίσχυσης του



νουκλειϊκού οξέος και τεχνολογίες ανίχνευσης αντικαθιστούν με γρήγορους ρυθμούς τις πιο παραδοσιακές τεχνολογίες. Στην πραγματικότητα, η αλυσιδωτή αντίδραση πολυμεράσης(PCR) και η αλυσιδωτή αντίδραση πολυμεράσης σε πραγματικό χρόνο(RTi-PCR), είναι αυξανόμενες εφαρμοζόμενες τεχνικές για την ανίχνευση παθογόνων μικροοργανισμών.

#### *2.3.2.7 Φυσικές μέθοδοι πλύσης και απολύμανσης των λαχανικών*

Οι φυσικές μέθοδοι είναι αποτελεσματικές στην απομάκρυνση βακτηρίων από τις επιφάνειες των φυτών, λόγω διατμητικών δυνάμεων. Σύγχρονες μονάδες πλύσης μέσω αερισμού(Jacuzzi), μειώνουν το μικροβιακό φορτίο στα λαχανικά μεταξύ 1 και 2 μονάδες log. Πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι οι μειώσεις αυτές επετεύχθησαν σε πειράματα εργαστηρίου, αλλά είναι συνήθως λιγότερο εμφανιζόμενες και πραγματικές συνθήκες επεξεργασίας. Άλλες φυσικές μέθοδοι, περιλαμβάνουν υπερήχους, μονάδες υψηλής πίεσης(HP), παλμούς υψηλής έντασης ηλεκτρικού πεδίου(high-intensity electric field pulses, HELP), υπεριώδη ακτινοβολία(UV), ραδιοσυχνότητες(RF)και ιονίζουσα ακτινοβολία. Όλες αυτές οι μέθοδοι έχουν αποδειχθεί ικανές για την παρεμπόδιση ή τον θάνατο της μικροβιακής ανάπτυξης. Οι υπέρηχοι σκοτώνουν μέσω ενδοκυτταρικής σπηλαίωσης αλλά η μέθοδος εμφανίζει προβλήματα παρουσία στερεών. Θα ήταν ωστόσο βοηθητικό να συνδυαστεί η μέθοδος αυτή με άλλες τεχνολογίες, όπως το υδατικό διάλυμα διοξειδίου του χλωρίου.

Η υπεριώδης ακτινοβολία είναι μια επίσης πολλά υποσχόμενη μέθοδος, ωστόσο η αντιμικροβιακή της αποτελεσματικότητα επηρεάζεται από την σύνθεση του προϊόντος και το περιεχόμενο σε διαλυτοποιημένα στερεά του νερού επεξεργασίας. Η εφαρμογή της μεθόδου σε ένα ανακυκλοφορούμενο σύστημα, διατηρεί το νερό σε ένα φυσιολογικό επίπεδο μικροβιακής ποιότητας, ενώ δεν έχει καμία επίπτωση σε όλες τις επιφάνειες είτε του εξοπλισμού επεξεργασίας, είτε του ίδιου του προϊόντος. Εφόσον οι παθογόνοι μικροοργανισμοί μπορούν να επιβιώσουν για σχετικά μεγάλα χρονικά διαστήματα στο νερό, μπορούν κατ' επέκταση να μολύνουν το προϊόν που διέρχεται από αυτό, πριν την μικροβιακή απενεργοποίηση μέσω της υπεριώδους ακτινοβολίας. Επιπλέον, η αποτελεσματικότητα των συστημάτων υπεριώδους ακτινοβολίας ως απολυμαντικά συστήματα, επηρεάζεται σημαντικά από την θολερότητα, εξαιτίας της περιορισμένης ικανότητας διείσδυσης της υπεριώδους ακτινοβολίας με αποτέλεσμα την απαίτηση για συστήματα φιλτραρίσματος για την ελαχιστοποίηση των αιωρούμενων στερεών και των απορροφούμενων ενώσεων. Νέα προηγμένης τεχνολογίας συστήματα υπεριώδους ακτινοβολίας έχουν σαν αποτέλεσμα πιο αποτελεσματική απολύμανση, καθώς αυξάνουν την ποσότητα του νερού που διέρχεται κοντά από την λάμπα UV.

Η χρήση των ραδιοσυχνοτήτων είναι τεχνολογικά περίπλοκη διαδικασία και τεχέως αυξάνει την εσωτερική θερμοκρασία του προϊόντος που προορίζεται για απολύμανση. Η ιονίζουσα ακτινοβολία έχει σαν αποτέλεσμα μεγάλη μείωση του μικροβιολογικού κινδύνου χωρίς να



επιηρεάζει την υφή ή το χρώμα του προϊόντος και δεν οδηγεί σε θρεπτικές απώλειες. Ωστόσο, η μακρόχρονη κατανάλωση ακτινοβολημένων προϊόντων παραμένει αιτία ανησυχίας στο ευρύ κοινό. Τον Αύγουστο του 2008, ο FDA έδωσε την έγκριση του για την χρησιμοποίηση ακτινοβολίας για την θανάτωση των παθογόνων μικροοργανισμών σε δείγματα iceberg και σπανακιού.

Η ακτινοβολία των τροφίμων χρησιμοποιεί υψηλής ενέργειας ακτίνες γ, δέσμες ηλεκτρονίων, ή ακτίνες Χ. Η ακτινοβολία μπορεί να είναι καλύτερη από πολλές τεχνολογίες στην διεύθυνση στο φρέσκο προϊόν και μπορεί να αποδειχθεί ένα ισχυρό εργαλείο εφόσον χρησιμοποιείται ορθώς σε διαφορετικά αντικείμενα της παραγωγής και ανάμεσα σε διαφορετικές ποικιλίες. Η τεχνολογία αυτή διαφημίζεται ως η μόνη τεχνολογία που μπορεί να καταστρέψει εσωτερικοποιημένους παθογόνους μικροοργανισμούς, χωρίς την διαδικασία του μαγειρέματος. Σε πρόσφατη έρευνα, δείγματα romaine lettuce(ποικιλία μαρουλιού)και σπανακιού εμβολιάστηκαν σε διάλυμα εμβολιασμένο με E. coli O157, η οποία έδειξε ότι η ακτινοβολία είναι αποτελεσματική στην μείωση του E. coli O157 στο μαρούλι και στο σπανάκι, αλλά η μείωση που επετεύχθηκε εξαρτάται από το είδος του φύλλου.(Niemi, 2008)

#### *2.3.2.8 Συμπεράσματα*

Ο συνδυασμός φυσικών και χημικών επεξεργασιών για την πλύση της φρεσκοκομμένης παραγωγής μοιάζει να είναι ένα πολλά υποσχόμενο εργαλείο για την μείωση του μικροβιακού κινδύνου. Τα απολυμαντικά διαλύματα μειώνουν σημαντικά το αρχικό μικροβιακό φορτίο αλλά έχουν σαν αποτέλεσμα την αυξημένη επιβίωση ή/και ανάπτυξη μετά την αποθήκευση. Η διατήρηση της ποιότητας του νερού επεξεργασίας είναι ιδιαίτερα σημαντική καθώς θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως πηγή επιμόλυνσης. Στην πραγματικότητα, η κύρια επίπτωση των απολυμαντικών διαλυμάτων στην πλύση των φρεσκοσυλλεγμένων προϊόντων είναι η μείωση του μικροβιακού φορτίου και η εξασφάλιση ότι το νερό επεξεργασίας είναι ελεύθερο από τυχόν επιμόλυνση και δεν έχει ιδιαίτερα συντηρητικό χαρακτήρα. Χρειάζεται μια καθορισμένη πειραματική προσέγγιση για την αποτελεσματικότητα διαφορετικών απολυμαντικών επεξεργασιών λαμβάνοντας υπόψη όσο το δυνατόν περισσότερο τις εμπορικές συνθήκες επεξεργασίας. Οι περισσότερες από τις μελέτες στα απολυμαντικά διαλύματα για την βιομηχανία φρεσκοσυλλεγμένων προϊόντων έχουν επικεντρωθεί στις εναλλακτικές τεχνολογίες απολύμανσης για την αντικατάσταση του χλωρίου, εξαιτίας της υπερβολικής χρήσης του(υπερχλωρίωση), η οποία μπορεί να προκαλέσει διάφορες επιπτώσεις στο περιβάλλον και στον άνθρωπο. Λαμβάνοντας υπόψη τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της χρήσης του χλωρίου, αποδεικνύεται ότι οι ενώσεις παράγωγα του χλωρίου έχουν μεγαλύτερη δυνατότητα απολύμανσης των λαχανικών, όταν η οργανική ύλη ελαχιστοποιείται.

Τα σύγχρονα συστήματα πλύσης πρέπει να σχεδιάζονται ώστε να βοηθούν στην διαδικασία απολύμανσης, ενσωματώνοντας διαφορετικά στάδια, όπως ντουζιέρες για την απομάκρυνση υγρών και εκκρίσεων από τις επιφάνειες κοπής, πριν το στάδιο της απολύμανσης. Το τελευταίο στάδιο πριν την συσκευασία θα έπρεπε να είναι αυτό της απολύμανσης που απαιτεί πολύ χαμηλές δόσεις απολυμαντικού διαλύματος για την απόκτηση καλών αποτελεσμάτων. Αυτή η πλύση δεν μπορεί να γίνει με καθαρό νερό χωρίς απολυμαντικά, εξαιτίας της ανικανότητας του να αποτρέψει την επιμόλυνση από την μια παρτίδα προϊόντων στην επόμενη. Οι κανονισμοί χρειάζεται να επανεξεταστούν για μια καθολική προσέγγιση των «βοηθητικών υλών επεξεργασίας» που χρησιμοποιούνται για την απολύμανση του νερού.

#### **2.4 Φυσιολογικές Επιπτώσεις στην επεξεργασία φρεσκοσυλλεγμένων λαχανικών**

Η επεξεργασία των φρεσκοσυλλεγμένων λαχανικών περιλαμβάνει την κοπή μέσω του φυτικού ιστού του φρέσκου προϊόντος, προκαλώντας έτσι σημαντική διάσπαση του ιστού και την απελευθέρωση ενζύμων που αλληλεπιδρούν με τα υποστρώματα που σχετίζονται με τον ιστό του φυτού. Ο τραυματισμός του ιστού των λαχανικών με την κοπή αυξάνει επίσης την παραγωγή αιθυλενίου και ενεργοποιεί την αναπνοή και τον φαινολικό μεταβολισμό. Η αμμωνιακή λύση της φαινολαανίνης, ένα ένζυμο που καταλύει τον σχηματισμό φαινολικών ενώσεων, διεγείρεται από την παραγωγή αιθυλενίου. Οι φαινολικές ενώσεις χρησιμεύουν με την σειρά τους ως υποστρώματα για πολυφαινολοξειδωτικά ένζυμα, τα οποία παρουσία οξυγόνου, τελικά οδηγούν στον σχηματισμό σύνθετων πολυμερών χαρακτηριστικού καφέ χρώματος.

Οι αυξημένοι ρυθμοί αναπνοής έχουν σαν αποτέλεσμα την απώλεια νερού και την μείωση των επιπέδων των υδατανθράκων, των βιταμινών και των οργανικών οξέων, με ξεκάθαρη αρνητική επίπτωση στην γεύση και στο flavour. Η απώλεια νερού ενισχύεται επίσης από την αποδόμηση της κυτταρικής μεμβράνης και του κυτταρικού τοιχώματος. Ταυτόχρονα, η μικροβιακή ανάπτυξη στην επιφάνεια κοπής αυξάνεται επίσης καθώς γίνονται διαθέσιμα τα σάκχαρα και έτσι επιταχύνεται η ευκαιρία για μικροβιακή ανάπτυξη.

##### **2.4.1 Βιοχημικές μεταβολές που προκαλούνται κατά την επεξεργασία**

###### **Χρωματικές μεταβολές**

Το μαύρισμα και η εμφάνιση πιο σκούρων αποχρώσεων είναι μια από τις κύριες φυσιολογικές επιπτώσεις της επεξεργασίας φρεσκοσυλλεγμένων λαχανικών και οδηγεί στην υποβάθμιση της ποιότητας της παραγωγής. Είναι το αποτέλεσμα της οξειδωσης φαινολικών υποστρωμάτων που βρίσκονται στο προϊόν από PPO ένζυμα. Ο βαθμός του μαυρίσματος εξαρτάται από τις συγκεντρώσεις των ενεργών PPO και των φαινολικών ενώσεων στον φυτικό ιστό, το pH, την θερμοκρασία, και το διαθέσιμο οξυγόνο για τους ιστούς, όπως επίσης και από την παρουσία αντιοξειδωτικών ενώσεων. (Kader, 2002) Υψηλά επίπεδα ενζύμων PPO, απαντώνται γενικά σε ιστούς που περιλαμβάνουν φαινολικές ενώσεις. Τα επίπεδα των ενζύμων PPO και των

υποστρωμάτων τους, μεταβάλλονται κατά την διάρκεια του κύκλου ζωής των λαχανικών. Τα καροτενοειδή, μια κίτρινη χρωστική ουσία στους ιστούς των λαχανικών, είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα στην οξειδωτική διάσπαση που καταλύεται από ένζυμα λιποξυγενάσης. Το κιτρίνισμα των πράσινων λαχανικών, όπως στα μπρόκολα ή στο σπανάκι, μειώνει την ποιότητα και την διάρκεια ζωής τους. Η αφυδάτωση της επιφάνειας σε κομμένα και ξεφλουδισμένα καρότα έχει σαν αποτέλεσμα μια ημηδιαφανή εμφάνιση και μειώνει την εμπορική τους αξία.

#### Μεταβολές στην ποιότητα γεύσης

Βασικά συστατικά του flavor στα φρέσκα λαχανικά είναι η γλυκότητα, η οξύτητα, η στυφάδα και η πικρότητα. Πολλά συστατικά γεύσης και αρώματος αλλοιώνονται στα φρεσκοκομμένα λαχανικά, λόγω ενζυμικών αντιδράσεων που επιφέρει η κοπή και μέσω των αυξημένων ρυθμών αναπνοής των φυτικών ιστών. Η μικροβιακή αλλοίωση συνεισφέρει επίσης στην υποβάθμιση του flavor στα φρεσκοκομμένα προϊόντα. Τα φρεσκοκομμένα προϊόντα μπορεί να αναπτύξουν δυσάρεστες οσμές, εξαιτίας της ανάπτυξης γαλακτικών βακτηρίων ή ψευδομονάδων, έχοντας ως αποτέλεσμα την ζύμωση και παραγωγή οξέων, αλκοολών και διοξειδίου του άνθρακα. Οι λιπάσες και η διάσπαση των αμινοξέων από μικροοργανισμούς στα λαχανικά μπορούν να συνεισφέρουν στην αλλοίωση του flavor.

#### Μεταβολές στην θρεπτική αξία

Οι βιταμίνες A, B6, C, η θιαμίνη, η νιασίνη, μεταλλικά στοιχεία και φυτικές ίνες συνεισφέρουν στην διατροφική ποιότητα των φρέσκων λαχανικών. Ενώσεις όπως τα φλαβονοειδή, τα καροτενοειδή, πολυφαινόλες και άλλα φυτοθρεπτικά συστατικά, που σχετίζονται με την μείωση του κίνδυνου εμφάνισης καρκίνου και καρδιακών παθήσεων, απαντώνται επίσης στα φυτά. Σύμφωνα με τους Gil et al., (2006), τα φρεσκοκομμένα λαχανικά μπορεί να εμφανίζονται οπτικά αλλοιωμένα, προτού συμβεί οποιαδήποτε θρεπτική απώλεια. Στο μέλλον, μπορεί να χρησιμοποιούνται τεχνικές βελτίωσης των φυτών για την δημιουργία ποικιλιών με βελτιωμένα διατροφικά χαρακτηριστικά που είναι ικανά να υποστούν τις επιδράσεις της επεξεργασίας.

#### Μεταβολές στην ποιότητα υφής

Η απροστάτευτη επιφάνεια κοπής των φρεσκοσυλλεγμένων λαχανικών χάνει την υγρασία της σε ιδιαίτερα γρήγορους ρυθμούς. Τόσο υψηλοί ρυθμοί απώλειας νερού έχει σαν αποτέλεσμα την ταχεία γήρανση και ξήρανση των φρεσκοσυλλεγμένων προϊόντων και έτσι την απώλεια της τραγανότητας, της σταθερής υφής του προϊόντος. Το μαλάκωμα των ιστών των φρεσκοσυλλεγμένων προϊόντων είναι αποτέλεσμα δομικών αλλαγών στα αρχικά κυτταρικά τοιχώματα. Αυτό προκαλείται από την ενζυμική δραστηριότητα που οδηγεί στην διάσπαση των άθικτων κυττάρων πηκτίνης και μια μείωση στην ανοχή σε πίεση. Η μειωμένη ακαμψία εξαιτίας της απώλειας νερού είναι η κύρια αιτία για το μαλάκωμα των ιστών στα φρεσκοκομμένα λαχανικά.

Αν και υπάρχει έλλειψη δεδομένων για τις επιπτώσεις των λιπασμάτων στην ποιότητα της φρεσκοκομμένης παραγωγής, είναι γνωστό ότι μεγάλες ποσότητες αζώτου μειώνουν την σταθερότητα, ενώ υψηλά επίπεδα καλίου και ασβεστίου μπορούν να βελτιώσουν την ποιότητα του λαχανικού στην συγκομιδή.

## **2.5 ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΛΑΧΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΥΠΟΒΑΘΜΙΣΗΣ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΞΑΣΦΑΛΙΣΗ ΤΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ**

Ελαχιστοποίηση της μηχανικής βλάβης και της μικροβιακής επιμόλυνσης κατά την διάρκεια της κοπής

Η ποιότητα και η κατάσταση του εξοπλισμού που χρησιμοποιείται για το ξεφλούδισμα και την κοπή, είναι κρίσιμη παράμετρος στις διαδικασίες επεξεργασίας φρεσκοσυλλεγμένων λαχανικών. Η χρήση των αιχμηρότερων εργαλείων κοπής επεκτείνει την διάρκεια ζωής. Τα θαμπά σκεύη έχουν αποδειχτεί ότι προκαλούν μεγάλη φθορά των κυττάρων, που οδηγεί σε υποβαθμισμένη ποιότητα. Πρέπει να αποφεύγεται το ξεφλούδισμα και η κοπή σε μεγάλο βάθος.

Ο Cantwell(1998) μελέτησε την επίδραση της αιχμηρότητας της λεπίδας στην ποιότητα των φρεσκοσυλλεγμένων λαχανικών που αποθηκεύονται στους 5 °C. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα κομμάτια των λαχανικών που κόβονται με μια θαμπή λεπίδα, είναι περισσότερο ευαίσθητα σε μια διαταραχή ημιδιαφάνειας, σε αυξημένη διαρροή και σε υψηλές συγκεντρώσεις αιθανόλης στην συσκευασία. Τα κομμάτια λαχανικού που κόβονται με πρόσφατα ακονισμένο μαχαίρι διατηρούν την οπτική τους ποιότητα περισσότερο από εκείνα που κόβονται με θαμπό μαχαίρι κοπής. Ο O' Beirne(2007) έδειξε ότι ο τεμαχισμός με μαχαίρι κοπής με αμβλεία λεπίδα ενίσχυσε την δειξοδυσία σε δείγματα φρεσκοσυλλεγμένων καρότων από *E. coli* και την επακόλουθη επιβίωση του κατά την αποθήκευση. Το συχνό ακόνισμα των μηχανικών μαχαιριών και των μαχαιριών χεριού καθώς και ο κατάλληλος καθαρισμός και απολύμανση του εξοπλισμού επεξεργασίας και των επιφανειών που έρχονται σε επαφή με τα φρεσκοκομμένα προϊόντα είναι ξεκάθαρα ένα βασικό σημείο ελέγχου στην επεξεργασία των φρεσκοσυλλεγμένων λαχανικών.

### **2.5.1 Ελαχιστοποίηση της μεταφοράς επιμόλυνσης κατά τις διαδικασίες πλύσης**

Οι μεγάλες μονάδες επεξεργασίας χρησιμοποιούν και ανακυκλώνουν το νερό, ώστε να διαφυλάξουν την πολύτιμη αυτή ύλη. Πρέπει να δοθεί η απαραίτητη προσοχή στο ανακυκλώμενο νερό, ώστε να μην εισαχθούν νέοι κίνδυνοι αυξανόμενων μικροοργανισμών στην παραγωγή κατά την πλύση. Συνίσταται να χρησιμοποιείται το νερό καλύτερης ποιότητας για την τελική έκπλυση των άθικτων λαχανικών, πριν την περαιτέρω επεξεργασία τους και τον τεμαχισμό τους.

Πολλές επιχειρήσεις εισάγουν το χλώριο ως απολυμαντικό μαζί με την χρήση οξέος για την διατήρηση του pH στο εύρος 4,5-5,5 και για την διασφάλιση της αποτελεσματικότητας του χλωρίου κατά την διάρκεια των διεργασιών πλύσης. Η μέτρηση και η καταγραφή του επιπέδου του χλωρίου και του pH του νερού πλύσης είναι ένα κρίσιμο στοιχείο οποιουδήποτε προγράμματος αξιολόγησης ποιότητας. Όταν χρησιμοποιείται για να μειώσει την θερμοκρασία του νερού πλύσης, ο πάγος πρέπει να ελέγχεται τακτικά για να διασφαλιστεί ότι δεν αποτελεί πηγή επιμόλυνσης.

Το επίπεδο του απολυμαντικού στο νερό πλύσης μπορεί να παρακολουθηθεί μέσω της μέτρησης του δυναμικού μείωσης οξειδωσης(OPR). Η τιμή OPR είναι μια μέτρηση του επιπέδου οξειδωσης στο νερό σε millivolts και δίνει μια ένδειξη της αποτελεσματικότητας του απολυμαντικού κατά την διάρκεια της επεξεργασίας. Όσο ισχυρότερη είναι η οξείδωση, τόσο γρηγορότερα θανατώνονται τα μικρόβια. Οι μεταβλητές που επηρεάζουν την αντιμικροβιακή δραστηριότητα κατά την επεξεργασία, επηρεάζουν την τιμή OPR και μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για να καθοριστεί η αποτελεσματικότητα οξειδωτικών μέσων όπως το υποχλωριώδες οξύ, το διοξείδιο του χλωρίου, το όζον και υπεροξείδια.

Η ποιότητα του νερού διατηρείται μέσω:

- Πιστής ακολούθησης οδηγιών ανάμιξης για τα απολυμαντικά
- Χρησιμοποίησης ταινιών ή οργάνων για τον τακτικό έλεγχο των επιπέδων του απολυμαντικού και του pH
- Απομάκρυνσης ακαθαρσιών και προσμίξεων
- Φιλτραρίσματος του νερού πλύσης πριν την ανακύκλωση

### **2.5.2 Διαχείριση της θερμοκρασίας κατά την επεξεργασία**

Ο έλεγχος της θερμοκρασίας είναι απαραίτητος σε κάθε στάδιο της επεξεργασίας των φρεσκοσυλλεγμένων λαχανικών, στην αλυσίδα διανομής και λιανικής πώλησης. Η αποθήκευση σε χαμηλές θερμοκρασίες βοηθά στην επιβράδυνση του ρυθμού αναπνοής, διατηρεί την ποιότητα και παρατείνει την διάρκεια ζωής διατηρώντας την θερμοκρασία του προϊόντος στο σημείο όπου ελαχιστοποιούνται η μεταβολική δραστηριότητα και η μικροβιακή αλλοίωση. Η αποθήκευση σε χαμηλές θερμοκρασίες επιβραδύνει την ανάπτυξη ζυμών και βακτηρίων. Έτσι, η ιδανική θερμοκρασία αποθήκευσης για κάθε προϊόν πρέπει να ερευνείται διεξοδικά. Η θερμοκρασία είναι ο πιο σημαντικός παράγοντας στην διατήρηση της ποιότητας των φρεσκοσυλλεγμένων λαχανικών. Οι ρυθμοί των χημικών και βιοχημικών αντιδράσεων που επηρεάζουν την ποιότητα καθορίζονται σε μεγάλο βαθμό από την θερμοκρασία.

Η θερμότητα και οι χαμηλές θερμοκρασίες χρησιμοποιούνται εξίσου στην προκατεργασία των ολόκληρων λαχανικών πριν την επεξεργασία τους ως φρεσκοκομμένα, ώστε να αυξηθεί η διάρκεια ζωής. Προκατεργασίες σε χαμηλές θερμοκρασίες όπως η ψύξη με ψεκάσμο

δειγμάτων σπαραγγιών και καλαμποκιού μειώνουν τους ρυθμούς αναπνοής, την ανεπιθύμητη σκληρότητα και παρατείνει την ποιότητα των φρεσκοσυλλεγμένων προϊόντων.

Ο Cantwell(1998) κατέληξε στα ακόλουθα συμπεράσματα σχετικά με την επεξεργασία των φρεσκοκομμένων προϊόντων που είναι ευαίσθητα σε τραυματισμό λόγω ψύξης:

- Είναι σημαντικό, τα προϊόντα που είναι ευαίσθητα στην ψύξη, να μην αποθηκεύονται κάτω από την προτεινόμενη θερμοκρασία αποθήκευσης , πριν την προετοιμασία τους ως φρεσκοκομμένα προϊόντα.
- Όταν ένα ευαίσθητο προϊόν επεξεργάζεται ως φρεσκοκομμένο, απαιτείται η αποθήκευση σε χαμηλή θερμοκρασία για την καθυστέρηση της μικροβιακής ανάπτυξης και την διασφάλιση της ποιότητας.
- Οι μικροβιακές αλλαγές λαμβάνουν χώρα πολύ γρηγορότερα από την εμφάνιση συμπτωμάτων τραυματισμού λόγω ψύξης.
- Για τα ευαίσθητα στην ψύξη προϊόντα, η θερμοκρασία και η ελεγχόμενη ατμόσφαιρα που ενδεχομένως να είναι κατάλληλη για τα άθικτα προϊόντα, συχνά είναι ακατάλληλη για τα φρεσκοκομμένα.

## **2.6 ΞΕΦΛΟΥΔΙΣΜΑ, ΚΛΑΔΕΜΑ ΚΑΙ ΕΚΚΟΚΙΣΗ**

Σε μικρές μονάδες επεξεργασίας, χρησιμοποιούνται μαχαίρια για το ξεφλούδισμα του φρέσκου προϊόντος. Οι μεγάλες μονάδες επεξεργασίας κάνουν χρήση λειαντικών αποφλοιωτών και αυτοματοποιημένων ψαλιδιών για την επιτάχυνση της διαδικασίας. Η διαθέσιμη χρηματοδότηση καθορίζει το κατά πόσον μια μικρή επιχείρηση θα χρησιμοποιήσει τεχνολογικά προηγμένους αποφλοιωτές και κουρευτικές μηχανές κατά την διεργασία. Οι αυτοματοποιημένοι αποφλοιωτές με λειαντικούς κυλίνδρους χρησιμοποιούνται σε ορισμένες μεγάλες εγκαταστάσεις επεξεργασίας, για το ξεφλούδισμα πατατών και καρότων. Έχει σχεδιαστεί εξοπλισμός για καλλιέργειες μεγάλου όγκου, συμπεριλαμβανομένης της χρήσης αέρα υψηλής πίεσης και ατμού για την αποφλοίωση. Ωστόσο, στις μικρές επιχειρήσεις, το ξεφλούδισμα μέσω χειρός είναι επαρκής χειρισμός.

### **2.6.1 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΤΕΜΑΧΙΣΜΟΥ**

Τα προϊόντα μπορούν είτε να τεμαχιστούν, να κοπούν σε φέτες, να ψιλοκοπούν να αποφλοιωθούν, είτε να κοπούν σε κύβους ή σε τομές. Αυτές οι επεξεργασίες πραγματοποιούνται κυρίως μέσω χειρός στις μονάδες μικρής κλίμακας. Οι διαστάσεις του τελικού προϊόντος καθορίζονται από την προβλεπόμενη χρήση για κάθε προϊόν προς επεξεργασία. Σανίδες κοπής και μαχαίρια, χρησιμοποιούνται για την δημιουργία των επιθυμητών σχημάτων και σχεδίων για τα τελικά προϊόντα. Έρευνες δείχνουν ότι χρησιμοποιώντας ένα αιχμηρό μαχαίρι, μειώνεται η φυσική βλάβη στον τεμαχισμό των



λαχανικών, καθώς τα κύτταρα των προϊόντων υπόκεινται σε μικρότερη θλιψη. Το προσωπικό χρειάζεται να διασφαλίσει ότι όλα τα μαχαίρια και οι σανίδες κοπής καθαρίζονται και απολυμαίνονται για την ελαχιστοποίηση του κινδύνου επιμόλυνσης. Πρέπει να τηρούνται απαραίτητα οι αρχές Ορθής Υγιεινής Πρακτικής κατά την διάρκεια των διαδικασιών τεμαχισμού(GHP).

Οι εργαζόμενοι που ασχολούνται με τις διαδικασίες τεμαχισμού πρέπει να είναι καταλλήλως ενδεδυμένοι, με προστατευτικό ρουχισμό, συμπεριλαμβανομένων γαντιών, ποδιών και διχτιών για τα μαλλιά. Χρειάζεται να είναι κατάλληλα εκπαιδευμένοι στην προετοιμασία των προϊόντων για την ελαχιστοποίηση των βλαβών. Τα προϊόντα πρέπει να λαμβάνουν τον ελάχιστο απαιτούμενο χειρισμό για την αποφυγή επιμόλυνσης εξαιτίας υπερβολικού χειρισμού. Ανεξάρτητα από την μέθοδο τεμαχισμού, τα μεγέθη των προϊόντων πρέπει να είναι ομοιόμορφα, δεδομένου ότι προϊόντα με ανομοιόμορφα μεγέθη δεν είναι ελκυστικά για τους καταναλωτές.

#### **2.6.2 ΔΙΑΛΟΓΗ ΕΛΑΤΤΩΜΑΤΩΝ**

Τα ελαττωματικά προϊόντα μπορούν επίσης να επιταχύνουν την αλλοίωση και να μειώσουν την διάρκεια ζωής. Η απομάκρυνση των ελαττωμάτων βελτιώνει την ομοιομορφία του τελικού φρεσκοκομμένου προϊόντος και βελτιώνει την διατηρησιμότητα.

#### **2.6.3 ΕΜΒΑΠΤΙΣΗ**

Το προϊόν μπορεί να εμβαπτιστεί επιλεκτικά σε ένα διάλυμα ενός οξινοστικού ή αντιοξειδωτικού μίγματος που περιλαμβάνει ένα συνδυασμό κιτρικού/ασκορβικού οξέος για παράδειγμα, ή σε ένα διάλυμα όπως το χλωριούχο ασβέστιο, για την αποφυγή του μαλακώματος.

#### **2.6.4 ΞΗΡΑΝΣΗ**

Η περίσσεια νερού και άλλων υγρών που σχετίζονται με το προϊόν, μπορούν να απομακρυνθούν πριν το στάδιο της συσκευασίας των φρεσκοσυλλεγμένων προϊόντων. Η ύπαρξη νερού στο τελικό προϊόν υποβοηθά στην ανάπτυξη ζυμών και στην ανάπτυξη άλλων μικροοργανισμών με αποτέλεσμα την ταχεία αποδόμηση της υφής. Διάφορες χειρωνακτικές και μηχανιστικές τεχνικές έχουν αναπτυχθεί για την απομάκρυνση της περίσσειας νερού από τα φρεσκοκομμένα λαχανικά. Αυτές περιλαμβάνουν:

- Χρήση δονητών μεταφοράς για την απομάκρυνση του νερού μέσω πλέγματος. Το φρεσκοκομμένο λαχανικό δονείται στο πλέγμα μεταφοράς.
- Περιέκτες ξήρανσης μέσω στροβιλισμού, τόσο αυτοματοποιημένοι όσο και χειροκίνητοι, οι οποίοι κάνουν χρήση της φυγοκέντρησης για την απομάκρυνση της περίσσειας νερού.

- Αέρα ξήρανσης σε μεταφορείς με εξαναγκασμένο αέρα, για να απομακρύνει την περίσσεια νερού από την επιφάνεια του προϊόντος.



## 3<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ

### ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΛΑΧΑΝΙΚΩΝ

#### 3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η συσκευασία τροφίμου πρέπει να προστετεύει το τρόφιμο και να το περιέχει από την στιγμή της παραγωγής, μέχρι το σημείο της κατανάλωσης. Οι απώλειες πολλών σημαντικών εμπορικών λαχανικών ποικίλου από 20% έως και 50%, προτού να φτάσουν στον καταναλωτή. Οι υρασίες ισορροπίας τους φτάνουν έως και 98%. Υπό φυσιολογικές ατμοσφαιρικές συνθήκες, ξηραίνονται γρήγορα, το οποίο προκαλεί τον μαρασμό τους, σαν αποτέλεσμα της απώλειας της ακαμψίας και της συρρίκνωσης των κυττάρων. Ο πρωταρχικός στόχος της συσκευασίας των λαχανικών είναι η προστασία του περιεχομένου της συσκευασίας κατά την διάρκεια της αποθήκευσης, της μεταφοράς και της διανομής, έναντι της υποβάθμισής του, η οποία μπορεί να είναι φυσική, χημική ή βιολογική. Η συσκευασία επομένως παρέχεται στο σημείο της παραγωγής ή της επεξεργασίας, ή στα κέντρα διανομής. Παρόλο που η συσκευασία διαμορφώνει την τελευταία σύνδεση στην αλυσίδα της παραγωγής, της αποθήκευσης, της διαφήμισης και της διανομής, παίζει ακόμα ένα ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο στην ασφαλή μεταφορά των προϊόντων από «την πύλη της φάρμας στο πιάτο του καταναλωτή». Η αύξηση στην παραγωγή μπορεί να έχει επίδραση στον καταναλωτή, μόνο εφόσον το τρόφιμο είναι υγιεινό, ανόθευτο, και διαθέσιμο υπό υγιεινές συνθήκες σε μια οικονομική τιμή. Όπως ανφέρθηκε προηγουμένως, περίπου το 25% με 40% των λαχανικών αλλοιώνονται ή υποβαθμίζονται κατά την διάρκεια της αποθήκευσης και της διανομής τους. Αυτό το μεγάλο ποσοστό της φθοράς, το οποίο έχει σαν αποτέλεσμα την σπανιότητα του προϊόντος και τις αυξημένες τιμές, αποδίδεται κυρίως σε κακές συνθήκες συσκευασίας, ακατάλληλους χειρισμούς και ανεπαρκείς εγκαταστάσεις μεταφοράς.

Από το 1970, υπήρξε μεγάλη ανάπτυξη σε νέες τεχνολογίες συσκευασίας. Η ανάπτυξη αυτών των νέων τεχνολογιών, τόσο για βραχυπρόθεσμη όσο και για μακροπρόθεσμη διατήρηση των λαχανικών, οφείλεται σε συχετιζόμενους παράγοντες:

- Στην ανάπτυξη νέων πολυμερών μεμβρανών συσκευασίας φραγμού(barrier)
- Στην αυξημένη αστικοποίηση
- Στις απαιτήσεις τόσο της αγοράς όσο και των καταναλωτών για εύχρηστα προϊόντα
- Σε αυξημένα ενεργειακά κόστη

Ως αποτέλεσμα αυτών των συχετιζόμενων παραγόντων, η τεχνολογία της συσκευασίας τροφίμων έχει μετασχηματιστεί σε μεγάλο βαθμό. Η συσκευασία πλέον προσφέρει πολλές πληροφορίες στον καταναλωτή, χρησιμοποιείται πολύ αποτελεσματικά σαν εργαλείο διαφήμισης, και έχει εξελιχθεί από τον αρχικό και προηγουμένως μοναδικό ρόλο της ως προστατευτικό, σε ένα πολύπλευρο εργαλείο. Υπάρχουν πολλά υλικά συσκευασίας στην

σημερινή αγορά, καθένα από τα οποία είναι σχεδιασμένο με συγκεκριμένες ιδιότητες. Η σωστή επιλογή συσκευασίας, εξαρτάται όχι μόνο από την κατάλληλη γνώση των φυσικών, χημικών και μικροβιολογικών χαρακτηριστικών των λαχανικών, αλλά επίσης και των λειτουργικών ιδιοτήτων των υλικών συσκευασίας, που διατίθενται για ένα συγκεκριμένο προϊόν ή τεχνολογία διατήρησης.

### **3.2 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΤΗΣ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ**

Οι δύο κύριες λειτουργίες της συσκευασίας είναι καταρχάς η συνάθροιση του προϊόντος σε εύχρηστες για χειρισμό μονάδες και κατά δεύτερον η προστασία της παραγωγής κατά την αποθήκευση, διανομή και διαφήμιση. Οι σύγχρονες συσκευασίες για τα φρέσκα λαχανικά αναμένονται να έχουν πολλές απαιτήσεις, οι οποίες μπορούν να συνοψιστούν ως ακολούθως:

- Οι συσκευασίες πρέπει να έχουν την κατάλληλη μηχανική δύναμη, ώστε να προστατεύσουν το περιεχόμενο κατά την επεξεργασία και την μεταφορά και κατά την διάρκεια της στοίβαξης των προϊόντων.
- Το υλικό συσκευασίας δεν πρέπει να περιέχει χημικές ουσίες οι οποίες να μπορούν να μεταφερθούν στο προϊόν και να το κάνουν έτσι τοξικό για τον άνθρωπο.
- Η συσκευασία πρέπει να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις επεξεργασίας και εμπορικές απαιτήσεις, με την έννοια του βάρους, του μεγέθους και του σχήματος. Η τρέχουσα τάση είναι η μείωση του μεγέθους και των σχημάτων των συσκευασιών, μέσω της τυποποίησης. Η παλλετοποίηση και ο μηχανικός χειρισμός κάνουν την τυποποίηση απαραίτητη για την οικονομική επεξεργασία.
- Οι συσκευασίες πρέπει να επιτρέπουν ταχεία ψύξη των περιεχομένων. Επιπλέον, η διαπερατότητα των πλαστικών φιλμ σε αναπνευστικά αέρια μπορεί επίσης να είναι μια σημαντική απαίτηση.
- Η ασφάλεια της συσκευασίας ή το εύκολο άνοιγμα και κλείσιμο της μπορεί σε ορισμένες εμπορικές περιπτώσεις να είναι σημαντικά.
- Η συσκευασία μπορεί να χρειάζεται να μην είναι διαπερατή στην ηλιακή ακτινοβολία ή να είναι διαφανής.
- Η συσκευασία μπορεί να απαιτείται να είναι σχεδιασμένη κατάλληλα για απόρριψη, επαναχρησιμοποίηση ή ανακύκλωση.
- Το κόστος της συσκευασίας πρέπει να είναι όσο το δυνατόν χαμηλότερο.

Η συσκευασία μπορεί να καθυστερεί ή να αποτρέπει την αλλοίωση των φρέσκων λαχανικών, ωστόσο, η ακατάλληλη συσκευασία μπορεί και να επιταχύνει την αλλοίωση. Η συσκευασία πρέπει να χρησιμεύει στην προστασία απέναντι στην επιμόλυνση, τον τραυματισμό και την υπερβολική απώλεια υγρασίας του προϊόντος. Ένας υπερβολικός φραγμός της υγρασίας

ωστόσο προκαλεί υπερβολικά υψηλή σχετική υγρασία στην συσκευασία και έχει ως αποτέλεσμα την επιταχυνόμενη αλλοίωση, εξαιτίας των μικροοργανισμών ή της διάσπασης του δέρματος ορισμένων λαχανικών.

### **3.3 ΕΙΔΗ ΠΕΡΙΕΚΤΩΝ**

Μετά την συγκομιδή και την επεξεργασία, τα λαχανικά μεταφέρονται σε διάφορα κιβώτια(containers)για την μεταφορά τους στους χώρους πώλησης. Οι προσεγγίσεις που ακολουθούνται τόσο από τις ανεπτυγμένες όσο και από τις τροπικές χώρες είναι παρόμοιες σε πολλές καταστάσεις.

#### ***ΚΙΒΩΤΙΑ ΕΔΑΦΟΥΣ***

Τα δοχεία διαλογής ή συγκομιδής είναι πολλών ειδών, εξαρτάται από την καλλιέργεια, την περιοχή, και την διαθεσιμότητα των υλικών. Σακούλες διαλογής από καμβά ή λινάτσα, κοφίνια πλέγματος και καλάθια από μπαμπού, χρησιμοποιούνται συχνά.

#### ***ΚΙΒΩΤΙΑ ΑΠΟΣΤΟΛΗΣ***

Ένα κιβώτιο αποστολής είναι μια χειριστική μονάδα, που χρησιμοποιείται για την μετακίνηση της αγροτικής παραγωγής από την μια τοποθεσία στην άλλη. Η συσκευασία για την αποστολή και την επεξεργασία απαιτεί κατάλληλα κιβώτια, που να προστατεύουν την παραγωγή από τραυματισμούς, δόνηση και το βάλλος των άλλων στοιβαγμένων κιβωτίων. Το κιβώτιο πρέπει να είναι αρκετά σταθερό, ώστε να επιτρέπει την λογική στοίβαξη με την αποφυγή κατάρρευσης, ή άσκησης πίεσης στα υπόλοιπα προϊόντα με αποτέλεσμα τον τραυματισμό τους. Δεν πρέπει να επηρεάζει την ανταλλαγή O<sub>2</sub> και CO<sub>2</sub> και ταυτόχρονα πρέπει να είναι διαπερατό στην θερμότητα που εκλύεται κατά τις διαδικασίες της αναπνοής και της διαπνοής των φρέσκων λαχανικών. Η ιδανική συσκευασία περιλαμβάνει συμπαγώς τοποθετημένα περιεχόμενα, χωρίς κάποια προεξοχή, σε ένα κιβώτιο που μπορεί να κλείνει με καπάκι και έχει επαρκή δύναμη στοίβαξης, ώστε να προστατεύει τα περιεχόμενα, σε όλες τις συνθήκες χειρισμού. Σε πολλές από τις ανεπτυγμένες χώρες, τα κιβώτια αποστολής χρησιμοποιούνται μόνο μια φορά. Τα συνηθισμένα είδη τέτοιων κιβωτίων που χρησιμοποιούνται περιλαμβάνουν καρφωμένα ξύλινα κουτιά και κιβώτια, κουτιά κόντρα πλακέ και καλάθια.

#### ***ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΕΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ***

Έχει αυξηθεί η χρησιμοποίηση μικρών σε μέγεθος συσκευασιών για τους καταναλωτές, με την αύξηση των μεγάλων αγορών self-service. Η εν λόγω συσκευασία μπορεί να περιλαμβάνει μια πλαστική ή χάρτινη σακούλα η οποία είναι διαθέσιμη στους καταναλωτές για την επιλογή, την συσκευασία και την εκτίμηση του βάρους των αγορών τους. Οι συσκευασίες για τους καταναλωτές είναι των ακόλουθων ειδών:

- Σακούλες κατασκευασμένες από χαρτί, μεμβράνη, βαμβακερό ή πλαστικό πλέγμα
- Δίσκοι από χυτό χαρτοπολτό, χαρτόνι, πλαστικό ή αφρώδες πλαστικό

- Πτυσσόμενα κουτιά από χαρτόνι, ορισμένες φορές με διαφανές πλαστικό παράθυρο ή με διαχωριστές για ξεχωριστά τοποθετημένα λαχανικά
- Μικρά ορθογώνια ή στρογγυλά καλάθια, φτιαγμένα από κερωμένο χαρτόνι ή άλλο υλικό

### **ΣΑΚΟΥΛΕΣ**

Η πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη συσκευασία για τους καταναλωτές είναι η σακούλα. Είναι ανέξοδη, γεμίζεται και κλείνει εύκολα και είναι διαθέσιμη σε πολλά μεγέθη και πολλά υλικά. Παρέχει λιγότερη προστασία για φυσικό τραυματισμό του προϊόντος ωστόσο, σε σύγκριση με τις άλλες συσκευασίες.

#### **ΣΑΚΟΥΛΕΣ ΠΛΑΣΤΙΚΗΣ ΜΕΜΒΡΑΝΗΣ**

Πολυάριθμες διαφανείς και ημιδιαφανείς μεμβράνες είναι εμπορικά διαθέσιμες και ορισμένες από αυτές σε χαμηλό κόστος. Προκατασκευασμένες σακούλες είναι επίσης διαθέσιμες από πολλούς παραγωγούς και μπορούν επίσης να κατασκευαστούν στην βάση των απαιτήσεων του χρήστη, από μηχανήματα που θα σχηματίσουν τις σακούλες μέσω θερμοσυγκόλλησης από ρολά επίπεδης μεμβράνης. Τα πλεονεκτήματα των πλαστικών μεμβρανών είναι:

- Καλή ορατότητα του συσκευασμένου προϊόντος
- Περιορισμένη διαπερατότητα σε υδρατμούς και μειωμένη απώλεια υγρασίας από το προϊόν
- Σταθερότητα και αντίσταση σε σχίσιμο

#### **ΣΑΚΟΥΛΕΣ ΠΛΕΓΜΑΤΟΣ**

Μέσω της χρήσης σακούλων πλέγματος, επιτυγχάνεται ο βέλτιστος αερισμός των περιεχομένων. Το δίκτυο με ανοίγματα μεταξύ σκελών 3 και 6 mm, επιτρέπει την ελεύθερη κίνηση του αέρα, από και προς το εσωτερικό της σακούλας. Οι σακούλες πλέγματος κατασκευάζονται από διάφορα υλικά, τα πιο κοινώς χρησιμοποιούμενα από τα οποία είναι λεπτά πλαστικά σκέλη, βαμβακερό νήμα, και περιπλεκόμενα σκέλη επεξεργασμένου χαρτιού. Τα σημαντικά πλεονεκτήματα των σακούλων πλέγματος είναι:

- Ο άριστος αερισμός για ανταλλαγή θερμότητα κατά την διάρκεια της πρόψυξης
- Η αποφυγή υψηλής σχετικής υγρασίας στην σακούλα για προϊόντα και καταστάσεις στις οποίες η υψηλή σχετική υγρασία είναι ανεπιθύμητη
- Καλή ορατότητα του προϊόντος
- Εύκολο άνοιγμα

#### **ΑΝΑΔΙΠΛΩΜΕΝΗ ΣΥΡΡΙΚΝΩΜΕΝΗ ΜΕΜΒΡΑΝΗ**

Σε μεμβράνες πολλών ειδών, μπορούν να δωθούν χαρακτηριστικά θερμοσυστολής μέσω της

πίεσης, υπό ελεγχόμενες θερμοκρασίες και τάσεις για την δημιουργία μοριακού προσανατολισμού, μετά από τον οποίο η μεμβράνη ψύχεται στην συνθήκη πίεσης για την διατήρηση της μορφής της. Μεμβράνες όπως το πολυπροπυλένιο, το πολυστυρένιο, το πολυαιθυλένιο, και καουτσούκ, μπορούν να μετατραπούν σε συρρικνώμενες μεμβράνες, μέσω της μεθόδου μοριακού προσανατολισμού. Αφού η συρρικνώμενη μεμβράνη εφαρμοστεί στα γεμισμένα δοχεία σε σωληνοειδή ή θερμοσυγκολλημένη μορφή, οι συσκευασίες διέρχονται μέσω ενός καναλιού θερμότητας για την συρρίκνωση του καλύματος της μεμβράνης. Το κόστος εργασίας για την συσκευασία μεμβρανών που επικαλύπτουν τα δοχεία δεν είναι μεγάλο και συχνά είναι χαμηλότερο από το αντίστοιχο κόστος για την προετοιμασία τυποποιημένων συσκευασιών σε επενδεδυμένα με μεμβράνη κουτιά.

### **ΔΙΣΚΟΙ ΤΩΝ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΩΝ**

Ένα αγαπημένο είδος καταναλωτικής συσκευασίας για προετοιμασία τόσο σε επίπεδο χονδρικής αλλά και λιανικής, είναι οι χυτευμένοι δίσκοι. Οι δίσκοι κατασκευάζονται από μοριοσανίδες, χυτευμένο αφρώδες πλαστικό, ή καθαρό πλαστικό και επίσης κατασκευάζονται σε πολλά μεγέθη.

### **3.4 ΕΙΔΗ ΥΛΙΚΩΝ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ**

Μια ποικιλία υλικών συσκευασίας με συγκεκριμένες λειτουργικές ιδιότητες είναι διαθέσιμη για την συσκευασία των φρέσκων λαχανικών. Τα υλικά συσκευασίας περιλαμβάνουν ξύλο, ύφασμα, χαρτί και πλαστικό.

#### **3.4.1 ΞΥΛΟ ΚΑΙ ΥΦΑΣΜΑΤΑ**

Τα ξύλινα κιβώτια παραδοσιακά χρησιμοποιούνταν για την μεταφορά του κύριου όγκου των λαχανικών στα καταστήματα. Το ξύλο παρέχει καλή μηχανική υποστήριξη, σταθερά χαρακτηριστικά όσον αφορά τη στοίβαξη, και ένα υψηλό ρυθμό βάρους/δύναμη. Ωστόσο, δεν είναι κατάλληλος φραγμός για την υγρασία ή τα αέρια και μπορεί να αποτελέσει πηγή μικροβιακής επιμόλυνσης, κυρίως από μύκητες. Με την έλευση των πλαστικών, τα ξύλινα κιβώτια σταδιακά αντικαθίστανται από κιβώτια πολυστυρένιου, πολυπροπυλενίου και πολυαιθυλενίου, που είναι ελαφρύτερα σε βάρος, και έχουν μικρότερα κόστη μεταφοράς. Τα υφασμάτινα κιβώτια, χρησιμοποιούνται επίσης με φειδώ για την μεταφορά των λαχανικών στην αγορά. Παρόλο που είναι ανθεκτικά στην φθορά και στο σχίσιμο, έχουν χαμηλή επεκτασιμότητα, είναι ακατάλληλοι φραγμοί για την υγρασία και τα αέρια, και υπόκεινται στην μυκητιακή αλλοίωση.

#### **3.4.2 ΧΑΡΤΙ ΚΑΙ ΧΑΡΤΟΝΙ**

Το χαρτί και το χαρτόνια είναι ακόμη ιδιαίτερα δημοφιλή υλικά συσκευασίας στην Βόρεια Αμερική. Έχει υπολογιστεί ότι η συσκευασία από χαρτί και χαρτόνι αποτελεί το 31% των

περίπου 70 τόνων προϊόντων χαρτιού που παράγονται ετησίως με εμπορική αξία υπολογιζόμενη περίπου στα 16 δις \$.

Ο χαρτοπολτός παράγεται από ροκανίδια, μέσω όξινης ή αλκαλικής υδρόλυσης. Ο πολτός τοποθετείται σε νερό και ανακατεύεται με περιστρεφόμενες πτερωτές και μαχαίρια, για τον διαχωρισμό των ινών κυτταρίνης κατά μήκος του. Οι ίνες στην συνέχεια εξευγενίζονται και διέρχονται μέσα από κυλίνδρους θερμότητας για την μείωση του περιεχομένου σε υγρασία, και στην συνέχεια διέρχονται μέσω κυλίνδρων που επιτυγχάνουν την απόδοση των τελικών επιφανειακών ιδιοτήτων στο χαρτί. Η αλκαλική υδρόλυση παράγει θειώδη πολτό και η όξινη υδρόλυση παράγει θειικό πολτό.

Το χαρτί kraft, κατασκευάζεται από τουλάχιστον 80% θειώδη ξύλινο πολτό. Είναι ένα ιδιαίτερα δυνατό είδος χαρτιού, το οποίο χρησιμοποιείται για την κατασκευή σακούλων μαναβικής, σάκων μεταφοράς, και ειδικών σακούλων που απαιτούν τόσο οικονομία σε μέγεθος όσο και αντοχή για την συσκευασία αλευριού, ζάχαρης, φρούτων και λαχανικών. Τα ξεθωριασμένα χαρτιά είναι πιο ακριβά από τα μη ξεθωριασμένα και έχουν άριστη ικανότητα εκτύπωσης.

Χαρτί με πρόσθετες ουσίες μπορεί να παρουσιάσει πολύ βελτιωμένες ιδιότητες.

Ένας σημαντικός τύπος αυτού του χαρτιού είναι το:

Αδιαβροχοποιημένο χαρτί (wet-strength paper): παρασκευάζεται με προσθήκη ρητινών ουρίας-φορμαλδεΐδης ή μελαμίνης-φορμαλδεΐδης στο χαρτοπολτό, οπότε τα παραγόμενα προϊόντα συμπύκνωσης που δημιουργούνται κατά την ξήρανση του χαρτιού, είναι αδιάλυτα στο νερό και αυξάνουν πολύ την αντοχή του χαρτιού όταν απορροφήσει υγρασία.

Τα επικαλυμμένα χαρτιά (coated papers) παρασκευάζονται με επικάλυψη του φύλλου με διάφορα υλικά μέσω διαβίβασής του σε λουτρό τηγμένου υλικού ή αιωρήματος του υλικού, ή μέσω εξώθησης του υλικού με εκβολέα. Οι κυριότεροι τύποι επικαλυμμένων χαρτιών είναι:

Χαρτί με επικάλυψη κηρού: παρασκευάζεται με εμβάπτιση σε λουτρό τηγμένης παραφίνης και παρουσιάζει μειωμένη διαπερατότητα νερού και υδρατμών. □Χαρτί με επικάλυψη ασφάλτου: Η επικάλυψη γίνεται στη μία πλευρά του φύλλου με ρολό ημιεμβαπτισμένο σε λουτρό ασφάλτου και δύο επικαλυμμένα φύλλα πιέζονται ανάμεσα σε περιστρεφόμενους κυλίνδρους, για τη δημιουργία ενός σύνθετου φύλλου με την επικάλυψη στο εσωτερικό. Το σύνθετο φύλλο έχει πολύ μειωμένη διαπερατότητα σε νερό και υδρατμούς και χρησιμοποιείται για την κατασκευή σάκων ιδιαίτερα για θαλάσσια μεταφορά.

Χαρτί με επικάλυψη πολυεθυλενίου (PE): Το PE είναι το ευρύτερα χρησιμοποιούμενο πλαστικό για την επικάλυψη χαρτιού. Η επικάλυψη γίνεται με μεμβράνη PE που σχηματίζεται από

εκβολέα και τα δύο υλικά συμπιέζονται ανάμεσα σε κυλίνδρους. Το επικαλυμμένο φύλλο έχει πολύ μικρή διαπερατότητα νερού και υδρατμών και σχετικά μικρή διαπερατότητα λιπαρών. Επίσης έχει την ικανότητα θερμοσυρραφής.

Χαρτί με επικάλυψη πολυβινυλιδενοχλωριδίου (PVdC): Η επικάλυψη γίνεται από λουτρό αιωρήματος PVdC. Το φύλλο παρουσιάζει ανάλογες ιδιότητες με εκείνο του PE.

Το χαρτόνι διαφέρει από το χαρτί ως προς το βάρος ανά μονάδα επιφάνειας. Διεθνώς ως χαρτόνι χαρακτηρίζεται το προϊόν βάρους μεγαλύτερου των 250 g/m<sup>2</sup>, ενώ το μικρότερο βάρος χαρακτηρίζεται ως χαρτί. Το πάχος του χαρτονιού είναι μεγαλύτερο από 0.30 mm. Υπάρχουν τρεις τύποι χαρτονιού που διαφέρουν ως προς την πρώτη ύλη κατασκευής:

Chipboard: Χαρτόνι που παράγεται από ανακυκλωμένο χαρτί, έχει σκούρο χρώμα, μικρή μηχανική αντοχή και δεν χρησιμοποιείται για άμεση επαφή με το τρόφιμο. Duplex board: Χαρτόνι που παράγεται από μίγμα ημιλευκασμένου χημικού και μηχανικού πολτού ή πολτού από ανακύκλωση και επικαλύπτεται και από τις δύο πλευρές με χημικό πολτό. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ορισμένες περιπτώσεις σε επαφή με τα τρόφιμα.

Solid white board: Χαρτόνι που παράγεται από λευκασμένο χημικό πολτό και χρησιμοποιείται σε άμεση επαφή με τα τρόφιμα.

Για υγρά ή λιπαρά τρόφιμα και γενικά για προϊόντα που απαιτούν ειδική προστασία χρησιμοποιούνται χαρτόνια επικαλυμμένα με κηρούς, PE ή PVdC ή πολυστρωματικά φύλλα (laminates) με χαρτόνι, PE και φύλλο αλουμινίου.

Τα χαρτονένια κουτιά κατασκευάζονται από συμπαγές ημίσκληρο χαρτόνι ή πολυστρωματικό φύλλο. Τα χαρτοκιβώτια που χρησιμοποιούνται για χονδρική συσκευασία και για μεταφορά προϊόντων (π.χ. φρούτα) κατασκευάζονται από συμπαγές χαρτόνι ή από κυματοειδές χαρτόνι.

Το κυματοειδές χαρτόνι αποτελείται εσωτερικά από ένα ή περισσότερα στρώματα κυματοειδούς χαρτιού και εξωτερικά από επίπεδα χαρτόνια. Η κυμάτωση συνεισφέρει στην απόσβεση των κρούσεων και οι μηχανικές αντοχές αυτών των χαρτονιών εξαρτώνται τόσο από τον τύπο της κυμάτωσης (πλάτος και αριθμός κυματώσεων ανά τρέχον μέτρο χαρτιού), όσο και από τον αριθμό και τις πυκνότητες των εσωτερικών και εξωτερικών στρωμάτων (τρίφυλλο, πεντάφυλλο, επτάφυλλο).

### **3.4.3 ΠΛΑΣΤΙΚΟ**

Τα πλαστικά υλικά συσκευασίας είναι πολυμερή υλικά διαφόρου χημικής σύστασης, δομής και φυσικών ιδιοτήτων. Σε αυτά ταξινομούνται και τα φυσικά πολυμερή, όπως τα φύλλα αναγεννημένης κυτταρίνης (σελοφάν), τα πολυμερή με βάση το άμυλο, τις πρωτεΐνες κ.λ.π. Στη συσκευασία τροφίμων χρησιμοποιούνται δύσκαμπτοι πλαστικοί περιέκτες και εύκαμπτες



πλαστικές μεμβράνες. Ορισμένα πολυμερή υλικά χρησιμοποιούνται και για τις δύο κατηγορίες περιεκτών, αλλά στις εύκαμπτες συσκευασίες χρησιμοποιούνται πολύ περισσότερα είδη από ότι στις δύσκαμπτες.

Οι πλαστικές μεμβράνες κατασκευάζονται με ένα πλήθος από μηχανικές, οπτικές, θερμοσυγκολλητικές και παρεμποδιστικές ιδιότητες. Επιπλέον, μπορούν να επικαλυφθούν με ένα άλλο πολυμερές ή επιμεταλλωμένο υλικό, για την δημιουργία μιας ελασματοποιημένης δομής με ανώτερες ιδιότητες. Παραδείγματα κοινών εύκαμπτων μεμβρανών είναι η κυτταρίνη, το πολυαιθυλένιο, πολυεστέρες, πολυαμίδια, το πολυπροπυλένιο, το πολυστυρένιο, το πολυβινυλοχλωρίδιο, το αιθυλένιο οξικού βινυλίου, το αιθυλένιο βινυλικής αλκοόλης.

Ενδεικτικά, αναφέρονται τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά ορισμένων εκ των προαναφερθείσων μεμβρανών:

### *Πολυολεφίνες*

Ως υλικά συσκευασίας χρησιμοποιούνται το πολυαιθυλένιο  $(-CH_2-CH_2-)_n$  και το πολυπροπυλένιο  $(-CH_2-CHCH_3-)_n$ . Το πολυαιθυλένιο είναι το ευρύτερα χρησιμοποιούμενο από όλα τα πλαστικά υλικά συσκευασίας για τα τρόφιμα. Διακρίνεται σε πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας (LDPE) και πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας (HDPE) ανάλογα με την ύπαρξη διακλαδώσεων μεταξύ των μακρομοριακών αλυσίδων. Και τα δύο υλικά χρησιμοποιούνται στην κατασκευή δύσκαπτων περιεκτών και σε μορφή μεμβράνης για εύκαμπτες συσκευασίες.

Το πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας είναι εύκαμπτο, έχει μεγάλη αντοχή σε κρούση, ενώ μαλακώνει σε θερμοκρασία  $>100^\circ C$ . Η διαπερατότητά του σε υδρατμούς είναι μικρή, αλλά η διαπερατότητα σε αέρια μεγάλη. Είναι ανθεκτικό σε οξέα, βάσεις και διαλύματα αλάτων, απορροφά όμως πτητικά συστατικά από ορισμένα συσκευασμένα τρόφιμα και είναι ακατάλληλο για τη συσκευασία χυμών και παρόμοιων τροφίμων.

Το πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας έχει πέντε φορές μικρότερη διαπερατότητα σε υδρατμούς και αέρια από το LDPE, παρουσιάζει θερμική σταθερότητα μέχρι τους  $120^\circ C$ , αλλά έχει μικρότερη αντοχή σε κρούση. Οι λοιπές ιδιότητες του είναι παρόμοιες με το LDPE.

Οι μεμβράνες πολυαιθυλενίου παρέχουν δυνατότητα θερμικής συγκόλλησης και συνδυάζονται άριστα με άλλα υλικά, όπως το χαρτί και το αλουμινόφυλλο για την παραγωγή σύνθετων πολυστρωματικών υλικών.

Το πολυπροπυλένιο (PP) χρησιμοποιείται επίσης σε εύκαμπτες και δύσκαμπτες συσκευασίες. Παρουσιάζει στεγανότητα ενδιάμεση των LDPE και HDPE, πολύ χαμηλή διαπερατότητα από λίπη, θερμική σταθερότητα έως τους  $140^\circ-150^\circ C$ , αλλά μικρότερη αντοχή σε κρούση. Η αντοχή του σε αντιδραστήρια είναι παρόμοια με των πολυαιθυλενίων. Βασικό πλεονέκτημά του είναι



η καλή εμφάνιση που οφείλεται στη στιλπνότητα και τη διαύγεια καθώς και η αντοχή του στο τσάκισμα. Σε μορφή μεμβρανών χρησιμοποιείται συχνά μετά από διεργασία προσανατολισμού (OPP, oriented poly-propylene) για βελτίωση των αντοχών και της εμφάνισης και παρουσιάζει μέτρια δυνατότητα θερμοσυγκόλλησης.

### *Πολυβινυλοπαράγωγα*

Τα πολυβινυλοπαράγωγα έχουν το γενικό τύπο  $(-CH_2-CXY-)_n$  όπου τα Χ και Υ είναι είτε άτομα υδρογόνου είτε άλλοι υποκαταστάτες, όπως χλώριο, βενζολικός δακτύλιος, υδροξύλιο κ.λ.π. Οι ιδιότητες των πολυβινυλοπαράγωγων εξαρτώνται από τη φύση του υποκαταστάτη, τη διαμόρφωση των ομάδων στην αλυσίδα, το μοριακό βάρος του πολυμερούς, την κρυσταλλικότητα και τον προσανατολισμό. Επίσης οι ιδιότητες εξαρτώνται από την προσθήκη πλαστικοποιητή, οπότε αυξάνεται η διαπερατότητα και η διαλυτότητα του πλαστικού. Γενικά η ύπαρξη πολικών υποκαταστατών αυξάνει τη διαπερατότητα από υδρατμούς και πολικά μόρια. Η μηχανική αντοχή, η αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες και σε προσβολή από χημικά και η στεγανότητα αυξάνονται με το βαθμό κρυσταλλικότητας.

Τα πολυβινυλοπαράγωγα που χρησιμοποιούνται στη συσκευασία τροφίμων είναι: Πολυστυρένιο (PS)  $(-CH_2-CH- \text{ο} -)_n$  : Είναι διαυγές, σκληρό και εύθραυστο, με μικρή στεγανότητα σε υδρατμούς και μέση σε αέρια και θερμοκρασία ευπλαστότητας 90- 95°C. Η αντοχή του δύσκαμπτου διαυγούς υλικού μπορεί να βελτιωθεί με προσθήκη πολυβουταδιενίου, χάνεται όμως η διαύγειά του. Οι μεμβράνες πολυστυρενίου χρησιμοποιούνται σε απλή μορφή ή κατόπιν προσανατολισμού σε ορισμένη θερμοκρασία (OPS).

Πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC)  $(-CH_2-CHCl -)_n$ : Είναι σκληρό και εύθραυστο υλικό, με την προσθήκη όμως πλαστικοποιητών γίνεται μαλακό και εύκαμπτο και μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην κατασκευή ημίσκληρων περιεκτών ή μεμβρανών. Το μη πλαστικοποιημένο υλικό παρουσιάζει εξαιρετική αντοχή στα λιπαρά. Η διαπερατότητα του στους υδρατμούς είναι μεγαλύτερη των πολυολεφινών, σε αέρια όμως πολύ μικρή. Οι λεπτές μεμβράνες έχουν μεγάλη διαύγεια και μεγάλη διαπερατότητα σε αέρια. Το PVC γίνεται εύπλαστο σε χαμηλή θερμοκρασία (82°C) και αρχίζει να αποικοδομείται σε λίγο ψηλότερη, ενώ προσβάλλεται και από το ηλιακό φως. Γι' αυτό προστίθενται σταθεροποιητές. Οι πλαστικοποιητές και οι σταθεροποιητές είναι ουσίες τοξικές που μεταναστεύουν στα τρόφιμα και επομένως είναι απαραίτητος ο έλεγχος της καταλληλότητας της συσκευασίας για χρήση σε τρόφιμα.

Πολυβινυλιδενοχλωρίδιο (PVdC)  $(-CH_2-CCl_2-)_n$ : Χρησιμοποιείται σε μορφή μεμβρανών, σε συνδυασμό συνήθως με άλλα υλικά, λόγω της εξαιρετικής στεγανότητας που παρουσιάζει και της άριστης θερμοσυγκόλλησης. Είναι κατάλληλο, όπως και το PVC για συρρικνούμενο περιτύλιγμα. Συμπολυμερές βινυλοχλωριδίου-βινυλιδενοχλωριδίου, γνωστό ως Saran,

χρησιμοποιείται για την κατασκευή μεμβανών με πολύ μικρή διαπερατότητα σε αέρια και υδρατμούς.

Πολυβινυλική αλκοόλη (PVAI)  $(-CH_2-CHOH-)_n$ : Χρησιμοποιείται ως μεμβράνη. Το συμπολυμερές αιθυλενίου-βινυλικής αλκοόλης (EVAI) έχει πολύ μικρή διαπερατότητα σε αέρια αλλά μεγάλη ευαισθησία σε υδρατμούς. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται στο εσωτερικό σύνθετων πολυστρωματικών υλικών.

Οξικός πολυβινυλεστέρας  $(-CH_2-CHOCOCH_3-)_n$ : Μορφοποιείται ως εύκαμπτη μεμβράνη. Επίσης με μορφή μεμβράνης χρησιμοποιείται και συμπολυμερές βινυλοχλωριδίου-οξικού βινυλεστέρα.

### *Πολυεστέρες*

Οι πολυεστέρες (PET) έχουν το γενικό τύπο  $HO(-CO-R-CO-O-R'-O-)_nH$ . Ο πολυεστέρας που χρησιμοποιείται συνήθως στη συσκευασία τροφίμων είναι ο πολυαιθυλενο-τερεφθαλικός (PETP). Έχει άριστη διαφάνεια, καλές μηχανικές αντοχές, ελάχιστη διαπερατότητα υδρατμών και αερίων, αντοχή σε οξέα, βάσεις, λιπαρά και διαλύτες και σταθερότητα σε υψηλές θερμοκρασίες. Οι φιάλες από PETP αντέχουν σε πίεση μέχρι 4 atm και δεν μαλακώνουν μέχρι τους 250°C. Οι μεμβράνες διατηρούν επίσης τις ιδιότητές τους σε υψηλές θερμοκρασίες και μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη συσκευασία τροφίμων που πρέπει να θερμανθούν συσκευασμένα πριν την κατανάλωση. Τα πλεονεκτήματα του PETP οδηγούν σε συνεχή διεύρυνση της χρήσης τους παρ' όλο το μεγάλο κόστος. Στις εύκαμπτες συσκευασίες εκτός του PETP χρησιμοποιείται και ο πολυβουτυλενο-τερεφθαλικός εστέρας (PBTP).

### *Πολυακρυλικά*

Οι κύριοι εκπρόσωποι αυτής της κατηγορίας είναι ο πολυμεθακρυλικός εστέρας  $(-CH_2-CCH_3COOCH_3-)_n$ , το πολυακρυλονιτρίλιο  $(-CH_2-CHCN-)_n$  και το συμπολυμερές ακρυλονιτριλίου-μεθακρυλικού εστέρα (Barex). Έχουν καλές μηχανικές και χημικές ιδιότητες και πολύ μικρή διαπερατότητα σε αέρια. Ο πολυμεθακρυλικός εστέρας είναι πολύ ακριβό υλικό και γι' αυτό χρησιμοποιείται ελάχιστα στη συσκευασία τροφίμων. Το πολυακρυλονιτρίλιο έχει απαγορευθεί για χρήση στα τρόφιμα λόγω μετανάστευσης του μονομερούς ακρυλονιτριλίου που είναι καρκινογόνο. Το συμπολυμερές Barex αναπτύχθηκε αρχικά για την κατασκευή φιαλών συσκευασίας αεριούχων αναψυκτικών, αλλά έχει και αυτού απαγορευθεί η χρήση στις ΗΠΑ.

### **Πολυαμίδια**

Τα πολυαμίδια που χρησιμοποιούνται στη συσκευασία τροφίμων είναι τα:

nylon 6 (-NH-(CH<sub>2</sub>)<sub>5</sub>-CO-)<sub>n</sub>

nylon 6.6 (-NH-(CH<sub>2</sub>)<sub>6</sub>-NH-CO-(CH<sub>2</sub>)<sub>4</sub>-CO-)<sub>n</sub>

nylon 11 (-NH-(CH<sub>2</sub>)<sub>10</sub>-CO-)<sub>n</sub>

Χρησιμοποιούνται σε μορφή μεμβρανών και έχουν μικρή διαπερατότητα σε αέρια, καλές μηχανικές αντοχές και αντοχή σε λιπαρά, αλλά η ιδιαίτερα σημαντική ιδιότητά τους είναι η αντοχή σε υψηλή θερμοκρασία (μέχρι 250°C) που επιτρέπει τη χρήση τους σε συσκευασία τροφίμων που πρόκειται να ψηθούν συσκευασμένα. Τα πολυαμίδια είναι ευαίσθητα στην υγρασία και διαπερατά από υδρατμούς γι' αυτό χρησιμοποιούνται κυρίως σε πολυστρωματικά υλικά με πολυαιθυλένιο.

### **Ιονομερή**

Είναι ιονικά πολυμερή. Το μόνο ιονομερές που παράγεται εμπορικά είναι το πολυμερές του αιθυλενίου που περιέχει και καρβοξυλομάδες και έχει το εμπορικό όνομα Surlyn A. Χρησιμοποιείται κυρίως με τη μορφή μεμβράνης.

### **Αναγεννημένη κυτταρίνη (σελοφάν)**

Η αναγεννημένη κυτταρίνη ανοίγει στα φυσικά πολυμερή. Είναι λεπτή διαφανής μεμβράνη, με μικρή διαπερατότητα σε αέρια, αλλά μεγάλη ευαισθησία και διαπερατότητα σε υδρατμούς, καθώς και αδυναμία θερμοσυγκόλλησης. Τα μειονεκτήματα αυτά μπορούν να υπερνικηθούν με διάφορες επικαλύψεις. Σελοφάν επικαλυμμένο με νιτροκυτταρίνη (MS) έχει μικρή διαπερατότητα σε υδρατμούς και επικαλυμμένο με PVdC (MXDT, MXXT) ακόμα μικρότερη, ενώ παράλληλα επιδέχονται θερμοσυγκόλληση. Άλλα επικαλυπτικά που χρησιμοποιούνται είναι το Saran και το LDPE. Μη επικαλυμμένες μεμβάνες χρησιμοποιούνται σε προϊόντα που είναι απαραίτητη η διέλευση υγρασίας για να αποφευχθεί η ανάπτυξη μυκήτων, ενώ επικαλυμμένες μεμβράνες για υγροσκοπικά προϊόντα.

### **Οξεική κυτταρίνη**

Παρουσιάζει εξαιρετική διαφάνεια και εμφάνιση και χρησιμοποιείται σε δύσκαμπτους περιέκτες ή σε εύκαμπτες συσκευασίες σαν απλή μεμβράνη ή σε πολυστρωματικά υλικά. Είναι ευαίσθητη στην υγρασία και δεν θερμοσυγκολλάται. Έχει μέση διαπερατότητα σε αέρια και υδρατμούς και γι' αυτό χρησιμοποιείται σε προϊόντα που αναπνέουν, όπως φρούτα.

### **3.5 ΟΡΘΗ ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ**

Εφόσον τα λαχανικά ποικίλου ως προς τα φυσικά τους χαρακτηριστικά(μέγεθος, σχήμα, σκληρότητα), το περιεχόμενο σε υγρασία και τον ρυθμό αναπνοής, ένα συγκεκριμένο είδος συσκευασία πρέπει να επιλεγεί για την ελαχιστοποίηση της φθοράς του συγκεκριμένου προϊόντος.

Προϊόντα στελεχών, όπως το σέλερι, το ραβέντιο, και τα σπαράγγια, φθείρονται εύκολα, λόγω της ταχείας απώλειας υγρασίας που εμφανίζουν. Συνήθως συσκευάζονται σε συσκευασίες υψηλού φραγμού υγρασίας, όπως σε LDPE, με αερισμό.

Τα λαχανικά ριζών, συνήθως εμφανίζουν μεγάλη διάρκεια ζωής. Τυπικά παραδείγματα τέτοιων λαχανικών είναι τα καρότα, τα ραπανάκια, τα κρεμμύδια και οι πατάτες. Αυτά συνήθως συσκευάζονται σε σακούλες LDPE, για την αποφυγή απώλειας σε υγρασία, κατά την διάρκεια της μακρόχρονης αποθήκευσης σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Στην περίπτωση των πατατών που είναι φωτοευαίσθητες, χρωματίζοντας την μεμβράνη σε πορτοκαλί χρώμα, αποφεύγεται το πρασίνισμα τους.

Τα πράσινα λαχανικά, όπως τα λαχανάκια Βρυξελλών, το λάχανο, το μαρούλι,, το ραδίκι, το μπρόκολο και το κουνουπίδι, τείνουν να χάνουν γρήγορα την υγρασία τους, έχοντας ως αποτέλεσμα τον μαρασμό. Επιπλέον, έχουν υψηλούς ρυθμούς αναπνοής και έτσι πρέπει να αποτρέπονται οι αναερόβιες συνθήκες μέσα στο συσκευασμένο προϊόν. Τα υλικά συσκευασίας που εμποδίζουν την απώλεια υγρασία και είναι επίσης εμπόδια στην διαφυγή οξυγόνου περιλαμβάνουν LDPE και PVC.

Τα προκομμένα λαχανικά και οι φρεσκοσυλλεγμένες σαλάτες έχουν μεγάλη επιφάνεια. Έτσι, χάνουν γρηγορότερα την υγρασία και αναπνέουν γρηγορότερα. Η επιλογή μεμβράνης συσκευασίας είναι πάλι LDPE ή LDPE/EVA, η οποία εξασφαλίζει την επιθυμητή διατηρησιμότητα αυτών των προϊόντων.

## **ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ**

### **3.6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Η συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας(modified atmosphere packaging, MAP) είναι μια τεχνική για την επέκταση της διατηρησιμότητας των φρέσκων, ή των ελάχιστα επεξεργασμένων τροφίμων. Σε αυτή την τεχνική συντήρησης, ο περιβάλλων αέρας του τροφίμου, μεταβάλλεται κατά την σύσταση του. Με αυτόν τον τρόπο, το αρχικό φρέσκο στάδιο του προϊόντος ενδεχομένως να επεκτείνεται. Η διατηρησιμότητα προϊόντων που φθείρονται όπως το κρέας, το ψάρι, τα φρούτα και τα λαχανικά επεκτείνεται με την τροποποιημένη ατμόσφαιρα, εφόσον επιβραδύνεται η φυσική υποβάθμιση του προϊόντος.

Η τεχνική της τροποποιημένης ατμόσφαιρας χρησιμοποιείται με πολλά είδη προϊόντων, όπου το μίγμα αερίων στην συσκευασία εξαρτάται από το είδος του προϊόντος, τα υλικά συσκευασίας, και την θερμοκρασία αποθήκευσης. Αλλά τα φρούτα και τα λαχανικά είναι προϊόντα που αναπνέουν όπου η αλληλεπίδραση μεταξύ του υλικού συσκευασίας με το προϊόν είναι σημαντική. Εάν η διαπερατότητα για την ανταλλαγή O<sub>2</sub> και CO<sub>2</sub> της μεμβράνης συσκευασίας προσαρμόζεται στην αναπνοή του προϊόντος, το ισοζύγιο της τροποποιημένης ατμόσφαιρας καθορίζεται και έτσι επεκτείνεται η διάρκεια ζωής του προϊόντος.

Στην φρέσκια παραγωγή, η συσκευασία ισορροπημένης τροποποιημένης ατμόσφαιρας, είναι από τις πιο συχνά χρησιμοποιούμενες τεχνικές συσκευασίας. Στην συσκευασία λαχανικών και φρούτων, η αέρια σύσταση της συσκευασίας δεν είναι η ατμοσφαιρική (O<sub>2</sub> 21%, CO<sub>2</sub> 0,01%, N<sub>2</sub> 78%), αλλά περιλαμβάνει συνήθως χαμηλότερα επίπεδα οξυγόνου και υψηλότερα επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα. Αυτού του είδους η συσκευασία επιβραδύνει την φυσιολογική αναπνοή του προϊόντος και έτσι επεκτείνει την διατηρησιμότητα του.

Υπάρχουν πολλοί παράγοντες που επηρεάζουν την συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας των φρέσκων προϊόντων. Η μετακίνηση οξυγόνου, διοξειδίου του άνθρακα και αιθυλενίου στους ιστούς του προϊόντος, πραγματοποιείται μέσω της διάχυσης των αέριων μορίων, υπό ένα διαφορικό συγκέντρωσης. Τα διαφορετικά προϊόντα έχουν διαφορετικές ποσότητες εσωτερικού αέριου χώρου (οι πατάτες 1-2%, οι ντομάτες 15-20%). Ένας περιορισμένος αέριος χώρος έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση σε αντοχή ως προς την αέρια διάχυση. Έχει μελετηθεί ο ρυθμός αναπνοής μανιταριών υπό συνθήκες αέρα με προφανή ενέργεια ενεργοποίησης στα 43 kJ/mol μεταξύ 10 και 20 °C (Vargoquaux, Gouble, Barron & Yilditz, 1999). Μία από τις πρωταρχικές επιδράσεις της συσκευασίας MAP είναι ένας χαμηλότερος ρυθμός αναπνοής, που μειώνει τον ρυθμό εξάντλησης υποστρώματος. Το αιθυλένιο είναι μια φυσική φυτική ορμόνη και παίζει σημαντικό ρόλο στην έναρξη της γήρανσης, και είναι ενεργή σε ανιχνευμένες ποσότητες των 0,1 ppm. Η παραγωγή αιθυλενίου μειώνεται στο μισό περίπου σε επίπεδα οξυγόνου 2,5%. Τα χαμηλά αυτά επίπεδα οξυγόνου καθυστερούν την γήρανση του προϊόντος, με την παρεμπόδιση τόσο της παραγωγής όσο και της δράσης του αιθυλενίου. Η συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας ενός είδους λαχάνου (kohlrabi) έδειξε επίσης βελτίωση της ποιότητας του λαχανικού (Escalona, Verlinden, Geysen & Nicolai, 2006).

Επίσης, οι μεταβολικές διεργασίες όπως οι ρυθμοί αναπνοής και γήρανσης, είναι ευαίσθητες στην θερμοκρασία. Οι βιολογικές αντιδράσεις γενικά αυξάνονται κατά 2 με 3 φορές για κάθε θερμοκρασιακή αύξηση κατά 10 °C. Έτσι, ο θερμοκρασιακός έλεγχος είναι ιδιαίτερα σημαντικός προκειμένου ένα σύστημα MAP να λειτουργήσει αποτελεσματικά. Η μεμβρανική διαπερατότητα επίσης αυξάνεται με την θερμοκρασιακή αύξηση, με την διαπερατότητα σε διοξείδιο του άνθρακα να ανταποκρίνεται περισσότερο σε σχέση με αυτή του οξυγόνου. Η χαμηλή σχετική υγρασία μπορεί να αυξάνει την καταπόνηση λόγω διαπνοής και να οδηγήσει

στην αποξήρανση, σε αυξημένη αναπνοή, και τελικά σε ένα μη εμπρικά αξιοποιήσιμο προϊόν. Ένα σημαντικό πρόβλημα που σχετίζεται με την υψηλή περιεχόμενη στην συσκευασία υγρασία, είναι η συμπύκνωση στην μεμβράνη, η οποία προκαλείται από τις θερμοκρασιακές διακυμάνσεις. Αναπτύχθηκε ένα μαθηματικό μοντέλο για τον υπολογισμό των αλλαγών στην ατμόσφαιρα και την υγρασία, για διάτρητες συσκευασίες φρέσκων προϊόντων (Lee, Kang, & Renault, 2000). Το μαθηματικό αυτό μοντέλο στηρίχθηκε στα ισοζύγια μάζας των υδρατμών, των ατμών οξυγόνου, διοξειδίου του άνθρακα και αζώτου στην συσκευασία. Επίσης, δοκιμάστηκε και σχεδιάστηκε μια διεργασία διατήρησης των επιθυμητών επιπέδων οξυγόνου και διοξειδίου του άνθρακα, σε συσκευασίες που εκτίθενται σε διαφορετικές περιβαλλοντικές θερμοκρασίες (Silva, Chau, Brecht & Sargent, 1999). Για τα περισσότερα προϊόντα, το φως δεν έχει σημαντική επίδραση για τον χειρισμό τους μετά την συγκομιδή. Ωστόσο, τα πράσινα λαχανικά, παρουσία επαρκούς ποσότητας φωτός, μπορούν να καταναλώσουν σημαντικές ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα και να παράγουν οξυγόνο μέσω της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης. Η δόνηση οδηγεί στην καταστροφή της παραγωγής κυττάρων, η οποία προκαλεί αύξηση της αναπνοής, και μπορεί να οδηγήσει στην απελευθέρωση ενζύμων που ενδεχομένως να κωδικοποιούν την έναρξη διαδικασιών μαυρίσματος.

### **3.6.2 ΑΕΡΙΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΣΤΗΝ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ**

Τα 3 κύρια αέρια που χρησιμοποιούνται στην συσκευασία MAP είναι το CO<sub>2</sub>, το O<sub>2</sub> και το N<sub>2</sub>. Η επιλογή αερίου εξαρτάται απόλυτα από το προϊόν τροφίμου που πρόκειται να συσκευαστεί. Είτε χρησιμοποιούνται μεμονωμένα, είτε σε συνδυασμό, τα 3 αυτά αέρια χρησιμοποιούνται συχνά για την εξισορρόπηση της ασφαλούς επέκτασης της διάρκειας ζωής και των βέλτιστων οργανοληπτικών ιδιοτήτων του τροφίμου. Τα ευγενή ή αδρανή αέρια όπως το αργό, βρίσκονται σε εμπορική χρήση για τρόφιμα όπως ο καφές και σε προϊόντα σνακ. Ωστόσο, η βιβλιογραφία για τις εφαρμογές και τα οφέλη τους είναι περιορισμένη. Έχει επίσης αναφερθεί η πειραματική χρήση του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) και του διοξειδίου του θείου (SO<sub>2</sub>).

#### **ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ**

Πρόκειται για άχρωμο αέριο, με μια ελαφρά οξεία οσμή, σε πολύ υψηλές συγκεντρώσεις. Προκαλεί ασφυξία και ελαφρώς διαβρωτικό, παρουσία υγρασίας. Διασπάται γρήγορα στο νερό για την παραγωγή ανθρακικού οξέος (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), που αυξάνει την οξύτητα του διαλύματος και μειώνει το pH. Αυτό έχει σημαντικές επιδράσεις στην συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας των τροφίμων. Η υψηλή διαλυτότητα του διοξειδίου του άνθρακα μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την κατάρρευση της συσκευασίας, εξαιτίας της μείωσης του υπερκείμενου όγκου.

### **ΟΞΥΓΟΝΟ**

Το οξυγόνο είναι ένα άχρωμο, άοσμο αέριο, το οποίο είναι ιδιαίτερα δραστικό και μπορεί να αναφλεγεί. Έχει μικρή διαλυτότητα στο νερό και παρέχει διαφόρων ειδών αντιδράσεων υποβάθμισης σε τρόφιμα, συμπεριλαμβανομένων της οξείδωσης των λιπαρών, αντιδράσεων μαυρίσματος, και οξείδωσης χρωστικών. Τα περισσότερα από τα αλλοιγόνα βακτήρια και μύκητες απαιτούν οξυγόνο για την ανάπτυξη τους. Έτσι, προκειμένου να αυξηθεί η διατηρησιμότητα των τροφίμων, η ατμόσφαιρα της συσκευασίας πρέπει να περιέχει μια χαμηλή συγκέντρωση υπολειμματικού οξυγόνου.

### **ΑΖΩΤΟ**

Είναι ένα σχετικά μη δραστικό αέριο, με καμία οσμή, γεύση ή χρώμα. Έχει μικρότερη πυκνότητα από τον αέρα, είναι μη αναφλέξιμο και έχει μικρή διαλυτότητα σε νερό και σε άλλα συστατικά τροφίμων. Το άζωτο δεν υποστηρίζει την ανάπτυξη αερόβιων μικροβίων και έτσι παρεμποδίζει την ανάπτυξη αερόβιας αλλοίωσης, όμως δεν αποφεύγεται η ανάπτυξη των αναερόβιων μικροοργανισμών. Η μικρή διαλυτότητα του αζώτου στα τρόφιμα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αποφυγή κατάρρευσης της συσκευασίας, με την πρόσθεση επαρκούς αζώτου στο μίγμα αερίων, για την εξισορρόπηση της μείωσης του όγκου, εξαιτίας της ποσότητας του διοξειδίου του άνθρακα που διαλυτοποιείται.

### **ΜΟΝΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ**

Είναι ένα άχρωμο, άγευστο και άοσμο αέριο, το οποίο είναι πολύ δραστικό και ιδιαίτερα αναφλέξιμο. Έχει μικρή διαλυτότητα στο νερό και σε ορισμένα οργανικά διαλύματα. Το μονοξείδιο του άνθρακα έχει χρησιμοποιηθεί στην συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας στην περίπτωση του κρέατος, και έχει εγκριθεί για χρήση στην Αμερική, για την αποφυγή του μαυρίσματος του συσκευασμένου μαρουλιού. Η εμπορική του εφαρμογή είναι περιορισμένη, εξαιτίας της τοξικότητας του και του σχηματισμού πιθανών εκρηκτικών μιγμάτων σε επαφή με τον αέρα.

### **ΕΥΓΕΝΗ ΑΕΡΙΑ**

Τα ευγενή αέρια είναι μια ομάδα στοιχείων που χαρακτηρίζονται από την έλλειψη δραστικότητας και περιλαμβάνουν το ήλιον(He), το αργό(Arg), το ξένο(Xe) και το νέον(Ne). Αυτά τα αέρια χρησιμοποιούνται σε πληθώρα εφαρμογών σε τρόφιμα, όπως για παράδειγμα σε προϊόντα σνακ βασισμένα στην πατάτα. Ενώ από επιστημονικής απόψεως είναι δύσκολη η αντίληψη του πώς τα ευγενή αέρια προσφέρουν οποιαδήποτε πλεονεκτήματα συντήρησης σε σχέση με το άζωτο, παρόλ' αυτά χρησιμοποιούνται.

## **3.6.3 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ**

### **ΛΑΧΑΝΙΚΑ**

Ένας σημαντικός παράγοντας σχετικά με τα λαχανικά είναι ότι είναι ακόμα ζωντανές δομές και

συνεχίζουν να αναπνέουν, εφόσον υπάχρουν διαθέσιμα θρεπτικά και αέρια. Η αναπνοή και η διαπνοή συνεχίζονται και μετά την συγκομιδή και εφόσον η παραγωγή αποκόπτεται από την πηγή νερού της, των φωτοσυνθετικών και μεταλλικών ουσιών, οι διαδικασίες αυτές εξαρτώνται αποκλειστικά από τα θρεπτικά αποθέματα και το περιεχόμενο σε υγρασία του προϊόντος. Η απώλεια νερού είναι απώλεια εμπορεύσιμου νερού και έτσι μια άμεση απώλεια για τον επεξεργαστή. Μια απώλεια βάρους περίπου 5%, θα έχει σαν αποτέλεσμα την εμφάνιση πολλών λαχανικών γηρασμένων και υπό θερμές, ξηρές συνθήκες, χωρίς την κατάλληλη συσκευασία, αυτό μπορεί να συμβεί μέσα σε ελάχιστες ώρες. Η σχετική υγρασία μιας συσκευασίας επηρεάζεται από τον ρυθμό στον οποίο το προϊόν χάνει υδρατμούς, και από τον ρυθμό μετάδοσης υδρατμών της μεμβράνης συσκευασίας. Οι μεμβράνες συσκευασίας, μπορούν να προσφέρουν σημαντική αύξηση της διατηρησιμότητας, μειώνοντας την απώλεια της αποθηκευμένης στο λαχανικό ενέργειας, μέσω της μείωσης του ρυθμού αναπνοής. Αυτό επιτυγχάνεται με τον σχεδιασμό συσκευασιών που αποδίδουν βέλτιστες συγκεντρώσεις οξυγόνου και διοξειδίου του άνθρακα, όπως επίσης και με τον χειρισμό του ρυθμού μετάδοσης υδρατμών της μεμβράνης. Έχει ήδη αναφερθεί μελέτη που βασίζεται στην συσκευασία λαχανικών χρησιμοποιώντας μεμβράνες, υψηλά διαπερατές στους υδρατμούς.(Aharoni et al., 2007)

Επίσης, ενδιαφέρουσες εφαρμογές περιλαμβάνουν ανθύλλια μπρόκολου, κουνουπιδιού, καρότα, καρότα baby, και ξεφλουδισμένο σκόρδο (Lee et al., 2000). Έχει μελετηθεί επίσης, η επίδραση της αναδιπλούμενης μεμβράνης στην ποιότητα δειγμάτων κουνουπιδιού και μπρόκολου(Artes & Martinez, 2000). Το LDPE βρέθηκε ότι ήταν καλή εναλλακτική ως προς το PVC, για την δίπλωση των λαχανικών αυτών. Οι κεφαλές μπροκόλου συσκευάστηκαν επίσης χρησιμοποιώντας 3 είδη PP μεμβρανών: μακροδιάτρητων, μικροδιάτρητων και μη διάτρητων και αποθηκεύτηκαν σε 1°C για 28 μέρες, για την μελέτη της επίδρασης της συσκευασίας MAP στην διατήρηση της ποιότητας και των λειτουργικών ιδιοτήτων, σε σύγκριση με μη διπλωμένες με μεμβράνη κεφαλές μπροκόλου.(Serrano et al., 2006). Επίσης, σε πρόσφατη έρευνα, μελετήθηκε η επίδραση των χειρισμών μετά την συγκομιδή στην ποιότητα και στο γλυκοζιδικό περιεχόμενο σε κεφαλές μπρόκολου(Jones et al., 2006). Η έρευνα αυτή αναφέρεται στις επιδράσεις της θερμοκρασίας, της σχετικής υγρασίας, της αποθήκευσης υπό συνθήκες ελεγχόμενης(CA)και τροποποιημένης ατμόσφαιρας(MAP) και της επεξεργασίας του γλυκοζιδικού περιεχομένου σε κεφαλές μπρόκολου. Οι πιο σημαντικές συνθήκες μεά την συγκομιδή, που είναι απαραίτητες για την διατήρηση της ποιότητας του μπρόκολου είναι οι χαμηλές θερμοκρασίες(<4°C) και η υψηλή σχετική υγρασία. Έχουν επίσης μελετηθεί οι ποιοτικές αλλαγές σε δείγματα μπρόκολου υπό συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας σε διάτρητη πολυμερική μεμβράνη(Rai et al., 2008). Βρέθηκε ότι οι διάτρητες PP μεμβράνες συσκευασίας και έχοντας διαθέσιμη συνολική επιφάνεια μεμβράνης 0,1 m<sup>2</sup>, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αποθήκευση μπρόκολου για 4 μέρες, υπό συνθήκες τροποποιημένης



ατμόσφαιρας, με την διατήρηση του περιεχομένου σε χλωροφύλλη και του ασκορβικού οξέος. Εκτός αυτού, έχει μελετηθεί η συγκριτική εκτίμηση της επίδρασης της διακύμανσης της θερμοκρασίας αποθήκευσης σε συσκευασίες τροποποιημένης ατμόσφαιρας σε επιλεγμένα λαχανικά, όπως σε μανιτάρια, μπρόκολο, και ώριμες πράσινες ντομάτες (Tano et al., 2007). Η ποιότητα των προϊόντων που αποθηκεύονται υπό σύστημα διακυμαινόμενης θερμοκρασίας, επηρεάστηκε ιδιαίτερα από το εκτεταμένο μαύρισμα, την απώλεια σταθερότητας του λαχανικού, την αύξηση της απώλειας βάρους, το επίπεδο της αιθανόλης στον φυτικό ιστό, και την μόλυνση εξαιτίας της φυσικής καταπόνησης, σε σύγκριση με προϊόντα που αποθηκεύονται σε σταθερή θερμοκρασία. Είναι ξεκάθαρο ότι η διακύμανση της θερμοκρασίας, ακόμα και εάν πραγματοποιείται μία μόνο φορά, μπορεί να περιορίσει σημαντικά τα οφέλη της συσκευασίας τροποποιημένης ατμόσφαιρας και της ασφάλειας του συσκευασμένου προϊόντος.

Έρευνα έχει πραγματοποιηθεί και για την επίδραση του υπερατμοσφαιρικού οξυγόνου και της τροποποιημένης ατμόσφαιρας στον φυτικό μεταβολισμό, την οργανοληπτική ποιότητα και την μικροβιακή ανάπτυξη σε δείγματα ελάχιστα επεξεργασμένου σπανακιού (Allende et al., 2004). Ο ρυθμός της μετάδοσης οξυγόνου της μεμβράνης συσκευασίας και τα αρχικά επίπεδα του υπερατμοσφαιρικού οξυγόνου στις συσκευασίες, επηρεάζουν σημαντικά τις μεταβολές της ατμόσφαιρας μέσα στην συσκευασία κατά την διάρκεια της αποθήκευσης και συνεπώς την ποιότητα των φύλλων του σπανακιού. Ο μικροβιακός πολλαπλασιασμός και η οργανοληπτική ποιότητα σε δείγματα τεμαχισμένων σε φέτες κρεμμυδιού, εξετάστηκαν σε διαφορετικές θερμοκρασίες (2, 4, και 10°C) και ατμοσφαιρικές συνθήκες (με ή χωρίς 40% CO<sub>2</sub>+59%N<sub>2</sub>+1%O<sub>2</sub>) από τους Liu και Li (2006). Οι μικροβιακές διατηρησιμότητες των δειγμάτων σε 40% CO<sub>2</sub>+59%N<sub>2</sub>+1%O<sub>2</sub> ή στους 2, 4, και 10°C ήταν 12,5, 9,5, 7, 12, 9 και 6 μέρες αντίστοιχα και η οργανοληπτική τους διατηρησιμότητα ήταν 12, 8, 5, 10,5, 7 και 5 μέρες αντίστοιχα.

#### **ΠΡΟΠΑΡΑΣΚΕΥΑΣΜΕΝΕΣ ΣΑΛΑΤΕΣ**

Η απαίτηση των καταναλωτών για την φρεσκότητα και ευχρηστία έχει οδηγήσει στην εξέλιξη και την αυξημένη παραγωγή διαφόρων ειδών ελάχιστα επεξεργασμένων σαλατών. Τα μίγματα προπαρασκευασμένων σαλατών υποβαθμίζονται ταχέως σε ποιότητα και έχουν περιορισμένες διάρκειες ζωής. Οι προπαρασκευασμένες σαλάτες έχουν την δυσκολία ότι αποτελούνται από διάφορα διαφορετικά συστατικά, όλα με ποικίλες απαιτήσεις και ρυθμούς αναπνοής. Οι απαιτήσεις κλειδιά στην ελάχιστη επεξεργασία των σαλατών είναι οι πρώτες ύλες καλής ποιότητας, οι αυστηρές συνθήκες υγιεινής και οι ορθές πρακτικές επεξεργασίας (HACCP), οι χαμηλές θερμοκρασίες κατά την επεξεργασία, ο προσεκτικός καθαρισμός και η πλύση πριν και μετά το ξεφλούδισμα, το νερό επεξεργασίας καλών ποιοτικών παραμέτρων, η χρήση ήπιων πρόσθετων στο νερό πλύσης για την απολύμανση και την παρεμπόδιση του μαυρίσματος, τα κατάλληλα υλικά συσκευασίας, η κατάλληλη θερμοκρασία και υγρασία κατά την διάρκεια της διανομής.

Επιτυχημένες εφαρμογές, αφορούν σαλάτες με μπρόκολο και λάχανο, σαλάτες coleslaw, και μίγμα φυλλωδών σαλατών. Έχει σχεδιαστεί συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας για μίγμα λαχανικών σε σαλάτα, αποτελούμενο από 75 g κομμένου καρότου, 55 g κομμένου αγγουριού, 20 g τεμαχισμένου σε φέτες σκόρδου και 50 g ολόκληρης κομμένης πιπεριάς.(K. S. Lee, Park&Lee, 1996). Τα δεδομένα των ρυθμών αναπνοής όλων των συστατικών συνδυάστηκαν με τα δεδομένα διαπερατότητας των μεμβρανών, προκειμένου να προβλέπονται οι ατμόσφαιρες των συσκευασιών και ο σχεδιασμός βέλτιστων συσκευασιών για την πειραματική εξέταση της βελτιωμένης διατηρησιμότητας της παραγωγής. Η συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας με σύσταση 2,0-2,1% O<sub>2</sub> και 5,5-5,7% CO<sub>2</sub> αποδείχτηκε ωφέλιμη για όλα τα παραπάνω συστατικά και προσέφερε καλύτερη διατήρηση ποιότητας.

### **3.7 ΝΕΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΜΕΓΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ**

#### **3.7.1 Βελτίωση της διατηρησιμότητας των λαχανικών μέσω γενετικής τροποποίησης**

Η διατηρησιμότητα των ανεπεξέργαστων ή επεξεργασμένων τροφίμων είναι ένα μέτρο του χρονικού διαστήματος που τα προϊόντα αυτά διατηρούν την βέλτιστη ποιότητα τους, κατά την διάρκεια της μεταφοράς, της αποθήκευσης τους, και της διανομής τους, σε μειωμένες θερμοκρασίες ή θερμοκρασίες περιβάλλοντος. Η γρήγορη υποβάθμιση των προϊόντων αυτών κατά την διάρκεια των χρόνων αυτών είναι ένα πρόβλημα που υπάρχει και απασχολεί τόσο τους παραγωγούς όσο και τους διανομείς των προϊόντων τροφίμων, ειδικά των φρέσκων προϊόντων, γιατί έχει ως αποτέλεσμα την απόρριψη τους, ως προϊόντα που γρήγορα δεν μπορούν να πωληθούν. Συνεπώς, οποιαδήποτε επέκταση της διάρκειας ζωής και βελτιώσεων της ποιότητας αλλά και της διάρκειας της ποιότητας των φρέσκων λαχανικών, αποτελεί σημαντικό όφελος, τόσο για τους παραγωγούς, όσο και για τους καταναλωτές. Οι τεχνολογίες γενετικής χειραγώγησης, μπορούν να χρησιμεύσουν στην κατανόηση αλλά και στην χειραγώγηση της γήρανσης των λαχανικών τόσο πριν την συγκομιδή, όσο και μετά.

Οι προσεγγίσεις για την επέκταση της διατηρησιμότητας των λαχανικών, έχουν επικεντρωθεί στον χειρισμό ορισμένων κανονιστικών μονοπατιών-κλειδιών, όπως αυτό της βιοσύνθεσης της κυτοκινίνης. Οι κυτοκινίνες θεωρούνται ότι καθυστερούν τον μααρασμό, με την διατήρηση της κυτταρικής ακεραιότητας, κυρίως της τονοπλαστικής μεμβράνης. Αυτό αποτρέπει την εκροή των πρωτεασών από τα χυμοτόπια στο κυτταρόπλασμα και την υδρόλυση τόσο των διαλυτοποιημένων πρωτεϊνών όσο και των πρωτεϊνών του χλωροπλάστη και των μιτοχονδριακών μεμβρανών. Οι κυτοκινίνες δρουν επίσης παρεμποδίζοντας την οξειδωση των ελεύθερων ριζών των μεμβρανικών λιπιδίων. Τρεις κύριες προσεγγίσεις έχουν χρησιμοποιηθεί για την μελέτη της επίδρασης των κυτοκινίνων στην γήρανση του φυτού, οι οποίες περιλαμβάνουν την εξωγενή εφαρμογή διαλυμάτων κυτοκινίνης, τις μετρήσεις της ενδογενούς κυτοκινίνης κατά την διάρκεια του μααρασμού και των γονιδίων που κωδικοποιούνται από την βιοσύνθεση της κυτοκινίνης. Έρευνες αποδεικνύουν ότι οι συγκεντρώσεις της ενδογενούς

κυτοκινίνης στους φυτικούς ιστούς, μειώνεται καθώς εξελίσσεται η γήρανση του λαχανικού.

Η εξωγενής εφαρμογή της κυτοκινίνης μπορεί να καθυστερήσει την γήρανση των αποκομμένων φύλλων, παρόλο που αυτοί οι ρυθμιστές ανάπτυξης είναι συχνά λιγότερο αποτελεσματικοί σε όργανα που είναι προσδεμένα στο μητρικό φυτό. Από την άποψη αυτή, η εξωτερική εφαρμογή των κυτοκινίνων, όπως της διυδροζεατίνης και της βενζυλαδενίνης, είναι ιδιαίτερα εμπορικά εκμεταλλεύσιμη για την επέκταση της διατηρησιμότητας των φρέσκων συλλεγμένων λαχανικών.

Ωστόσο, είναι κατανοητό ότι εάν είναι επιθυμητός ένας σφιχτός έλεγχος της γήρανσης, χωρίς σχετιζόμενες καταστροφικές επιπτώσεις στην ανάπτυξη και καλλιέργεια, χρειάζεται να πραγματοποιηθεί ο χειρισμός των στοιχείων που απαντώνται στο μονοπάτι της βιοσύνθεσης των κυτοκινίνων και άλλων παραγόντων ελέγχου.(Mc Cabe et al., 2001). Πράγματι, προκειμένου να παραχθούν προϊόντα λειτουργικών «πράσινων» φύλλων, απαιτείται η τροποποίηση πολλών κανονιστικών μονοπατιών. Παρομοίως, έχει προταθεί ότι μελέτες για τις διαφορές στην έκφραση των πιθανών υποψήφιων γονιδίων σε τροποποιημένα ή μη διαγονιδιακά φυτά μαρουλιού, ή σε άλλα είδη, μπορούν στην πραγματικότητα να αποκαλύψουν εναλλακτικά μονοπάτια για την γενετική τροποποίηση προκειμένου να επιτευχθούν περισσότερο αποτελεσματικές στρατηγικές για την καθυστέρηση της γήρανσης. Μέχρι στιγμής, υπάρχουν ελάχιστα στοιχεία προσπαθειών καθυστέρησης της γήρανσης που να έχουν εφαρμοστεί σε ρίζες καλλιεργειών, με την εξαίρεση την παραγωγή πατατών τροποποιημένων με το γονίδιο ipt( Machakova et al., 1997).

Η γρήγορη ανάπτυξη της γενομικής και της εφαρμογής τεχνολογίας μικροσυτοιχιών διευκολύνουν την εξέλιξη και την βελτίωση των νέων προσεγγίσεων για τον χειρισμό και την επέκταση της διατηρησιμότητας. Έτσι, με την παρακολούθηση διαφορετικών γονιδιακών εκφράσεων κατά την διάρκεια της γήρανσης των λαχανικών, μπορούν να προσδιοριστούν νέοι στόχοι στον τομέας της επέκτασης της διάρκειας ζωής μέσω γενετικής χειραγώγησης.

### **3.7.2 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΛΑΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕ ΥΨΗΛΗ ΠΙΕΣΗ**

Οι περισσότερες δημοσιευμένες έρευνες τονίζουν ότι η επεξεργασία με υψηλή πίεση είναι μια σημαντική μη θερμική εναλλακτική στην επεξεργασία των τροφίμων και στην διατήρησή τους, που επιτρέπει καλύτερη συντήρηση ποικίλων παραμέτρων όπως το χρώμα, η γεύση και η διατροφική αξία. Ωστόσο, παραμένουν περιορισμένα τα ποσοτικά συστηματικά δεδομένα για την αποτελεσματικότητα και την ασφάλεια αυτής της μεθόδου. Ωστόσο, η χρήση των συστηματικών κινητικών μελετών έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη μοντέλων απενεργοποίησης για ορισμένα ένζυμα που αλλοιώνουν τα τρόφιμα και για ορισμένους μικροοργανισμούς(Sonoike et al., 1992, Hashizume et al., 1995, Ludikhyuze et al., 1998b,

Weemaes, 1998, Van Loey et al., 1998, Indrawati, 2000, Reyns et al., 2000, Van den Broeck, 2000). Σε αντίθεση με τα περισσότερα ένζυμα, οι άφυλοι οργανισμοί ακολουθούν ένα παρόμοιο μοτίβο, υποδηλώνοντας ότι τα ένζυμα είναι γενικά περισσότερο ανθεκτικά από τους οργανισμούς αυτούς σε επεξεργασίες υψηλής πίεσης. Το μοντέλο αυτό υποδεικνύει ότι τα ένζυμα που σχετίζονται με την ποιότητα των τροφίμων, μπορεί να είναι περισσότερο κρίσιμα για τον καθορισμό των βέλτιστων επεξεργασιών με υψηλή πίεση(HP). Επίσης, σε όλους τους συνδυασμούς πίεσης-θερμοκρασίας που έχουν ως αποτέλεσμα την επαρκή απενεργοποίηση των αλλοιογόνων για τα τρόφιμα ενζύμων και μικροοργανισμών, το συνολικό περιεχόμενο σε χλωροφύλλη επηρεάζεται ελάχιστα από την πίεση.

Αυτού του είδους η συστηματική κινητική προσέγγιση παρέχει μια οδό για μελλοντική έρευνα και αναζήτηση. Πράγματι, αυτού του είδους η κινητική πληροφορία για την μικροβιακή και την ενζυμική απενεργοποίηση, μαζί με περισσότερα ποσοτικά δεδομένα για την επίδραση της πίεσης στην οργανοληπτική και διατροφική ποιότητα, είναι απαραίτητη για την κανονιστική έγκριση(από τον Οργανισμό Τροφίμων και Φαρμάκων(FDA)στην Αμερική και τους κανονισμούς Καινοτόμου Τροφίμου της Ευρωπαϊκής Ένωσης). Το ζήτημα των τοξικών ή αλλεργικών ενώσεων σε επεξεργασμένα υπό πίεση τρόφιμα και προϊόντα τροφίμων χρήζει επίσης περαιτέρω έρευνας. Η ανάπτυξη στους συγκεκριμένους τομείς στο μέλλον, θα διευκόλυε την μεγαλύτερης κλίμακας βιομηχανική εξέλιξη της νέας αυτής τεχνολογίας.

### **3.7.3 Η ΧΡΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΕΝΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΛΑΧΑΝΙΚΩΝ**

Ακολούθως παρατίθενται 3 ιδέες ως εφαρμογές ιδιαίτερου ενδιαφέροντος ή ως νέα ερευνητικά πεδία:

- Η έγχυση υπό κενό των διαλυμένων ουσιών πριν ή κατά την διάρκεια της ωσμωτικής αφυδάτωσης, είναι ιδιαίτερα μελετημένα, αλλά ωστόσο δεν έχει προταθεί καμία άμεση προσέγγιση για την χρήση τεχνολογίας κενού πριν από άλλες ξηραντικές διεργασίες, όπως η ξήρανση μέσω συναγωγής, η ξήρανση υπό κενό και η ξήρανση υπό ψύξη. Αυτό θα μπορούσε να βελτιώσει την ποιότητα των ξηραμένων προϊόντων, μέσω τροποποιήσεων στην χημική τους σύνθεση και τις θερμοφυσικές ιδιότητες τους, ενώ μεταβάλλει την κινητική ξήρανσης.
- Η έγχυση υπό κενό ενζύμων στην δομή των λαχανικών και φρούτων, έχει αναφερθεί σε συνδυασμό με τον σχεδιασμό ενζυμικών τροποποιημένων τροφίμων, αλλά δεν έχει ακόμα αξιοποιηθεί πλήρως. Η ενζυματική τροποποίηση των εσωτερικών χαρακτηριστικών των άθικτων λαχανικών μέσω έγχυσης υπό κενό, οδηγεί σε μια ενδιαφέρουσα διεργασία μεταφοράς/αντίδρασης στην μηχανική τροφίμων. Οι εφαρμογές της έγχυσης ενζύμων υπό κενό εμφανίζονται να είναι πολυάριθμες, εξαρτώμενες από την συγκεκριμένη δραστηριότητα και λειτουργία του ενζύμου:

σχετική με το ξεφλούδισμα, την σταθερότητα ή το μαλάκωμα, την παραγωγή πτητικών αρωμάτων από γλυκοζιδικές πρόδρομες ουσίες, την απομάκρυνση δυσάρεστων οσμών, την υποβάθμιση των μη εύπεπτων ή τοξικών ενώσεων . Ορισμένες εφαρμογές, κυρίως αυτές που περιλαμβάνουν δομική τροποποίηση, έχουν μελετηθεί με επιτυχία και έχουν αναπτυχθεί εμπορικά.

- Μπορεί να ληφθεί υπόψη και ο πιθανός εμπλουτισμός κομματιών λαχανικών με θρεπτικές ενώσεις ή άλλες διαλυμένες ουσίες. Η χρήση της τεχνολογίας κενού σε ανεπεξέργαστα υλικά, είναι ιδιαίτερα σημαντική για την επέκταση της διατηρησιμότητας και την βελτίωση της εμφάνισης του ωμού προϊόντος, όπως προαναφέρθηκε. Με συμπληρωματικούς στόχους, αυτή η επεξεργασία μπορεί να βοηθήσει στην ανάπτυξη νέων φρέσκων προϊόντων(φρεσκοσυλλεγμένες σαλάτες, έτοιμα για κατανάλωση συστατικά για γλυκά, μέσω της ενσωμάτωσης φυσιολογικά ενεργών ενώσεων, καταστολέων της ενεργότητας νερού και του pH, και αντιμικροβιακών ενώσεων. Η ομάδα του Fito, πρότεινε την δημιουργία λειτουργικών κομματιών λαχανικών, με διαφορετικά ασβεστούχα, σιδηρούχα άλατα και άλατα ψευδαργύρου, τα οποία μπορούν να αντιπροσωπεύουν ένα ποσοστό της καθημερινής συνιστώμενης κατανάλωσης των μεταλλικών αυτών στοιχείων για την ανθρώπινη διατροφή.

Η τεχνολογία υπό κενό είναι ένα πολλά υποσχόμενο εργαλείο για πολλά εμπορικά επεξεργασμένα λαχανικά. Ωστόσο, δεν υπάρχει συγκεκριμένη νομοθεσία για τα καινοτόμα αυτά προϊόντα και το κανονιστικό επίπεδο τους πρέπει να καθοριστεί.

### **3.8 ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ**

Χρειάζεται να εκτιμηθεί η χρήση συστημάτων “έξυπνης συσκευασίας”, για τις απαιτούμενες ερευνητικές ανάγκες. Ο συνδυασμός καινοτόμων μεθόδων της επεξεργασίας των τροφίμων και των αναγκών συσκευασίας χρειάζεται να εξεταστεί, για παράδειγμα η χρήση ακτινοβολίας, σε συνδυασμό με την συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας και αντιμικροβιακών μεμβρανών που χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με την τροποποιημένη ατμόσφαιρα.

Υπάρχει επίσης ανάγκη να εκτιμηθεί η αντιμικροβιακή δράση του υπερατμοσφαιρικού οξυγόνου στην ασφάλεια της φρέσκιας παραγωγής. Όπως επίσης, χρειάζεται να εκτιμηθεί η επίδραση της θερμοκρασίας αποθήκευσης και της ατμόσφαιρας στην διατηρησιμότητα μετά τον τεμαχισμό, των φρεσκοσυλλεγμένων λαχανικών. Παρόλο που έχει ξεκινήσει να πραγματοποιείται σχετικό επιστημονικό έργο, χρειάζεται να γίνουν ακόμα περισσότερα στην επίδραση των παραμέτρων αυτών όσον αφορά τις διαφορετικές ποικιλίες που χρησιμοποιούνται.

Επιπλέον, είναι αναγκαίο να διερευνηθεί η επιβίωση των εντερικών παθογόνων μικροοργανισμών και η συμπεριφορά των τροφιμογενών ιών και πρωτόζωων παράσιτων στα προϊόντα που συσκευάζονται σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα. Οι εδώδιμες μεμβράνες για χρήση σε συστήματα τροποποιημένης ατμόσφαιρας είναι ένα ερευνητικό πεδίο επιστημονικής έρευνας. Ωστόσο, όπως και με άλλα συστήματα MAP, μπορούν να δημιουργήσουν ένα περιβάλλον πολύ χαμηλού επιπέδου οξυγόνου και έτσι χρειάζεται να εξεταστεί η πιθανή χρήση αντιμικροβιακών ενώσεων οι οποίες μπορούν να ενσωματώνονται στην επίστρωση των μεμβρανών.

### 3.9 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η μεγαλύτερη επέκταση της διατηρησιμότητας, πραγματοποιείται στην χαμηλότερη δυνατή συγκέντρωση οξυγόνου, προτού ξεκινήσει η αναερόβια αναπνοή. Το συνιστώμενο ποσοστό του οξυγόνου σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα για λαχανικά, για την διατήρηση της ασφάλειας αλλά και της ποιότητας, κυμαίνεται μεταξύ 1 και 5%, παρόλο που το επίπεδο οξυγόνου ρεαλιστικά αγγίζει επίπεδα μικρότερα του 1% σε συστήματα MAP. Γενικά, θεωρείται ότι με την χρήση διαπερατών μεμβρανών, η αλλοίωση πραγματοποιείται πριν την παραγωγή τοξίνης και αυτό αποτελεί σύνθετο ζήτημα. Η συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας ωστόσο για τα προϊόντα, πρέπει πάντα να ενσωματώνει υλικά συσκευασίας που δεν οδηγούν σε ένα ανοξικό περιβάλλον συσκευασίας, όταν το προϊόν αποθηκεύεται στην προβλεπόμενη θερμοκρασία. Ο επιτυχημένος έλεγχος τόσο της αναπνοής του προϊόντος, όσο και της παραγωγής αιθυλενίου, μπορεί να οδηγήσει σε ένα προϊόν λαχανικού υψηλής οργανοληπτικής ποιότητας. Ωστόσο, ο έλεγχος των διαδικασιών αυτών εξαρτάται από τον θερμοκρασιακό έλεγχο. Μαζί με τον συνεχή χειρισμό των τροφίμων, που περιλαμβάνει την επεξεργασία, την αποθήκευση, την μεταφορά και την διανομή, χρειάζεται να διατηρούνται οι βέλτιστες θερμοκρασίες. Η διατήρηση των κατάλληλων θερμοκρασιών αποθήκευσης είναι συχνά δυσκολότερο σε επίπεδο διανομής.

Το οξυγόνο, το διοξείδιο του άνθρακα και το άζωτο είναι τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα αέρια σε συστήματα τροποποιημένης και ελεγχόμενης ατμόσφαιρας. Ανάμεσα τους, το διοξείδιο του άνθρακα, είναι το μόνο με ξεκάθαρη αντιμικροβιακή επίδραση, έχοντας ως αποτέλεσμα μια αυξημένη στατική φάση και χρόνο παραγωγής κατά την διάρκεια της εκθετικής φάσης ανάπτυξης. Παρόλο που άλλα αέρια όπως νιτρικά και νιτρώδη οξέα, το διοξείδιο του θείου, το αιθυλένιο, το χλώριο, όπως επίσης και το όζον έχουν χρησιμοποιηθεί, δεν έχουν εφαρμοστεί εμπορικά για λόγους ασφάλειας, κανονισμών και οικονομικούς λόγους.



## 4<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ

### ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

#### 4.1 ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΗ ΜΙΚΡΟΧΛΩΡΙΔΑ ΤΩΝ ΛΑΧΑΝΙΚΩΝ

Είναι κατανοητό ότι σχεδόν οποιοσδήποτε μικροοργανισμός μπορεί να βρεθεί σε ένα δεδομένο λαχανικό σε συγκεκριμένες συνθήκες. Ωστόσο, επεξεργασίες όπως ο τεμαχισμός, η πλύση ή το ξεφλούδισμα μπορούν να επηρεάσουν τον κυρίαρχο οργανισμό στα ελάχιστα επεξεργασμένα λαχανικά. Συχνά, ένα βακτήριο ή ένας μύκητας είναι ένα αβλαβές μόριο στο προϊόν παραγωγής. Ακόμα και τα μικρόβια εκείνα που σχετίζονται συχνά με ένα συγκεκριμένο προϊόν μπορούν να σχετίζονται με την αλλοίωση του αλλά μπορούν και να μην σχετίζονται άμεσα. Έτσι, η επικρατέστερη μικροχλωρίδα που σχετίζεται με τα λαχανικά συχνά δεν αφορά την ποιότητα του προϊόντος.

Τα φρέσκα λαχανικά συνήθως χαρακτηρίζονται από υψηλή ενεργότητα νερού και θρεπτικά συστατικά και από ουδέτερο pH. Αυτά τα χαρακτηριστικά τα καθιστούν ικανά να υποστηρίξουν την ανάπτυξη σχεδόν οποιουδήποτε μικροοργανισμού. Σε γενικές γραμμές τα ελαχίστως επεξεργασμένα λαχανικά μολύνονται εξίσου σχεδόν από βακτήρια και μύκητες, ωστόσο κυρίως τα gram αρνητικά βακτήρια είναι εκείνα που απομονώνονται συχνότερα από τα φρέσκα λαχανικά σε συστηματική βάση. Τα συγκεκριμένα είδη βακτηρίων που απομονώνονται συχνότερα από τα φρέσκα λαχανικά περιλαμβάνουν τα βακτήρια *Pseudomonas*, *Erwinia*, και *Enterobacter*. Ωστόσο, και τα gram θετικά βακτήρια, όπως το γένος *Bacillus*, απαντάται επίσης συχνά.

Οι βακτηριακοί πληθυσμοί που αλλιώς ονομάζονται μικροβιακό φορτίο, οι οποίοι βρίσκονται στα λαχανικά, ποικίλουν επίσης αρκετά. Δεν είναι ασυνήθιστος ο υπολογισμός δεκάδων, εκατοντάδων ή και χιλιάδων βακτηριακών κυττάρων ανά γραμμάριο φρέσκου λαχανικού. Ορισμένα λαχανικά, όπως τα φυλλώδη λαχανικά, μπορούν να περιέχουν ακόμα και εκατομμύρια βακτηριακά κύτταρα ανά γραμμάριο λαχανικού. Αυτά τα προϊόντα συχνά επιμολύνονται ιδιαίτερα από την άμμο και από το έδαφος, εφόσον εμπεριέχονται πάρα πολλοί μικροοργανισμοί. Ωστόσο, τα καρότα και οι πατάτες περιέχουν ορισμένους από τους μικρότερους μικροοργανισμούς, παρόλο που αποτελούν προϊόν καλλιέργειας που έρχεται σε άμεση επαφή με το έδαφος. Επίσης, χρειάζεται να ληφθεί υπόψη ότι οι αριθμοί των βακτηριακών κυττάρων που υπολογίζονται σε δεδομένη στιγμή, επηρεάζονται από εξωτερικούς παράγοντες. Για παράδειγμα, οι περιβαλλοντικές συνθήκες πριν ή κατά την διάρκεια της συγκομιδής επηρεάζουν συχνά τους πληθυσμούς. Έτσι, ο πληθυσμός των μικροοργανισμών για ένα δεδομένο λαχανικό μπορεί να μεταβάλλεται από μέρα σε μέρα. Επιπρόσθετα, συνήθως στους βακτηριακούς πληθυσμούς συνήθως δεν υπολογίζονται οι πληθυσμοί σημαντικών αναερόβιων βακτηρίων και έτσι οι βακτηριακοί πληθυσμοί των

λαχανικών μπορούν να παρέχουν μια εκτίμηση μόνο του μικροβιακού φορτίου, χωρίς την ένδειξη εάν ο πληθυσμός έχει ευεργετική ή καταστροφική επίδραση.

Όπως τα βακτήρια, πολλά διαφορετικά είδη μυκήτων μπορούν να απομονωθούν από τα λαχανικά. Διάφορα είδη μη ζυμωμένων μυκήτων, κυρίως τα *Cryptococcus* και *Rhodotorula* εμφανίζονται κυρίως στα φρέσκα λαχανικά, όπως στο λάχανο, στο καλαμπόκι, στις πιπεριές και τις ντομάτες. Επιπλέον, ζυμωμένοι μύκητες όπως οι *Candida* και *Kloeckera* έχουν απομονωθεί επίσης από το λάχανο και τις πιπεριές. Οι πληθυσμοί των μυκήτων μπορούν να κυμαίνονται μεταξύ  $<10^3$  και  $>10^6$  κύτταρα/g ιστού. Για παράδειγμα, οι Senter et al., απομόνωσαν  $10^4$  μύκητες /g από φύλλα βλήτων που είχαν συγκομιθεί πρόσφατα (Senter et al., 1989). Ωστόσο, η απόκτηση αξιόπιστων εκτιμήσεων των πληθυσμών ζυμών στα περισσότερα προϊόντα είναι δύσκολη, γιατί οι αναφορές συνήθως παρέχουν δεδομένα για τους ολικούς πληθυσμούς μυκήτων.

Η ταυτότητα των μούχλων που απομονώνονται από τα φρέσκα λαχανικά αναφέρεται συχνότερα σε σχέση με εκείνη των ζυμών. Έχουν μελετηθεί 14 διαφορετικά είδη λαχανικών για την ύπαρξη μούχλων. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των ερευνών, τα πιο συχνά απαντώμενα είδη είναι τα *Aureobasidium*, *Fusarium*, *Alternaria*, *Epicoccum*, *Mucor*, *Chaetomium*, *Rhizopus* και *Phoma*. Τα επικρατέστερα γένη δεν επηρεάζονται από την ποικιλία, τις κλιματικές συνθήκες, την τοποθεσία των αγροτικών εκτάσεων ή το ύψος των λαχανικών από το έδαφος. Οι μούχλες γενικά απαντώνται σε χαμηλότερες συγκεντρώσεις στα φρέσκα λαχανικά από ότι τα βακτήρια. Έχει αναφερθεί ότι οι πληθυσμοί των μυκήτων στα φρέσκα λαχανικά κυμαίνονται μεταξύ 42.000-67.000 CFU/g.

#### 4.2 ΠΑΘΟΓΟΝΟΙ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥΣ

Τα λαχανικά μπορούν να χρησιμεύσουν ως μέσο ανάπτυξης για σχεδόν οποιονδήποτε τροφιογενή παθογόνο μικροοργανισμό και έχουν ως συνέπεια την εμφάνιση ασθενειών υπό τις κατάλληλες συνθήκες. Ωστόσο, μόνο λίγοι σχετικά παθογόνοι μικροοργανισμοί θεωρούνται υπό φυσιολογικές συνθήκες σοβαρή απειλή για τα λαχανικά υπό ψύξη. Αυτή η κατάσταση ωστόσο μπορεί να αλλάξει στο μέλλον, καθώς υιοθετούνται νέες τεχνολογικές τεχνικές και τεχνικές συσκευασίας από την βιομηχανία τροφίμων.

Ορισμένα gram αρνητικά βακτήρια εμπλέκονται κάποιες φορές σε ασθένειες του γαστρεντερικού συστήματος και σχετίζονται με τα λαχανικά. Αυτοί οι μικροοργανισμοί σχετίζονται τυπικά με τους εντερικούς σωλήνες του ανθρώπου ή των ζώων. Συνεπώς, εντερικοί παθογόνοι μικροοργανισμοί είναι συνήθεις επιμολυντές των προϊόντων που αναπτύσσονται σε χώρες όπου χρησιμοποιείται μολυσμένο νερό για άρδευση, ή όπου η ιλύς χρησιμοποιείται ως λίπασμα.

*Shigella*



Το *Shigella* βρίσκεται ανάμεσα στα πιο κοινά εντερικά παθογόνα βακτήρια που απαντώνται σε φρούτα και λαχανικά. Για παράδειγμα, ένα μεγάλο ξέσπασμα ασθένειας που οφείλεται στο βακτήριο αυτό, αποδόθηκε σε δείγματα ψιλοκομμένου μαρούλιού που διανεμόταν εμπορικά. Το βακτήριο αυτό προκαλεί μια ασθένεια, η οποία είναι γνωστή ως «συγγέλωση» ή βακτηριακή δυσεντερία. Η συγγέλωση χαρακτηρίζεται από ορισμένες φορές αιματώδη διάρροια, κοιλιακό άλγος και πυρετό. Ακόμα και ο πολύ μικρός αριθμός των 10 κυττάρων *Shigella*, είναι ικανός για την εμφάνιση της ασθένειας. Παρόλο που το συγκεκριμένο βακτήριο δεν αναπτύσσεται σε συνθήκες ψύξης, μπορεί να επιβιώσει για μεγάλο χρονικό διάστημα στις συνθήκες αυτές.

### *Salmonella*

Το βακτήριο *Salmonella* είναι ένα επίσης σημαντικό παθογόνο εντερικό βακτήριο που μπορεί ορισμένες φορές να μολύνει τα φρούτα και τα λαχανικά. Τα συμπτώματα μόλυνσης από *Salmonella* μπορούν να ποικίλουν από ελαφρά διάρροια, έως ενδεχομένως απειλητικό για την ανθρώπινη ζωή, τυφοειδή πυρετό. Μοιάζει με το *Shigella* στο ότι μπορεί να επιβιώσει αλλά δεν αναπτύσσεται συνήθως σε θερμοκρασίες ψύξης. Οι συνηθισμένες πηγές μόλυνσης των λαχανικών και των προϊόντων τους είναι το μολυσμένο νερό άρδευσης ή το μολυσμένο νερό πλύσης, η επιμόλυνση από άλλα τρόφιμα(κυρίως κρέας, πουλερικά και θαλασσινά), ή μολυσμένοι χειριστές. Τέλος, σε πρόσφατη έρευνα, βρέθηκε ότι η ρόκα, τα βλήτα και η πράσινη σαλάτα είναι τα καλύτερα υποστρώματα για την ανάπτυξη του συγκεκριμένου παθογόνου, του οποίου η ανάπτυξη ευνοείται, όταν το προϊόν εκτίθεται σε θερμοκρασία των 15°C. Παρόλο που οι διαδικασίες κατά την καλλιέργεια πιθανώς αντιπροσωπεύουν την κύρια πηγή επιμόλυνσης των φρέσκων λαχανικών, οι συνθήκες και οι πρακτικές κατά την επεξεργασία, η εμπορευματοποίηση και η κατανάλωση καθορίζουν την εξέλιξη των παθογόνων και των πιθανών κινδύνων για τους καταναλωτές. Έτσι, μπορεί να συμπερασθεί ότι η ανάπτυξη του βακτηρίου αυτού σε έτοιμα για κατανάλωση λαχανικά, μπορεί να ελεγχθεί με την διασφάλιση ότι τα προϊόντα αυτά αποθηκεύονται σε θερμοκρασίες χαμηλότερες των 7 °C κατά την εμπορευματοποίηση. Αυτό το μέτρο θα είναι πιο αποτελεσματικό εάν αποφεύγεται η επιμόλυνση των λαχανικών κατά την διάρκεια της καλλιέργειας.(A. S. Sant'Ana et al., 2012).

### *Escherichia coli*

Ένα τρίτο εντερικό βακτήριο που γίνεται ιδιαίτερα σημαντικό είναι τα παθογόνα και κυρίως τα ψυχρότροφα στελέχη του *E. coli*. Το είδος της ασθένειας που προκαλείται υπό φυσιολογικές συνθήκες από το *E. coli* είναι τυπική της «ασθένειας των ταξιδιωτών», και μπορεί να είναι παρόμοια με τις ασθένειες που προκαλούνται από το *Salmonella* και το *Shigella*. Ωστόσο, μια πιο σοβαρή μορφή της ασθένειας, γνωστή και ως αιμορραγική κολίτιδα, έχει κάνει την

εμφάνιση της τα τελευταία χρόνια. Τα συμπτώματα αυτή της μορφής της ασθένειας περιλαμβάνουν ακατάσχετη αιματώδη διάρροια, ενώ η περαιτέρω εξέλιξη της ασθένειας μπορεί να προκαλέσει σημαντική νεφρική ανεπάρκεια και θάνατο. Η αιμορραγική κολίτιδα προκαλείται από το στέλεχος O157:H7 του *E. coli*. Παρόλο που το στέλεχος αυτό σχετίζεται συνήθως με ζωικά προϊόντα, είναι κατανοητό ότι ο μολυσμένος οργανισμός μπορεί να επιμολύνει τα λαχανικά, μέσω περιττωμάτων ή μέσω του νερού. Έτσι, οι μονάδες επεξεργασίας των λαχανικών είναι απαραίτητο να γνωρίζουν την ύπαρξή του και τα χαρακτηριστικά του.

### *Aeromonas hydrophila*

Ένα επιπλέον gram αρνητικό βακτήριο που αποτελεί απειλή για την παραγωγή υπό ψύξη, είναι το *A. hydrophila*. Το βακτήριο αυτό έχει σαν πιο συχνό αποτέλεσμα την εμφάνιση μιας ελαφράς ασθένειας διάρροιας. Ωστόσο, έχουν αναφερθεί περιπτώσεις εμφάνισης μιας σοβαρότερης αιματώδους και βλενώδους διάρροιας. Σε αντίθεση με τα προηγούμενα gram αρνητικά παθογόνα βακτήρια, το *A. hydrophila* μπορεί να μεταφέρεται φυσικά στο φυσικό περιβάλλον, παρά να είναι μέσο μόλυνσης μόνο μέσω των περιττωμάτων.

Το *A. hydrophila* παρουσιάζει χαρακτηριστικά ανάπτυξης που χρήζουν ιδιαίτερης προσοχής για τα ελάχιστα επεξεργασμένα λαχανικά. Ένας λόγος είναι ότι το συγκεκριμένο βακτήριο απαντάται συχνά στην φρέσκια παραγωγή. Οι Callister και Agger(1987), διερεύνησαν τα οπωροκηπευτικά προϊόντα ενός συνοικιακού καταστήματος και το *A. hydrophila* παρουσιάστηκε σχεδόν σε κάθε είδος λαχανικού που αναλύθηκε. Οι βακτηριακοί πληθυσμοί στο χρονικό διάστημα της αγοράς του προϊόντος κυμαίνονταν σε τόσο υψηλές τιμές, έως και  $10^4$  κύτταρα/g. Οι Berrang, Brackett και Beuchat(1989) ανακάλυψαν το συγκεκριμένο βακτήριο σε δείγματα φρέσκων σπαραγγιών, μπρόκολου και κουνουπιδιού, που μελετούσαν.

Ένας δεύτερος λόγος για τον οποίο το *A. hydrophila* χρήζει ιδιαίτερης ανησυχίας είναι ότι είναι ένα πραγματικά ψυχρότροφο βακτήριο το οποίο μπορεί να αναπτύσσεται σε χαμηλές θερμοκρασίες, έως και 1 °C. Έτσι, το συγκεκριμένο βακτήριο μπορεί να αναπτυχθεί επαρκώς σε δείγματα λαχανικών που αποθηκεύονται στους 5 °C ή και λιγότερο.

Τέλος, το *A. hydrophila*, δεν επηρεάζεται από την συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας. Τόσο η φυσική μορφή όσο και η τεχνητή μορφή μέσω εμβολιασμού του βακτηρίου αυτού, αναπτύσσεται εξίσου κατάλληλα, τόσο υπό συνθήκες τροποποιημένης ατμόσφαιρας, όσο και υπό συνθήκες αέρα. Η πιο εντυπωσιακή αύξηση στους πληθυσμούς του *A. hydrophila*,

πρατηρήθηκε σε δείγματα σπαραγγιών που αποθηκεύτηκαν στους 4 °C. Στο αρχικό σημείο της αποθήκευσης, οι πληθυσμοί ήταν κάτω από το όριο ανίχνευσης ( $10^2$  κύτταρα/g). Ωστόσο, αυξήθηκαν στα  $10^6$  κύτταρα/g, μετά από 21 μέρες αποθήκευσης.

### *Clostridium botulinum*

Δεν είναι όλοι οι μικροοργανισμοί που χρήζουν ιδιαίτερης προσοχής gram αρνητικοί. Το *C. botulinum*, ένα gram θετικό βακτήριο, είναι ανάμεσα στα πιο γνωστά τροφιμογενή παθογόνα που αναπτύσσονται στα λαχανικά. Το βακτήριο αυτό παράγει μια ισχυρή τοξίνη η οποία προκαλεί σοβαρή παράλυση και θάνατο σε όσους την καταναλώνουν. Το σύνδρομο της ασθένειας αυτής, σχετίζεται πρωταρχικά με ακαταλλήλως κονσερβοποιημένα, χαμηλής οξύτητας τρόφιμα. Οι λόγοι για τους οποίους τα τρόφιμα αυτά είναι ένα ιδιαίτερο πρόβλημα σχετίζονται με τις απαιτήσεις ανάπτυξης του βακτηρίου αυτού. Είναι αναερόβιο και συνήθως αναπτύσσεται σε τιμές  $pH < 4,6$ .

Παρόλο που οι συνθήκες που ευνοούν την ανάπτυξη του *C. botulinum* τυπικά βρίσκονται σε κονσερβοποιημένα λαχανικά, μπορούν επίσης να υπάρχουν και να αναπτύσσονται στα ελάχιστα επεξεργασμένα λαχανικά. Αυτό επιβεβαιώνεται ιδιαίτερα όταν χρησιμοποιείται τροποποιημένη ατμόσφαιρα για την συσκευασία προϊόντων που αναπνέουν, όπως τα φρέσκα προϊόντα. Σε δείγματαμανιταριών που είχαν συσκευαστεί σε συνθήκες τροποποιημένης ατμόσφαιρας, προϊόντα τα οποία χαρακτηρίζονται από έντονη αναπνευστική δραστηριότητα, αναμενόταν η ύπαρξη ευνοϊκών συνθηκών ανάπτυξης για το βακτήριο αυτό. Παρατηρήθηκε ότι το βακτήριο όχι μόνο αναπτύχθηκε, αλλά παρήγαγε και την επικίνδυνη τοξίνη για την οποία έγινε λόγος παραπάνω. Το παράδειγμα αυτό αποδεικνύει ξεκάθαρα ότι το βακτήριο αυτό δεν αποτελεί πρόβλημα μόνο στα κονσερβοποιημένα λαχανικά. Επίσης, ορισμένα στελέχη του βακτηρίου μπορούν να αναπτυχθούν σε χαμηλές θερμοκρασίες, έως και 3,5 °C. Έτσι, αυξάνεται ιδιαίτερα η ανησυχία σχετικά με την χρήση τροποποιημένης ατμόσφαιρας και ανάπτυξης του συγκεκριμένου βακτηρίου.

Πολλοί ερευνητές τροφίμων δεν αναγνωρίζουν ότι τα όξινα τρόφιμα μπορούν να αποτελέσουν κίνδυνο για την ανάπτυξη του *C. botulinum*. Η πιθανότητα αυτή είναι πρωταρχικής ανησυχίας για μετρίως όξινα τρόφιμα, όπως είναι οι ντομάτες. Οι Mundt και Norman (1982) ανέφεραν ότι σε πειράματα τους οι μύκητες οι οποίοι προσέβαλαν τις ντομάτες, ήταν ικανοί να αυξήσουν το pH στους φυσιικούς ιστούς της ντομάτας, έως και την τιμή 8,1. Οι Draughon, Chen και Mundt (1988) απέδειξαν αργότερα ότι η ανάπτυξη του *C. botulinum* στις ντομάτες είναι δυνατή. Έτσι, δεν πρέπει να θεωρείται ένα τρόφιμο ασφαλές, απλά επειδή χαρακτηρίζεται από χαμηλή οξύτητα.

## *Listeria monocytogenes*

Πιθανώς κανένας άλλος παθογόνος μικροοργανισμός τα τελευταία χρόνια δεν είχε τόσο μεγάλη επίδραση στην βιομηχανία τροφίμων, όσο αυτό το gram θετικό βακτήριο. Η αναγνώριση του ως παθογόνος μικροοργανισμός και η δημιουργία κανονισμών για τον έλεγχο του, έχουν επηρεάσει παρρηματικά κάθε προϊόν τροφίμου, συμπεριλαμβανομένων και των λαχανικών. Ο λόγος ανησυχίας προκύπτει από την φύση της ασθένειας, της λιστερίωσης. Η λιστερίωση σπάνια εκδηλώνεται σε υγιείς ανθρώπους, και χαρακτηρίζεται από ήπια συμπτώματα σε όσους διαγιγνίζεται η νόσος. Τα συμπτώματα που έχουν αναφερθεί συχνότερα, παρομοιάζονται με εκείνα ενός απλού κρυολογήματος. Ωστόσο, η ασθένεια μπορεί να αποβεί πολύ σοβαρή, για όσους χαρακτηρίζονται από ένα διαταραγμένο ανοσοποιητικό σύστημα. Οι εγκυμονούσες γυναίκες και τα έμβρυα τους, οι ηλικιωμένοι, όσοι πάσχουν από διάφορες χρόνιες ασθένειες και όσοι λαμβάνουν διάφορα είδη φαρμακευτικής αγωγής είναι σε ιδιαίτερο κίνδυνο. Για τις περιπτώσεις αυτές, η λιστερίωση συχνά εκδηλώνεται ως μηνιγγίτιδα ή εγκεφαλίτιδα και είναι θανατηφόρος ασθένεια για το 30% περίπου των περιπτώσεων.

Παρόλο που η λιστερίωση σπάνια σχετίζεται με την φρέσκια παραγωγή, έχουν αναφερθεί ξεσπάσματα της ασθένειας και μολυσμένα προϊόντα. Το πρώτο μαζικό ξέσπασμα λιστερίωσης, περιλαμβάνοντας 41 περιπτώσεις, αποδόθηκε σε δείγματα λάχανου, όπου τελικά εντοπίστηκε ότι τα δείγματα λάχανου είχαν καλλιεργηθεί με λίπασμα από πρόβατο που ήταν μολυσμένο από λιστερίωση. Ο ρόλος της φρέσκιας παραγωγής στην λιστερίωση, αποδείχθηκε και σε δείγματα σέλερι, ντομάτων και μαρουλιού που συνδέθηκαν επιδημιολογικά με ένα ξεσπασμα στην Βοστώνη, το 1986. Περίπτωση λιστερίωσης έχει συνδεθεί επίσης με αλατισμένα μανιτάρια. Τέτοιες περιπτώσεις, έδωσαν τον λόγο στον Οργανισμό Τροφίμων και Φαρμάκων της Αμερικής, να ερευνά εκτεταμένα τα φρέσκα προϊόντα για την ύπαρξη του *L. monocytogenes*. Έτσι, το βακτήριο έχει ταυτοποιηθεί στο 21% των πατατών, στο 14% των δειγμάτων από ραπανάκια, και στο 2% ή λιγότερο σε αγγούρια και λάχανο. Επίσης, έχει βρεθεί σε δείγματα μαρουλιού και μανιταριών.

Το πρόβλημα του *L. monocytogenes* στα τρόφιμα, περιλαμβανομένων των λαχανικών, είναι ιδιαίτερα σύνθετο. Το βακτήριο αυτό, όπως και το *A. hydrophila*, διαθέτει χαρακτηριστικά που όχι μόνο του επιτρέπουν να αποκτά πρόσβαση στα τρόφιμα, αλλά και να αναπτύσσεται σε κατάλληλες συνθήκες. Το βακτήριο είναι ελεύθερα διαθέσιμο στο περιβάλλον, περιλαμβανομένων και των αγροτικών περιβάλλοντων. Το πρωταρχικό του περιβάλλον είναι το έδαφος, και ιδιαίτερα η βλάστηση που φθείρεται. Επιπρόσθετα, τα κατοικίδια ζώα και ο άνθρωπος αποτελούν μεταφορείς του οργανισμού. Έτσι, υπάρχουν αρκετές ευκαιρίες για την επιμόλυνση των φρέσκων προϊόντων με το *L. monocytogenes*.

Ένα επιπλέον χαρακτηριστικό που κάνει το *L. monocytogenes* άξιο προσοχής, είναι ότι αναπτύσσεται καλά στα λαχανικά. Μπορεί να ανταγωνιστεί με την ενδογενή μικροχλωρίδα και να αναπτυχθεί καλά σε χυμό λάχανου, φτάνοντας τελικά πληθυσμούς που να ανέρχονται στα  $10^9$  κύτταρα/ml. Αναπτύσσεται σε πληθυσμούς μεγαλύτερους των  $10^6$  σε δείγματα σπαραγγιού, μπρόκολου και κουνουπιδιού σε μια θερμοκρασία των 15 °C. Παρόμοιες παρατηρήσεις έχουν γίνει και για λαχανικά σαλατών. Το *L. monocytogenes* μπορεί να αναπτυχθεί σε τεμαχισμένο και συσκευασμένο ή ψιλοκομμένο και συσκευασμένο μαρούλι. Ωστόσο, δεν μπορούν να γίνουν γενικεύσεις για την δυνατότητα ανάπτυξης του συγκεκριμένου βακτηρίου για όλα τα λαχανικά σαλατών. Για παράδειγμα, δείγματα καρότου όχι μόνο δεν υποστήριξαν την ανάπτυξη του, αλλά ήταν στην πραγματικότητα βακτηριοκτόνα για το *L. monocytogenes*. Σε αντίθεση, των χαμηλό pH των δειγμάτων τεμαχισμένων και ολόκληρων ντοματών, υποτίθεται ότι είναι επιζήμιο για την επιβίωση του *L. monocytogenes*. Ωστόσο, το βακτήριο καταφέρνει να διατηρεί τους αρχικούς τους πληθυσμούς μετά από έως και 2 βδομάδες αποθήκευσης στους 10 και στους 21 °C.

Η συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας δεν δείχνει να επηρεάζει την ανάπτυξη του *L. monocytogenes*. Ωστόσο, η συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας επεκτείνει την διάρκεια ζωής του λαχανικού και έτσι αφήνει περισσότερο χρόνο για την ανάπτυξη του συγκεκριμένου βακτηρίου. Για παράδειγμα, παρατηρήθηκαν σημαντικά περισσότεροι βακτηριακοί πληθυσμοί σε δείγματα σπαραγγιών που αποθηκεύονται σε συσκευασίες τροποποιημένης ατμόσφαιρας παρά σε αυτά που αποθηκεύονται σε συσκευασίες αέρα. Έτσι, οι μονάδες επεξεργασίας λαχανικών χρειάζεται να γνωρίζουν ότι η ορατή οργανοληπτική ποιότητα ενός προϊόντος δεν αντανάκλα απαραίτητα την ύπαρξη πληθυσμού από το συγκεκριμένο βακτήριο. Τέλος, σε έρευνα που έγινε σε δείγματα φρεσκοσυλλεγμένων φυλλωδών σαλατών που συσκευάστηκαν υπό συνθήκες τροποποιημένης ατμόσφαιρας, αποδείχτηκε ότι η ανάπτυξη του βακτηρίου αυτού υποστηρίζεται, και εφόσον δεν υπάρχει κάποιο λιστεριοκτόνο στάδιο που να περιλαμβάνεται είτε στην παραγωγή είτε στην κατανάλωση των φρεσκοσυλλεγμένων λαχανικών, είναι απαραίτητη η χρήση ενός συνδυασμού μέτρων για τον έλεγχο του *L. monocytogenes*, προκειμένου να επιτευχθεί ο Στόχος Ασφάλειας Τροφίμου του <100 CFU/g του επικίνδυνου διαλύματος, στο σημείο της κατανάλωσης. (G. O. Scifo et al., 2009).

#### 4.3 ΠΑΡΑΣΙΤΑ

Τα τροφιμογενή παράσιτα είναι ένας αρκετά γνωστός κίνδυνος στις ανεπτυγμένες χώρες αλλά δεν χρήζουν ιδιαίτερης προσοχής στις ανεπτυγμένες χώρες. Ωστόσο, οι παρασιτικές ασθένειες μπορούν να εμφανιστούν σε βιομηχανοποιημένα έθνη.

Το *Entamoeba histolytica* είναι ανάμεσα στα περισσότερο γνωστά ανθρώπινα παράσιτα που μπορεί να μεταδοθεί μέσω των λαχανικών. Αυτός ο οργανισμός είναι υπεύθυνος για την εμφάνιση της ασθένειας που είναι γνωστή με τον όρο αμοιβάδωση. Τα συμπτώματα της

οξείας φάσης της ασθένειας αυτής, περιλαμβάνουν κοιλιακό άλγος, μετεωρισμό, διάρροια και γενικευμένη κόπωση. Ο ρυθμός θνησιμότητας είναι μικρός(2-3%) και οι περισσότεροι ασθενείς αναρρώνουν πλήρως. Ωστόσο, η ασθένεια μπορεί να ενυπάρχει για πολλά χρόνια σε ορισμένους ασθενείς και έτσι επιτρέπει σε ανθρώπους να γίνονται ασυμπτωματικοί μεταφορείς. Στην πραγματικότητα, ο άνθρωπος μεταφορέας θεωρείται ως η κύρια πηγή μόλυνσης για τον οργανισμό αυτό. Η αμοιβάδα αποκτά πρόσβαση στα λαχανικά, μέσω επιμόλυνσης από άνθρωπο ή ζώα, την χρήση μολυσμένου νερού, ή μέσω εντόμων. Παρόλο που οι κύστες του συγκεκριμένου παράσιτου καταστρέφονται μέσω της ξήρανσης, της ηλιακής ακτινοβολίας και μέσω χλωρίωσης, ένας υψηλός βαθμός απολύμανσης είναι ο καλύτερος τρόπος προφύλαξης για την συγκεκριμένη ασθένεια.

Το *Giardia lamblia* είναι ένα μαστιγοφόρο πρωτόζωο το οποίο επίσης μπορεί να μολύνει τα λαχανικά και να προκαλέσει ασθένεια, η οποία μοιάζει με την αμοιβάδωση τόσο στα συμπτώματα όσο και στην αιτία. Ένα υπολογισμένο ποσοστό της τάξης του 1,5-20% του αμερικανικού πληθυσμού αποτελεί μεταφορέα του παράσιτου και οι νέοι άνθρωποι είναι ιδιαίτερα ευαίσθητοι. Σε αντίθεση με την περίπτωση του *Entamoeba*, η μέθοδος της χλωρίωσης δεν είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική στην περίπτωση της καταστροφής των κυστών του *Giardia*.

Το *Ascaris lumbricoides*, παρόλο που είναι λιγότερο συχνό από τα προηγούμενα παράσιτα, θεωρείται επίσης πιθανό πρόβλημα για τα λαχανικά. Ωστόσο, η χρήση αστικών λυμάτων και ιλύος για την άρδευση ή την καλλιέργεια των φρέσκων προϊόντων αυξάνει τον κίνδυνο μόλυνσεων από τον οργανισμό αυτό. Σε αντίθεση με τα *Giardia* και *Entamoeba*, ο οργανισμός είναι ένα σκουλήκι και δεν προκαλεί ασθένεια διάρροιας. Οι μολύνσεις συνήθως περιλαμβάνουν την ανάπτυξη του σκουληκιού στον εντερικό σωλήνα, ακολουθούμενη από την μετακίνηση σε άλλα όργανα και νευρικούς ιστούς. Επομένως, τα συμπτώματα μπορούν να μην γίνουν ορατά ή αλλιώς περιλαμβάνουν πυρετό, δυσκολία στην αναπνοή και βήχα. Τα ωμά λαχανικά είναι μια ομάδα τροφίμων που είναι πολύ πιθανά να μεταδώσουν το παράσιτο. Τα αυγά του *A. lumbricoides* είναι πολύ ανθεκτικά σε ιδιαίτερα δυσμενείς συνθήκες. Είναι ανθεκτικά στην ξήρανση και σε πολλά χημικά απολυμαντικά, και είναι γνωστό ότι επιβιώνουν την αποθήκευση σε θερμοκρασία ψύξης τουλάχιστον για 20 χρόνια. Έτσι, οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται συνήθως στα ελάχιστα επεξεργασμένα λαχανικά πιθανώς να είναι αναποτελεσματικές στην καταστροφή του οργανισμού αυτού.

#### 4.4 ΙΟΙ

Σχετικά με τους ιούς, τα πράγματα δεν είναι τόσο κατανοητά όσο με άλλους παθογόνους μικροοργανισμούς, κυρίως λόγω έλλειψης μεθοδολογίας. Οι ιοί προκαλούν μια ποικιλία ασθενειών που ποικίλουν από απλή γαστρεντερίτιδα, έως πολυομυελίτιδα. Η πλειοψηφία των ιών που σχετίζονται με την φρέσκια παραγωγή, είναι εντεροϊοί, οι οποίοι προκαλούν τα

συμπτώματα των προαναφερθέντων ασθενειών. Ωστόσο, οι ιοί που σχετίζονται με τα λαχανικά, περιλαμβάνουν επίσης πολυϊούς, ιούς κοξάκι και οικοϊούς. Οι ιοί ακολουθούν παρόμοιο κύκλο μόλυνσης με αρκετούς από τους άλλους τροφιμογενείς παθογόνους μικροοργανισμούς, ο οποίος περιλαμβάνει το μολυσμένο λόγω περιττωμάτων νερό ως το κυριότερο μονοπάτι. Έχει αναφερθεί η ύπαρξη ροταϊού σε δείγματα λαχανικών και κυρίως μαρουλιού, ο οποίος επιβιώνει για περίπου ένα μήνα σε συνθήκες θερμοκρασίας ψύξης. Παρόλο που ορισμένοι ιοί καταστέλλονται μέσω χλωρίωσης, οι παραγωγοί και επεξεργαστές λαχανικών πρέπει να ελαχιστοποιούν την πιθανότητα επιμόλυνσης, με την εφαρμογή κατάλληλων τεχνικών απολύμανσης.

#### **4.5 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΛΑΧΑΝΙΚΩΝ**

##### ***ΠΗΓΗ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ***

Το εκάστοτε υπό επεξεργασία προϊόν και η πηγή προέλευσής του συχνά καθορίζει τα είδη των μικροοργανισμών που παρουσιάζονται ως αρχικό μικροβιακό φορτίο του προϊόντος. Τόσο το κοντινό περιβάλλον, όσο και οι καιρικές συνθήκες στις οποίες αναπτύσσονται τα λαχανικά, επηρεάζουν το είδος των μικροοργανισμών που εμφανίζονται.

Τα gram θετικά βακτήρια είναι οι κυριότεροι μικροοργανισμοί στο έδαφος. Το 70% ανάμεσα σε  $10^6$ - $10^9$  βακτήρια που απαντώνται ανά  $\text{cm}^3$  εδάφους, είναι βακτήρια όπως τα *Arthrobacter*, *Βάκιλλοι* και *μικρόκοκκοι*. Ωστόσο, και οι μύκητες θεωρούνται σημαντικοί μικροοργανισμοί του εδάφους, κυρίως σε όξινα εδάφη. Τα gram αρνητικά βακτήρια είναι συνήθως λιγότερα αριθμητικά σε σχέση με τα gram θετικά βακτήρια που βρίσκονται στο έδαφος. Οι μικροοργανισμοί του εδάφους μπορούν να έρθουν σε επαφή με τα λαχανικά είτε άμεσα, είτε με την βοήθεια του αέρα, είτε μέσω εντόμων.

Σε αντίθεση με το έδαφος, ο αέρας αποτελεί μέσο που χρησιμεύει περισσότερο για την διασπορά των μικροοργανισμών, παρά μέσο για την ανάπτυξη τους. Έτσι, η μικροχλωρίδα της ατμόσφαιρας αποτελείται από τους μικροοργανισμούς εκείνους που βρίσκονται σε σκόνη και σε σταγονίδια νερού. Η ατμόσφαιρα διαφέρει επίσης από το έδαφος, καθώς υποθάλπτει μια σχετικά μικρή συγκέντρωση μικροοργανισμών. Ωστόσο, ο πραγματικός πληθυσμός επηρεάζεται από την σχετική υγρασία και την ποσότητα των σωματιδίων που μεταφέρονται μέσω του αέρα. Άλλοι σημαντικοί οικολογικοί παράγοντες που επηρεάζουν την μικροβιακή χλωρίδα

είναι η θερμοκρασία και οι βροχοπτώσεις. Θα ήταν αναμενόμενο να απομονώνονται περισσότεροι ψυχρότροφοι από προϊόντα που αναπτύσσονται και συλλέγονται σε ψυχρά κλίματα ή εποχές. Σε αντίθεση, είναι περισσότερο αναμενόμενο να βρεθούν θερμοάντοχοι μικροοργανισμοί σε προϊόντα που αναπτύσσονται σε τροπικές περιοχές ή συλλέγονται κατά την διάρκεια θερμών εποχών.

Οι βροχοπτώσεις επηρεάζουν τους μικροοργανισμούς των λαχανικών με διάφορους τρόπους. Αρχικά, οι ισχυρές βροχοπτώσεις μπορούν να μεταφέρουν το χώμα από το έδαφος σε προϊόντα που αναπτύσσονται σε κοντινή απόσταση, αυξάνοντας έτσι το μικροβιακό φορτίο αυτών των προϊόντων. Επιπρόσθετα, οι βροχοπτώσεις αυξάνουν την σχετική υγρασία και ευνοεί την έκπλυση των θρεπτικών συστατικών από τα φυτά. Η επίδραση της βροχής στην ανάπτυξη των μυκήτων μελετήθηκε από τους Webb και Mundt(1978), οι οποίοι απέδειξαν ότι 2,5 cm βροχής κατά την διάρκεια 3 ημερών πριν την συγκομιδή, αύξησε τους πληθυσμούς των μυκήτων κατά 72% στην περίπτωση των φασολιών και κατά 30% στην περίπτωση αγγουριών, σε σύγκριση με βροχοπτώσεις <2,5 cm.

### **ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ**

Κατά την διάρκεια του σταδίου της επεξεργασίας των λαχανικών, τα προϊόντα υπόκεινται σε αλλαγές ώστε να επεκταθεί η διατηρησιμότητα τους στο ράφι της αγοράς. Οι αλλαγές αυτές μεταβάλλουν επίσης πιθανώς και την μικροχλωρίδα του προϊόντος.

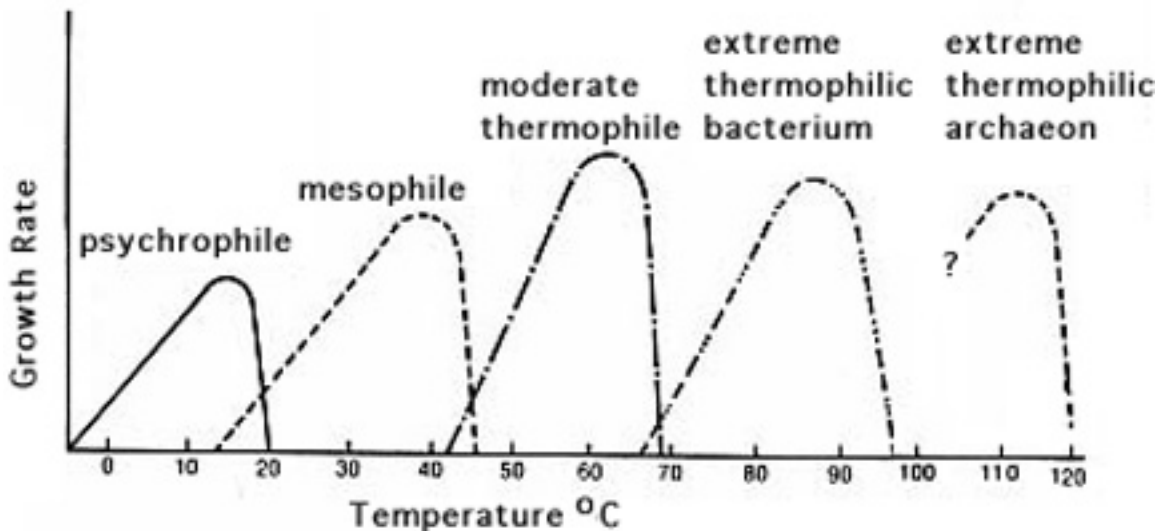
Η πηγή και το είδος του φρέσκου προϊόντος έχει σημαντική επίδραση στην μικροχλωρίδα. Ωστόσο, ο χειρισμός των προϊόντων αυτών μετά την συγκομιδή μπορεί να είναι ίσης ή και μεγαλύτερης σημασίας. Κι αυτό γιατί υπάρχει μεγαλύτερη δυνατότητα ελέγχου του περιβάλλοντος και των επεξεργασιών των λαχανικών μετά την συγκομιδή.

Η δομή που λαμβάνουν τα τελικά προϊόντα των ελάχιστα επεξεργασμένων λαχανικών μπορεί να ποικίλλει αρκετά. Ένα ελάχιστα επεξεργασμένο λαχανικό μπορεί να είναι τόσο απλόποιημένο όπως οι συσκευασμένες φρέσκες ντομάτες, όσο και περίπλοκο όπως μια προπαρασκευασμένη σαλάτα. Παρά την τελική μορφή τους, τα περισσότερα προϊόντα παραγωγής διέρχονται μέσα από παρόμοιες διεργασίες, όπως αυτές της διαλογής, της ταξινόμησης, της πλύσης. Τα περισσότερα από τα ελάχιστα επεξεργασμένα λαχανικά επίσης υπόκεινται σε κάποιας μορφής αποθήκευση ελεγχόμενης θερμοκρασίας. Εκτός από αυτά τα κοινά συχνά χρησιμοποιούμενα στάδια παραγωγής, ορισμένα προϊόντα μπορεί να υφίστανται πιο εξειδικευμένες επεξεργασίες, όπως ο τεμαχισμός, ο διαχωρισμός σε φέτες, ή η συσκευασία ανά τεμάχιο. Κάθε μία από τις παραπάνω διεργασίες επηρεάζει την μικροχλωρίδα του προϊόντος.



## ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Η θερμοκρασία στην οποία φυλάσσεται ένα τρόφιμο είναι πιθανώς ο σημαντικότερος παράγοντας που επηρεάζει την μικροβιακή ανάπτυξη. Οι μικροοργανισμοί, όπως οι περισσότεροι οργανισμοί, αναπτύσσονται καλύτερα στην βέλτιστη θερμοκρασία ανάπτυξης. Ωστόσο, μπορούν να αναπτύσσονται και σε θερμοκρασίες αρκετά υψηλότερες ή χαμηλότερες από την βέλτιστη θερμοκρασία ανάπτυξης, αν και με μικρότερους ρυθμούς. Η επίδραση της θερμοκρασίας στον ρυθμό ανάπτυξης αναπαρίσταται στο διάγραμμα 4.2. Στην πραγματικότητα, τα περισσότερα μικρόβια συμπεριφέρονται με τον τρόπο αυτό. Ωστόσο, ποικίλες ομάδες μικροοργανισμών μπορούν να διαφέρουν στο εύρος των θερμοκρασιών στις οποίες μπορούν και αναπτύσσονται.



Διάγραμμα 4.2 Επίδραση της θερμοκρασίας στον ρυθμό ανάπτυξης των μικροοργανισμών και αντίστοιχη ταξινόμηση τους

Οι μικροοργανισμοί που σχετίζονται με τα τρόφιμα μπορούν να διαχωριστούν σε 4 γενικές ομάδες, αν και συχνά εμφανίζεται αλληλοεπικάλυψη. Οι ομάδες αυτές είναι οι ακόλουθες:

- Θερμόφιλοι μικροοργανισμοί(40-70°C)
- Μεσόφιλοι μικροοργανισμοί(10- 45 °C)
- Ψυχρόφιλοι μικροοργανισμοί(-18- 20 °C)
- Ψυχρότροφοι μικροοργανισμοί (0- 35 °C)

Τα μικρόβια που μπορούν να αναπτυχθούν σε θερμοκρασίες ψύξης, ονομάζονται ψυχρότροφα και ψυχρόφιλα. Τα ελάχιστα επεξεργασμένα λαχανικά συχνά επεξεργάζονται σε θερμοκρασίες

ψύξης και αποθηκεύονται επίσης υπό ψύξη. Έτσι, είναι απόλυτα αναμενόμενο τα ψυχρότροφα βακτήρια να είναι σημαντικά ειδικά για τα προϊόντα αυτά. Ορισμένοι από τους πιο σημαντικούς αλλοιογόνους μικροοργανισμούς και διάφοροι παθογόνοι μικροοργανισμοί που προσβάλλουν τον άνθρωπο, είναι ψυχρότροφοι. Έτσι, οι ερευνητές που ασχολούνται με την ποιότητα και την ασφάλεια των ελάχιστα επεξεργασμένων λαχανικών πρέπει να γνωρίζουν τους μικροοργανισμούς αυτούς. Ενδεικτικά, παραδείγματα από ψυχρότροφους μικροοργανισμούς στα λαχανικά είναι όσον αφορά τα βακτήρια τα *Acinetobacter*, *Aeromonas*, *Bacillus*, *Clostridium*, *Enterobacter*, *Erwinia* και όσον αφορά τους μύκητες, οι *Asperigillus*, *Candida*, *Trichothecium* και πολλοί ακόμα.

Οι μεσόφιλοι μικροοργανισμοί αναπτύσσονται καλύτερα σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος και υψηλότερες θερμοκρασίες, και ελάχιστα σε θερμοκρασίες ψύξης. Επιπλέον, πολλοί μεσόφιλοι μικροοργανισμοί εμφανίζουν υψηλότερες θερμοκρασίες ανάπτυξης σε σχέση με τους ψυχρότροφους μικροοργανισμούς. Μικροοργανισμοί όπως ο *Staphylococcus* ή η *Salmonella*, που σχετίζονται τυπικά με θερμόαιμα ζώα, είναι παραδείγματα μεσόφιλων μικροοργανισμών.

Τέλος, λίγα είδη μικροοργανισμών αναπτύσσονται κυρίως σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες (μεγαλύτερες των 40 °C) και ονομάζονται θερμόφιλοι μικροοργανισμοί. Οι θερμόφιλοι μικροοργανισμοί δεν σχετίζονται ιδιαίτερα με τα τρόφιμα που φυλάσσονται υπό ψύξη παρόλο που μπορούν να αποτελέσουν κίνδυνο σε περιπτώσεις που ένα τρόφιμο εκτεθεί συμπτωματικά σε πολύ θερμές συνθήκες. Οι θερμόφιλοι μικροοργανισμοί δεν πρέπει να συγχέονται με τους θερμοάντοχους μικροοργανισμούς, μια ομάδα μικροοργανισμών που μπορεί να είναι σημαντική για τα ελάχιστα επεξεργασμένα τρόφιμα. Η τελευταία αυτή ομάδα μικροοργανισμών δεν απαιτεί υψηλές θερμοκρασίες για την ανάπτυξη της, αλλά είναι ικανοί να επιβιώνουν σε υψηλές θερμοκρασίες.

Επειδή τα περισσότερα λαχανικά αναπτύσσονται ή συλλέγονται κατά την διάρκεια των θερμών εποχών, οι μεσόφιλοι μικροοργανισμοί συχνά αποτελούν και το επικρατέστερο είδος μικροοργανισμών. Ωστόσο, η αποθήκευση και η επεξεργασία των προϊόντων αυτών σε περιβάλλον υπό ψύξη, θα έχουν αποτέλεσμα σταδιακά οι ψυχρότροφοι μικροοργανισμοί να είναι οι κυρίαρχοι. Για παράδειγμα, ο Brackett(1989) έδειξε ότι μόνο το 0,3% περίπου των ολικών αερόβιων μικροοργανισμών σε φρέσκα και πρόσφατα συλλεγμένα δείγματα μπρόκολου, μπορούν να ταξινομηθούν ως ψυχρότροφοι μικροοργανισμοί. Ωστόσο, οι ψυχρότροφοι μικροοργανισμοί αποτελούν το 20% περίπου των ολικών αερόβιων μικροοργανισμών στο τέλος των 6 βδομάδων αποθήκευσης στους 1 °C.

### **ΧΕΙΡΙΣΜΟΙ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ**

Όλη η παραγωγή διαχειρίζεται με τον ένα ή τον άλλο τρόπο, κατά την διάρκεια της επεξεργασίας, ωστόσο ο τρόπος με τον οποίο διαχειρίζεται μπορεί να επηρεάσει την μικροβιολογία των μικροοργανισμών. Ένας τρόπος με τον οποίο οι χειρισμοί συνεισφέρουν στην ανάπτυξη της μικροχλωρίδας είναι σε περίπτωση επιμόλυνση από τους ανθρώπους ή τον εξοπλισμό. Τα λαχανικά συνήθως τοποθετούνται σε κιβώτια ή οχήματα για την μεταφορά τους στις εγκαταστάσεις συσκευασίας ή σε άλλες μονάδες επεξεργασίας. Αυτά τα κιβώτια ή τα οχήματα μπορεί να είναι πηγές μικροοργανισμών και να μολύνουν έτσι το προϊόν. Ένα παράδειγμα της κατάστασης αυτής περιλαμβάνει τον μύκητα *Geotrichum candidum*. Αυτός ο μικροοργανισμός, γνωστός και ως «μούχλα μηχανημάτων» βρίσκεται συχνά να αναπτύσσεται σε ακατάλληλα καθαρισμένο εξοπλισμό συγκομιδής και εξοπλισμό επεξεργασίας. Η παρουσία του στον εξοπλισμό θεωρείται από ορισμένους ερευνητές ένδειξη ακατάλληλων μέτρων υγιεινής και απολύμανσης. Ωστόσο, υψηλοί μικροβιακοί πληθυσμοί του συγκεκριμένου μύκητα δεν σχετίζονται απαραίτητα με υψηλότερους ολικούς μικροβιακούς πληθυσμούς στα επεξεργασμένα λαχανικά.

Ο χειρισμός, ειδικά εάν γίνεται με ακατάλληλες μεθόδους, μπορεί να καταστρέψει τα φρέσκα προϊόντα. Ο κακοδιατηρημένος εξοπλισμός ή τα κακοσυντηρημένα κιβώτια, ενδεχομένως να περιλαμβάνουν σκληρές και τραχιές άκρες που να τρυπήσουν ή να λειάνουν τα εξωτερικά στρώματα ξεφλουδισμένων λαχανικών. Επιπλέον, η κατεστραμμένη παραγωγή είναι περισσότερο ευαίσθητη σε εισχώρηση αλλοιογόνων μικροοργανισμών.

### **ΤΕΜΑΧΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΣΕ ΦΕΤΕΣ**

Τα προτεμαχισμένα λαχανικά εισάγονται με αυξανόμενους ρυθμούς στην αγορά. Ο τεμαχισμός της παραγωγής την επηρεάζει με διάφορους τρόπους. Τα λαχανικά που εκτίθενται σε διάφορα είδη τεμαχισμού, έχουν σαν αποτέλεσμα την εμφάνιση εξαπλάσιων και εφταπλάσιων μικροβιακών πληθυσμών. Ο τεμαχισμός του μπρόκολου ή λαχανικών που χρησιμοποιούνται σε σαλάτα, έχουν παρόμοια αποτελέσματα για την μικροβιακή μικροχλωρίδα.

Ένας δεύτερος κύριος τρόπος με τον οποίο ο τεμαχισμός μπορεί να επηρεάσει την μικροχλωρίδα, είναι ότι καταστρατηγεί την φυσική προστασία που παρέχεται από τα εξωτερικά στρώματα των λαχανικών. Ορισμένες φορές, τα μικρόβια που δεν θεωρούνται αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί μπορούν να λειτουργήσουν, ακόμα και στις συνθήκες υπό τις οποίες οι μηχανισμοί φυσικής προστασίας εξαλείφονται.

## **ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ**

Οι μικροοργανισμοί, όπως και όλοι οι ζωντανοί οργανισμοί απαιτούν την ύπαρξη νερού για την επιβίωσή τους. Ωστόσο, είναι απολύτως απαραίτητο το νερό που βρίσκεται στο τρόφιμο να μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τους μικροοργανισμούς. Η σχετική ποσότητα νερού που είναι διαθέσιμη για χρήση από τους μικροοργανισμούς εκφράζεται συχνότερα με τον όρο ενεργότητα νερού,  $a_w$ . Η ενεργότητα νερού κυμαίνεται από 0(ολική ξηρότητα ή μη διαθεσιμότητα για τους μικροοργανισμούς)έως 1,0(καθαρό νερό). Η ενεργότητα του νερού μειώνεται με την αύξηση της συγκέντρωσης των διαλυμένων συστατικών στην υδατική φάση του τροφίμου. Αυτό πραγματοποιείται είτε με την απομάκρυνση νερού(αφυδάτωση) είτε με την προσθήκη διαλυμένων ουσιών, όπως σάκχαρα ή άλατα.

Οι μικροοργανισμοί διαφοροποιούνται όσον αφορά την ελάχιστη ενεργότητα νερού που τους είναι απαραίτητη για την ανάπτυξη και την επιβίωση τους. Τα περισσότερα βακτήρια απαιτούν ενεργότητα νερού της τάξης του 0,9 για την ανάπτυξη τους, ενώ πολλά δεν μπορούν να αναπτυχθούν σε ενεργότητες νερού μικρότερες του 0,95. Οι περισσότερες ζύμες αναπτύσσονται σε ελάχιστη ενεργότητα νερού 0,87 και οι περισσότερες μούχλες μπορούν να αναπτυχθούν στην χαμηλή ενεργότητα νερού του 0,8. Ορισμένα εξειδικευμένα βακτήρια και μύκητες μπορούν να αναπτυχθούν σε ενεργότητα νερού ακόμα και 0,65. Ωστόσο, δεν μπορεί να παρατηρηθεί μικροβιακή ανάπτυξη σε τιμές ενεργότητας μικρότερες του 0,6. Με εξαίρεση ορισμένα εξειδικευμένα είδη, όλοι οι μικροοργανισμοί αναπτύσσονται καλύτερα στις υψηλότερες ενεργότητες νερού σε σχέση με τις ελάχιστες ενεργότητες νερού που παρατηρείται ανάπτυξη τους.

Πρακτικά, όλα τα λαχανικά εμφανίζουν ενεργότητα νερού της τάξης του 0,95 ή και υψηλότερη. Αυτή είναι ικανή συνθήκη για την ανάπτυξη σχεδόν κάθε μικροοργανισμού που σχετίζεται με τα ελάχιστα επεξεργασμένα λαχανικά. Μια άλλη παράμετρος που μπορεί να επηρεάσει την μικροβιακή ανάπτυξη είναι η σχετική υγρασία του περιβάλλοντος χώρου των προϊόντων. Οι συνθήκες χαμηλής υγρασίας κατά την αποθήκευση των λαχανικών μπορούν να οδηγήσουν σε αφυδάτωση και έτσι στον μααρασμό των λαχανικών. Η ελεφρώς αφυδατωμένη παραγωγή μολύνεται ευκολότερα από ορισμένους μικροοργανισμούς. Επιπρόσθετα, η χαμηλή υγρασία κατά την αποθήκευση μπορεί να αποτελέσει ιδανική συνθήκη για την ανάπτυξη μυκήτων, οι οποίοι μπορούν και αναπτύσσονται σε περιβάλλον χαμηλής ενεργότητας.

Η αποθήκευση των λαχανικών σε συνθήκες υψηλής υγρασίας, μπορεί να επηρεάσει την μικροχλωρίδα των λαχανικών, επιτρέποντας την συσσώρευση σταγονιδίων υγρασίας ή συμπυκνωμένης υγρασίας στο προϊόν. Αυτό το συσσωρευμένο υγρό μπορεί να επιτρέψει σε οποιονδήποτε παρόντα μικροοργανισμό να εξαπλωθεί ευκολότερα σε άλλα προϊόντα παραγωγής και επίσης μπορεί να αποτελέσει μέσο ανάπτυξης. Έχει παρατηρηθεί το φαινόμενο της συσσωρευμένης υγρασίας στην επιφάνεια ξεχωριστά συσκευασμένων ντοματών.

Ενδεχομένως αυτός είναι λόγος για τον οποίο έχουν παρατηρηθεί μεγαλύτεροι μικροβιακοί πληθυσμοί στις συσκευασμένες ντομάτες, σε σχέση με τις μη συσκευασμένες.

### **ΟΞΥΤΗΤΑ ΚΑΙ pH**

Όπως προαναφέρθηκε, οι μικροοργανισμοί διαφοροποιούνται στην αντοχή που επιδεικνύουν σε περιβάλλον όξινου pH. Οι περισσότεροι μικροοργανισμοί που σχετίζονται με τα λαχανικά αναπτύσσονται καλύτερα κοντά σε τιμές ουδέτερου pH. Η ανάπτυξη ορισμένων βακτηρίων περιορίζεται σε τιμές ουδέτερου pH, αλλά τα περισσότερα μπορούν να ανπτυχθούν σε τιμές pH περίπου 4,5 ή και μεγαλύτερες. Ωστόσο, ορισμένα κοινά βακτήρια όπως τα βακτήρια γαλακτικού οξέος ή τα βακτήρια οξικού οξέος μπορούν να ανπτυχθούν σε τιμές pH ίσες με 4,0 ή και χαμηλότερες. Οι μύκητες είναι περισσότερο ανθεκτικοί σε όξινο pH από τα βακτήρια και μπορούν να αναπτυχθούν σε τιμές pH ακόμα και κοντά στο 1,5.

Γνωρίζοντας το σχετικό pH ενός λαχανικού, είναι βοηθητικό για την πρόβλεψη των ειδών των μικροοργανισμών που πιθανώς να ανπτυχθούν ή να αποτελέσουν πρόβλημα. Το pH των λαχανικών είναι συνήθως κοντά σε ουδέτερες τιμές pH και έτσι μπορεί και επιτρέπει την ανάπτυξη σχεδόν όλων των ειδών μικροοργανισμών. Ωστόσο, τα βακτήρια έχουν ένα ανταγωνιστικό πλεονέκτημα έναντι των μυκήτων. Κι αυτό γιατί τα περισσότερα βακτήρια αναπτύσσονται με γρηγορότερους ρυθμούς σε σχέση με τους μύκητες σε ουδέτερο pH. Επίσης, χρειάζεται να λαμβάνεται υπόψη ότι ορισμένοι μικροοργανισμοί κατά τις μεταβολικές διεργασίες του παράγουν οξέα και έτσι μπορούν να επηρεάζουν την επακόλουθη ανάπτυξη άλλων μικροοργανισμών.

### **ANTIMIKROBIAKES OYΣIEΣ**

Τα συντηρητικά που χρησιμοποιούνται για τα επεξεργασμένα τρόφιμα, σπάνια χρησιμοποιούνται και για τα λαχανικά που φυλάσσονται υπό ψύξη. Ωστόσο, ορισμένα προϊόντα παραγωγής, επεξεργάζονται με ενώσεις όπως είναι μυκητοκτόνες ενώσεις, πριν την συγκομιδή, οι οποίες δεν θεωρούνται ως πρόσθετα. Επιπλέον, πολλά προϊόντα παραγωγής επεξεργάζονται με απολυμαντικές ουσίες κατά την πλύση ή την συσκευασία για την ελαχιστοποίηση της αλλοίωσης. Υπάρχουν αυξανόμενες τάσεις ανάμιξης φρέσκων προϊόντων παραγωγής με άλλα τρόφιμα, με την χρησιμοποίηση τεχνικών που επεκτείνουν ιδιαίτερα την διάρκεια ζωής και την διατηρησιμότητα τους. Αυτές οι τάσεις, αυξάνουν την αναγκαιότητα χρήσης συντηρητικών ουσιών.

Η ιδιαίτερη επίδραση που έχει μια αντιμικροβιακή ουσία στην μικροχλωρίδα σχετίζεται με το αντιμικροβιακό φάσμα της. Ορισμένες ενώσεις προορίζονται συγκεκριμένα για χρήση ενάντια σε μύκητες και έτσι παρουσιάζουν μικρή ή ελάχιστη επίδραση στα βακτήρια. Το αποτέλεσμα της χρήσης αυτών των ενώσεων θα είναι προφανώς η μεγαλύτερη αναλογία βακτηρίων στο προϊόν. Οι βακτηριοσίνες ανάμεσα στις αντιμικροβιακές ουσίες που γενικά χρησιμοποιούνται

είναι εκείνη που προτείνεται για χρήση σε τρόφιμα και έχει πρωταρχική δραστικότητα απέναντι στα gram θετικά βακτήρια. Έτσι, η μικροχλωρίδα των τροφίμων στα οποία χρησιμοποιούνται, θα έτεινε να στρεφόταν περισσότερο στα gram αρνητικά βακτήρια. Σε άλλες περιπτώσεις, όπως με τα περισσότερα οργανικά οξέα, η αντιμικροβιακή ροαστικότητα μπορεί να είναι πιο γενικευμένη, αλλά επηρεάζεται από το pH του τροφίμου.

Οι ενώσεις χλωρίου είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικές για την απενεργοποίηση των μικροβίων σε διαλύματα ή εξοπλισμό. Ωστόσο, η χρήση τους σε φρέσκα λαχανικά, έχει μόνο ελάχιστη επίδραση στους μικροοργανισμούς. Οι Golden, Heaton και Beuchat(1987), εφάρμοσαν την ποσότητα 100 μg διαθέσιμου χλωρίου σε πιπεριές, ντομάτες, ροδάκινα και πεπόνια και παρατήρησαν τις μεταβολές στους ολικούς μικροβιακούς πληθυσμούς, στις ζύμες και τις μούχλες. Τα αποτελέσματα δείχνουν μικρές έως ασήμαντες διαφορές για κάθε ομάδα μικροοργανισμών από τις προαναφερθείσες, σε σχέση με δείγματα από λαχανικά και φρούτα που δεν είχαν υποστεί διεργασία απολύμανσης. Σε γενικές γραμμές, η χρήση απολυμαντικών ουσιών σε φρέσκα προϊόντα, μπορεί να διαφέρει, εξαρτώμενη από την ισχύ της χρησιμοποιούμενης ένωσης, της μεθόδου εφαρμογής, και της ποσότητας της οργανικής ύλης που παρευρίσκεται. Η εμβάπτιση εδαφικών προϊόντων σε διαλύματα που περιλαμβάνουν χαμηλές συγκεντρώσεις απολυμαντικών πιθανώς να επιφέρει επιμόλυνση των προϊόντων, παρά στην μείωση των μικροβιακών πληθυσμών.

### **ΣΥΣΤΑΣΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ**

Η χρησιμοποίηση τροποποιημένης ή ελεγχόμενης ατμόσφαιρας στην αποθήκευση των λαχανικών είναι ιδιαίτερα δημοφιλής τα τελευταία χρόνια. Ο πιο κοινός τρόπος τροποποίησης της ατμόσφαιρας είναι η μείωση της συγκέντρωσης του O<sub>2</sub>, με ταυτόχρονη αύξηση της συγκέντρωσης του CO<sub>2</sub>. Ωστόσο, υπάρχουν πολλές αλλαγές που μπορούν να γίνουν στην σύσταση της ατμόσφαιρας, οι οποίες μπορεί να θεωρηθούν τροποποίηση της ατμόσφαιρας. Με αυτή την έννοια, η τροποποιημένη ατμόσφαιρα περιλαμβάνει οποιαδήποτε διαδικασία έχει σαν αποτέλεσμα την διαφοροποίηση της σύστασης του αέριου περιβάλλοντος του προϊόντος, σε σύγκριση με τις κανονικές ατμοσφαιρικές συνθήκες.

Οι μικροοργανισμοί διαφοροποιούνται όσον αφορά την ευαισθησία τους σε αέρια που χρησιμοποιούνται γενικά σε τροποποιημένες ατμόσφαιρες. Το άζωτο χρησιμοποιείται συχνά σε τροποποιημένες ατμόσφαιρες αλλά πρωταρχικά χρησιμοποιείται για την αντικατάσταση του O<sub>2</sub> και έχει περιορισμένες άλλες επιδράσεις στους μικροοργανισμούς. Σε αντίθεση, το CO<sub>2</sub> έχει τόσο άμεσες όσο και έμμεσες επιπτώσεις στους μικροοργανισμούς. Ωστόσο, η επίδραση του CO<sub>2</sub> στα μικρόβια ποικίλει, και εξαρτάται από το είδος του κατά περίπτωση οργανισμού, την συγκέντρωση του αερίου και την θερμοκρασία. Επιπλέον, οι επιδράσεις της τροποποιημένης ατμόσφαιρας μπορεί να διαφέρουν ανάμεσα στα εργαστηριακά μοντελικά συστήματα και στα πραγματικά προϊόντα επεξεργασίας. Οι γενικές επιπτώσεις του CO<sub>2</sub>,

σχετίζονται με την αντικατάσταση του O<sub>2</sub>, την μείωση του pH και την παρεμβολή του κυτταρικού μεταβολισμού. Όταν η συγκέντρωση του O<sub>2</sub> μειωθεί αρκετά, οι τροποποιημένες ατμόσφαιρες επιλέγουν τα προαιρετικά ή τα υποχρεωτικά αναερόβια βακτήρια.

Τα gram αρνητικά βακτήρια, ειδικά αερόβιες ποικιλίες όπως οι ψευδομονάδες, είναι οι μικροοργανισμοί που παρουσιάζουν την μεγαλύτερη ευαισθησία στο CO<sub>2</sub>. Σε αντίθεση, τα αναερόβια βακτήρια και τα γαλακτικά βακτήρια είναι ιδιαίτερα ανθεκτικά στο αέριο. Ανάμεσα στους μύκητες, οι μούχλες είναι ευαίσθητες, ενώ οι ζύμες είναι συγκριτικά ανθεκτικές. Συνήθως, απαιτούνται συγκεντρώσεις CO<sub>2</sub> μεγαλύτερες του 5% για την αποτελεσματική παρεμπόδιση των μικροοργανισμών και πολλές εφαρμογές απαιτούν πολύ υψηλότερες συγκεντρώσεις. Ωστόσο, οι αντιμικροβιακή επίδραση του CO<sub>2</sub> αυξάνεται και μειώνεται άμεσα, με τις θερμοκρασιακές μεταβολές.

Στις μονάδες επεξεργασίας της παραγωγής, χρησιμοποιούνται τροποποιημένες ατμόσφαιρες στο φρέσκο προϊόν, για την καθυστέρηση της γήρανσης. Οι συγκεντρώσεις CO<sub>2</sub> που χρησιμοποιούνται συνήθως στα ελάχιστα επεξεργασμένα λαχανικά, συνήθως κυμαίνονται μεταξύ 5% και 25%. Μεγαλύτερες συγκεντρώσεις από αυτήν, μπορούν να προκαλέσουν φθορά στα περισσότερα λαχανικά.

Οι βέλτιστες συγκεντρώσεις CO<sub>2</sub> για την διατήρηση των λαχανικών, δεν είναι πάντα βέλτιστες για τον περιορισμό της ανάπτυξης των μικροοργανισμών. Ο Deak(1994) μελέτησε τις επιδράσεις της τροποποιημένης ατμόσφαιρας σε διάφορους μικροοργανισμούς σε μέσα καλλιέργειας και σε λαχανικά. Απέδειξε, ότι τα πειραματικά αποτελέσματα με εργαστηριακά μέσα, δεν μπορούν να προβλέψουν πάντα το βέλτιστο σύστημα για χρήση με λαχανικά. Για παράδειγμα, η ανάπτυξη ενός βακτηρίου, του *Flavobacterium*, και 3 γενών μυκήτων, των *Aurobasidium*, *Aspergillus* και *Penicillium*, σε εργαστηριακά μέσα, παρεμποδίστηκε από ατμόσφαιρα που περιελάμβανε 10% CO<sub>2</sub>. Ωστόσο, συγκέντρωση μεγαλύτερη του 5% CO<sub>2</sub>, είχε ως αποτέλεσμα την αυξημένη αλλοίωση δειγμάτων κουνουπιδιού. Έτσι, προτάθηκε ο συμβιβασμός της ελαφράς μικροβιακής παρεμπόδισης και η χρησιμοποίηση της ατμόσφαιρας απλά για την διατήρηση της συνολικής ποιότητας του τροφίμου.

Οι τροποποιημένες ατμόσφαιρες που χρησιμοποιούνται με τα φρέσκα προϊόντα, ορισμένες φορές δεν έχουν καμία προφανή επίδραση στους μικροοργανισμούς. Οι Grieker, Wei και Nelson(1986), συμπέραναν ότι οι πληθυσμοί των ολικών αερόβιων μικροοργανισμών σε λαχανικά σαλατών που αποθηκεύονται υπό ψύξη σε 10,5% CO<sub>2</sub> και 2,25% CO<sub>2</sub> διαφοροποιούνται κατά μόνο ένα δέκατο του κύκλου δεκαδικού λογαρίθμου. Οι Beuchat και Brackett(1990) απέκτησαν παρόμοια αποτελέσματα για δείγματα μαρουλιού που αποθηκεύεται σε ατμόσφαιρα 3% CO<sub>2</sub> και 97% N<sub>2</sub>. Επίσης, κατέληξαν στο ότι η ατμόσφαιρα δεν έχει καμία επίδραση στην ανάπτυξη είτε των ολικών αερόβιων ή ψυχρότροφων



μικροοργανισμών. Σε άλλες περιπτώσεις, οι μικροοργανισμοί των φρέσκων προϊόντων, μπορεί να επηρεαστούν. Οι Berrang, Brackett και Beuchat(1990) συμπέραναν ότι η αποθήκευση δειγμάτων μπρόκολου στους 1 °C σε ατμόσφαιρα που περιλαμβάνει 10% CO<sub>2</sub> και 11% O<sub>2</sub>, παρεμποδίζει την ανάπτυξη των ολικών αερόβιων μικροοργανισμών κατά αρκετούς δεκαδικούς λογάριθμους.

### **ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ**

Η συσκευασία ελαχιστοποιεί την αφυδάτωση του προϊόντος, μια κύρια αιτία της υποβάθμισης των ελάχιστα επεξεργασμένων λαχανικών. Επιπλέον, ορισμένα είδη συσκευασίας, σχεδιάζονται ειδικά για την εκμετάλλευση της χρήσης τροποποιημένης ατμόσφαιρας. Άλλα είδη μπορούν να μετατραπούν ακούσια σε συστήματα τροποποιημένης ατμόσφαιρας, ως αποτέλεσμα της μεταβολικής δραστηριότητας του προϊόντος.

Η χρήση της συσκευασίας μπορεί να έχει σημαντική επίδραση στην μικροχλωρίδα των φρέσκων λαχανικών. Το υλικό συσκευασίας μπορεί από μόνο του να συνεισφέρει σημαντικά στην μικροχλωρίδα, εφόσον είναι επαρκώς μολυσμένο. Ωστόσο, οι μεγαλύτερες επιπτώσεις της συσκευασίας, σχετίζονται καταρχάς με την ικανότητα της να επηρεάζει το μικροπεριβάλλον των συσκευασμένων λαχανικών. Όπως οι τροποποιημένες ατμόσφαιρες, πολλές τεχνικές συσκευασίας που προτείνονται για χρήση σε φρέσκα λαχανικά, σχεδιάζονται ώστε να επεκτείνουν την διατηρησιμότητα των προϊόντων, χωρίς αναφορά σε μεταβολές στην μικροχλωρίδα. Τα λαχανικά διαφέρουν σε σχέση με τα άλλα τρόφιμα, καθώς είναι ζωντανοί ιστοί που διατηρούν ενεργό τον μεταβολισμό τους. Έτσι, ο εγκλεισμός των τροφίμων σε συσκευασία πιθανώς να επιφέρει αλλαγές στο μικροπεριβάλλον του τροφίμου. Πολλές από τις μικροβιακές αλλαγές που απαντώνται στα φρέσκα λαχανικά, απορρέουν από αλλαγές στην υγρασία της συσκευασίας. Η αναπνοή των φυτικών ιστών αυξάνει την σχετική υγρασία και έτσι αυξάνει την πιθανότητα ανάπτυξης μούχλας. Η αυξημένη υγρασία, επίσης αυξάνει την πιθανότητα συμπίκνωσης στην ατμόσφαιρα της συσκευασίας.

Αυτή η συσσώρευση σταγονιδίων νερού μπορεί να επηρεάσει από μόνη της την μικροχλωρίδα. Αρχικά, τα σταγονίδια μπορούν να λειτουργήσουν ως μέσο μεταφοράς και να επιτρέψουν έτσι στους μικροοργανισμούς να διανεμηθούν ευκολότερα σε άλλα σημεία του προϊόντος. Επιπρόσθετα, τα σταγονίδια αυτά μπορούν να διαλυτοποιήσουν χρησιμοποιήσιμους υδρογονάνθρακες που εκκρέονται από τους φυτικούς ιστούς και να αποτελέσουν μέσο ανάπτυξης. Η χρήση υλικών που απορροφούν το νερό βοηθά στην ελαχιστοποίηση των σταγονιδίων νερού που συγκεντρώνονται στα προϊόντα και έτσι ελαχιστοποιεί την μικροβιακή ανάπτυξη.

Οι συγκεντρώσεις των ατμοσφαιρικών αερίων μπορούν επίσης να μεταβάλλονται όταν συσκευάζονται τα λαχανικά. Συνεπώς, επηρεάζεται έτσι η μικροχλωρίδα. Οι Sugiyama και



Yang(1986), δημοσίευσαν μια από τις πρώτες αναφορές που αποδεικνύουν την σημαντικότητα της αναπνοής του προϊόντος στην μικροχλωρίδα. Συγκεκριμένα, αποδείχθηκε ότι η μεταβολική δραστηριότητα συσκευασμένων μανιταριών μετέβαλε την σύσταση της ατμόσφαιρας σε τέτοιο βαθμό, που το υποχρεωτικά αερόβιο *Clostridium botulinum* μπορούσε πλέον να αναπτυχθεί. Οι Deak et al., (1997), παρατήρησαν ότι οι συγκεντρώσεις CO<sub>2</sub> και O<sub>2</sub> μεταβλήθηκαν σημαντικά, αφότου δείγματα καλαμποκιού συσκευάστηκαν τυλιγμένα ,σε πολύ μικρό μέγεθος. Τα αέρια αυτά έφτασαν στο 10% και 12%, αντίστοιχα. Οι βασικότερες αλλαγές που παρατηρήθηκαν στην μικροχλωρίδα, ήταν οι ελαφρώς υψηλότεροι πληθυσμοί αερόβιων μεσόφιλων μικροοργανισμών και μυκήτων σε συσκευασμένα δείγματα καλαμποκιού, σε σχέση με τα μη συσκευασμένα.

Η αυξημένη ανάπτυξη των μικροοργανισμών και η βελτιωμένη διάρκεια ζωής, δεν εμφανίζεται να έχει άμεση σχέση με τις δραστικές ατμοσφαιρικές μεταβολές, καθώς έχουν παρατηρηθεί παρόμοιες μεταβολές σε δείγματα ντοματών, μπρόκολου και πιπεριών, χωρίς αντίστοιχη ραγδαία μεταβολή των ατμοσφαιρικών συνθηκών. Ο Brackett(1990), παρατήρησε ότι η μικροχλωρίδα των ντοματών και του μπρόκολου, άλλαξε από κυρίως gram αρνητική σε gram θετική. Σε αντίθεση, η μικροχλωρίδα των μη συσκευασμένων προϊόντων, ήταν παρόμοια με τα αρχικά προϊόντα, όντας κυρίως gram αρνητική.

Η μικροχλωρίδα και η ατμόσφαιρα των προϊόντων που συσκευάζονται υπό κενό, είναι επίσης πιθανό να μεταβληθεί. Οι Buick και Damoglou(1987), έδειξαν ότι η ατμόσφαιρα συσκευασμένων υπό κενό δειγμάτων καρότων, μεταβλήθηκε από τις συνθήκες περιβάλλοντος, σε μια μέγιστη συγκέντρωση της τάξης του 35% CO<sub>2</sub> και μιας ελάχιστης συγκέντρωσης 25% O<sub>2</sub>, κατά την διάρκεια της αποθήκευσης. Ο βαθμός της ατμοσφαιρικής αλλαγής ήταν ο μέγιστος στην υψηλότερη θερμοκρασία αποθήκευσης(15°C)και ο ελάχιστος στην χαμηλότερη θερμοκρασία αποθήκευσης(4°C). Επίσης έδειξαν ότι η μικροχλωρίδα αναμενόμενα μεταβλήθηκε από κυρίως μικροαερόφιλους gram αρνητικούς(ειδικά το *Erwinia*)σε ζυμωμένους gram θετικούς μικροοργανισμούς(ειδικά το *Leuconostic*). Όπως και με άλλα είδη συσκευασίας, επεκτάθηκε η διατηρησιμότητα κυρίως στις χαμηλότερες θερμοκρασίες αποθήκευσης.

## ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

Η χαμηλής δόσης ακτινοβολία(1 kGy ή και χαμηλότερη), έχει προταθεί ως μια τεχνική ελάχιστης επεξεργασίας για την επέκταση της διάρκειας ζωής ορισμένων λαχανικών. Οι πρωταρχικές χρήσεις της τεχνικής αυτής, είναι η εξάλειψη των εντόμων, ή η παρεμπόδιση της βλάστησης. Ωστόσο, η ακτινοβολία γάμμα, επηρεάζει του μικροοργανισμούς σε ποικίλους βαθμούς. Τα gram αρνητικά αλλοιογόνα βακτήρια, είναι τα περισσότερο ευαίσθητα στην ακτινοβολία γάμμα, ανάμεσα στους άλλους μικροοργανισμούς. Έτσι, αναμένεται να μειωθούν τα είδη της αλλοίωσης των λαχανικών που σχετίζονται με τα βακτήρια αυτά. Ωστόσο, οι μύκητες είναι από τους πιο ανθεκτικούς μικροοργανισμούς στην ακτινοβολία. Έτσι, η

ακτινοβολία έχει μικρότερη επίδραση σε προϊόντα όπως είναι τα φρούτα, στα οποία κυριαρχούν αυτού του είδους οι μικροοργανισμοί. Οι Deak et al., (1987), παρατήρησε την επίδραση της επιβίωσης διαφόρων ειδών μικροχλωρίδας σε δείγματα καλαμποκιού μετά από ακτινοβολία. Αποδείχτηκε ότι 1 kGy δόση ακτινοβολίας γάμμα, είχε ως αποτέλεσμα την μείωση των αερόβιων μεσόφιλων μικροοργανισμών κατά 3 δεκαδικούς λογαρίθμους και πάνω. Σε αντίθεση, οι πληθυσμοί των μυκήτων μειώθηκαν μόνο κατά 1,7 περίπου δεκαδικούς λογαρίθμους και οι πλυθυσμοί που επιβίωσαν αναπτύχθηκαν γρηγορότερα σε σχέση με τους αερόβιους μικροοργανισμούς.

#### **ANAMENOMENH DIAPKEIA ZΩHΣ**

Η αναμενόμενη διάρκεια ζωής των ελάχιστα επεξεργασμένων λαχανικών που διατηρούνται υπό ψύξη, έχει άμεση επίδραση στην μικροχλωρίδα. Ο χρόνος που μεσολαβεί ανάμεσα στην συγκομιδή ενός προϊόντος και στην κατανάλωση του υπαγορεύει συχνά την κύρια μικροβιολογική ανησυχία. Η πιθανότητα μιας τροφιμογενούς ασθένειας είναι μια κύρια ανησυχία, με ορισμένα προϊόντα που τείνουν να καταναλώνονται γρήγορα μετά την συγκομιδή. Έτσι, είναι απαραίτητη η δυνατότητα ανίχνευσης οργανισμών όπως για παράδειγμα τα εντεροβακτήρια. Σε αντίθεση, η αποθήκευση μακράς διάρκειας έχει σαν αποτέλεσμα να αυξάνεται η πιθανότητα εμφάνισης αλλοίωσης στο τρόφιμο. Στην περίπτωση αυτή, μπαίνουν στο επίκεντρο οι αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί.

Η επέκταση της διάρκειας ζωής δίνει περισσότερο χρόνο για ενδεχόμενες μεταβολές στους μικροβιακούς πληθυσμούς και δυνατότητα ανάπτυξης σχετικά αργά αναπτυσσόμενων μικροοργανισμών, όπως οι ψυχρότροφοι μικροοργανισμοί. Έτσι, μικροβιολογικά προβλήματα που ενδεχομένως να μην παρουσιάζονται κατά την αποθήκευση μικρής διάρκειας, μπορεί να προκύψουν ως κυρίαρχα προβλήματα, στην περίπτωση της μακρόχρονης αποθήκευσης. Έτσι, όλοι οι κρίκοι της διατροφικής αλυσίδας, χρειάζεται να γνωρίζουν την βασική μικροχλωρίδα των προϊόντων, πριν αυτά διανεμηθούν στους καταναλωτές.

#### **4.6 ΑΛΛΟΙΩΣΗ**

##### **ΣΥΧΝΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΑΛΛΟΙΩΣΗΣ**

Ο ευρύτερος ορισμός για την μικροβιακή αλλοίωση περιλαμβάνει οποιαδήποτε διαδικασία ή συνθήκη που κάνει ένα τρόφιμο ανεπιθύμητο για κατανάλωση. Αυτές οι διαδικασίες μπορεί να είναι αρκετά ποικίλες, όπως ο φυσικός τραυματισμός, η ενζυμική δραστηριότητα, η γήρανση, προβλήματα ασφάλειας, ή μικροβιακή υποβάθμιση. Από τις παραπάνω, ο φυσικός τραυματισμός έχει σαν συνέπεια τις μεγαλύτερες απώλειες.

##### **ΕΙΔΗ ΑΛΛΟΙΩΣΗΣ**

Η αλλοίωση των λαχανικών ταξινομείται συχνά, ανάλογα με το πού ή το πότε η αλλοίωση γίνεται εμφανής. Η αλλοίωση πριν την συγκομιδή ή λόγω εδάφους, αναφέρεται σε αυτά τα

προβλήματα που γίνονται εμφανή προτού το προϊόν συλλεχθεί. Παραδοσιακά, αυτός είναι ο τομέας απασχόλησης των φυτοπαθολόγων. Τέτοιου είδους αλλοίωση είναι οικονομικής ανησυχίας για τους παραγωγούς αλλά δεν επηρεάζει ιδιαίτερα το προϊόν επεξεργασίας.

Η αλλοίωση που γίνεται ορατή μετά την συγκομιδή, αναφέρεται συνήθως ως «ασθένεια αγοράς». Αυτός είναι ο τύπος αλλοίωσης που αφορά ως επί το πλείστον τα ελάχιστα επεξεργασμένα λαχανικά. Το κύριο πρόβλημα με την κατηγοριοποίηση της αλλοίωσης με τον τρόπο αυτό, είναι ότι ορισμένοι μικροοργανισμοί μπορούν να προκαλέσουν αλλοίωση που πραγματοποιείται τόσο πριν, όσο και μετά την συγκομιδή. Επιπλέον, ορισμένα μικροβιολογικά προβλήματα συχνά πρωτοεμφανίζονται πριν την συγκομιδή, αλλά δεν γίνονται εμφανή μέχρι και μετά την συγκομιδή. Έτσι, περιγράφοντας την αλλοίωση με αυτούς τους όρους, συχνά μπορεί να γίνει παραπλανητική.

Όπως έχει προαναφερθεί, τα λαχανικά έχουν τα καθένα μια ενδογενή χαρακτηριστική μικροχλωρίδα. Οι ίδιες αρχές ισχύουν και για τους αλλοιογόνους μικροοργανισμούς. Τόσο οι μύκητες όσο και τα βακτήρια είναι σημαντικές πηγές αλλοίωσης στα ελάχιστα επεξεργασμένα λαχανικά. Η υψηλή ενεργότητα νερού και το ουδέτερο pH των λαχανικών, τα κάνει εξίσου ικανούς φορείς για κάθε είδος μικροοργανισμού. Ωστόσο, ο ταχύτερος ρυθμός ανάπτυξης των βακτηρίων τους επιτρέπει να ανταγωνίζονται πιο εύκολα τους μύκητες στα τρόφιμα αυτά. Συνεπώς, τα βακτήρια είναι πιο συχνά υπεύθυνα για την αλλοίωση μετά την συγκομιδή των υπό ψύξη λαχανικών.

Πολλά διαφορετικά γένη βακτηρίων μπορούν να αλλοιώσουν τα φρέσκα και τα ελάχιστα επεξεργασμένα λαχανικά, ωστόσο η πλειοψηφία τους είναι gram αρνητικά. Από αυτά, το *Erwinia* είναι από τα πιο επιθετικά. Περίπου 5 είδη ή υποείδη του *Erwinia*, είναι υπεύθυνα για την αλλοίωση φυτικών προϊόντων. Ωστόσο, το *E. carotovora* είναι αυτό που σχετίζεται πιο συχνά με την φθορά των λαχανικών. Αυτό το βακτήριο προκαλεί μαλακή σήψη στα περισσότερα λαχανικά αλλά είναι ιδιαίτερα γνωστό για την επίθεση του στις πατάτες. Η σήψη που προκαλείται από αυτό, ξεκινά ως περιοχή εμποτισμένη με νερό, στον ιστό των λαχανικών. Καθώς η μόλυνση προχωρά, η περιοχή της σήψης επεκτείνεται έως ότου εμφανιστεί πλήρης κατάρρευση του φυτικού ιστού.

Τα φθορίζοντα είδη του *Pseudomonas*, όπως το *P. marginalis*, είναι μια ομάδα επίσης συχνών και κοινών αλλοιογόνων μικροοργανισμών των λαχανικών υπό ψύξη. Τα βακτήρια αυτά είναι υπεύθυνα για την μαλακή σήψη πολλών ειδών λαχανικών, συμπεριλαμβανομένων του σέλери, της πατάτας, του ραδικιού, του μαρουλιού, του κινέζικου λάχανου και του λάχανου. Τα χαρακτηριστικά που προκαλεί η σήψη που οφείλεται στο βακτήριο αυτό, μοιάζουν με τα χαρακτηριστικά με του *E. carotovora*. Ωστόσο, οι ψευδομονάδες αναπτύσσονται γρηγορότερα

σε θερμοκρασίες ψύξης και έτσι είναι πιο πιθανό να προσβάλλουν τα προϊόντα υπό ψύξη, σε σχέση με το *E. carotovora*.

Αρκετά gram θετικά βακτήρια, κυρίως κλοστρίδια και βάκιλλοι, μπορούν επίσης να προκαλέσουν αλλοίωση των λαχανικών σε κατάλληλες συνθήκες. Ωστόσο, τα βακτήρια αυτά αναπτύσσονται με πολύ αργούς έως μηδαμινούς ρυθμούς σε θερμοκρασίες ψύξης. Η ελάχιστη θερμοκρασία στην οποία αναπτύσσονται τα αλλοιογόνα στελέχη του *Clostridium puniceum* ήταν στους 7°C, ενώ τα περισσότερα αδυνατούν να αναπτυχθούν σε θερμοκρασίες χαμηλότερες των 10 °C. Έτσι, μπορούν να ανιχνευθούν διαφορετικά είδη αλλοίωσης όταν τα λαχανικά εκτίθενται σε καταχρηστικές θερμοκρασίες.

Παρόλο που πολλά είδη μυκήτων μπορούν να συσχετιστούν με την αλλοίωση των λαχανικών, μόνο λίγα σχετικά, προκαλούν τα περισσότερα προβλήματα αλλοίωσης. Ακόμα λιγότερα είναι ικανά να αλλοιώσουν τα λαχανικά σε θερμοκρασίες ψύξης. Είδη από τους μύκητες *Fusarium*, *Cladosporium*, *Penicillium* και *Thamnidium* αναπτύσσονται και αλλοιώνουν τα λαχανικά σε θερμοκρασίες ψύξης. Ωστόσο, ομοίως τα ψυχρότροφα βακτήρια είναι πιο πιθανό να προκαλέσουν αλλοίωση σε λαχανικά με ουδέτερο pH. Έτσι, στα λαχανικά, είναι περισσότερο αναμενόμενη η αλλοίωση που οφείλεται σε μύκητες, όταν δεν διατηρούνται σε επαρκή ψύξη. Ορισμένα λαχανικά, καταστρέφονται ευκολότερα σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες αποθήκευσης. Επομένως, είναι αναμενόμενη η αλλοίωση που οφείλεται σε μύκητες στα προϊόντα αυτά, ειδικά σε συνθήκες υγρασίας. Πράγματι, ο Brackett(1990), παρατήρησε ότι η ανάπτυξη μούχλας ήταν ένα από τα πρώτα ελαττώματα που παρατηρήθηκαν σε δείγματα συσκευασμένων πιπεριών, που αποθηκεύονται στους 13 °C. Σε αντίθεση, οι μη συσκευασμένες πιπεριές, οι οποίες αποθηκεύονται σε συνθήκες χαμηλής υγρασίας, υπόκεινται σε μαλακή σήψη, αλλά όχι σε ανάπτυξη μούχλας.

#### **ΤΡΟΦΙΜΟΓΕΝΕΙΣ ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ ΑΠΟ ΛΑΧΑΝΙΚΑ**

Δεν περιλαμβάνουν όλα τα λαχανικά ισάξιους κινδύνους για ανάπτυξη τροφιμογενών παθογόνων μικροοργανισμών. Τα λαχανικά, ιδιαίτερα όταν είναι ανεπεξέργαστα, βρίσκονται ανάμεσα στα ασφαλέστερα τρόφιμα. Υπάρχουν διάφοροι λόγοι για τους οποίους τα ελάχιστα επεξεργασμένα προϊόντα είναι σχετικά ασφαλή, συγκρινόμενα με άλλα τρόφιμα. Καταρχάς, οι συνθήκες που χρησιμοποιούνται με τα φρέσκα προϊόντα είναι ανεπιθύμητες για την ανάπτυξη των περισσότερων παθογόνων μικροοργανισμών. Μόνο λίγοι σχετικά από τους παθογόνους μικροοργανισμούς είναι ικανοί να αναπτυχθούν στις θερμοκρασίες ψύξης που χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση των προϊόντων. Επίσης, οι τυπικοί αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί στην παραγωγή υπό ψύξη είναι συνήθως ψυχρότροφοι και έτσι εμφανίζουν ένα ανταγωνιστικό πλεονέκτημα απέναντι στους περισσότερους παθογόνους μικροοργανισμούς. Ορισμένες φορές, ο ανταγωνισμός αυτός μπορεί να αποτρέπει την ανάπτυξη των παθογόνων μικροοργανισμών. Σε άλλες περιπτώσεις, το τρόφιμο απλά

αλλοιώνεται πριν καταναλωθεί. Ωστόσο, οι τροφιμογενείς ασθένειες μπορούν και εμφανίζονται σε φρέσκα και έτοιμα για κατανάλωση λαχανικά.

Συγκεκριμένα, τις τελευταίες δεκαετίες, ξεσπάσματα ασθενειών λόγω παθογόνων μικροοργανισμών σε λαχανικά και φρέσκα προϊόντα( όπως για παράδειγμα η εύρεση *E. coli* O157:H7 σε δείγματα σπανακιού στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής το 2006 και η εύρεση *Salmonella* σε δείγματα ντομάτων επίσης στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής το 2008)έχουν αυξήσει το ενδιαφέρον για τον χαρακτηρισμό των μικροβιακών κινδύνων που σχετίζονται με τα φρέσκα λαχανικά. Ωστόσο, η βιβλιογραφική ανασκόπηση για αντίστοιχα ξεσπάσματα στην Ευρωπαϊκή Ένωση, παρέχει ασαφείς πληροφορίες σχετικά με τροφιμογενείς ασθένειες που να σχετίζονται με τα φρέσκα προϊόντα. Επιπλέον, οι αναφορές δεν έχουν τυποποιηθεί ανάμεσα στις διάφορες χώρες για ενδείξεις ξεσπασμάτων ασθενειών που να σχετίζονται με συγκεκριμένα προϊόντα. Τόσο το Κέντρο Ελέγχου Ασθενειών της Αμερικής όσο και το Σύστημα Γρήγορου Συναγερμού για τα Τρόφιμα και την Διατροφή της Ευρωπαϊκής Ένωσης αναφέρουν ότι το 4% περίπου των καταγεγραμμένων διατροφικών μολύνσεων αποδίδονται σε λαχανικά. Πρόσφατα, το 46% των τροφιμογενών ασθενειών στην Αμερική αποδόθηκε στην παραγωγή. Οι γενικές αναφορές δείχνουν ότι η κατανάλωση ωμών λαχανικών δεν θέτει έναν αυξημένο μικροβιολογικό κίνδυνο υγείας, δεδομένων των επιδημιολογικών στοιχείων από την Ευρωπαϊκή Ένωση και την Αμερική. Επιπλέον, η πιθανότητα ενός ξεσπάματος εξαιτίας της κατανάλωσης ωμών λαχανικών συγκρίνεται με ομάδες άλλων προϊόντων, όπως τα αυγά, τα γαλακτοκομικά προϊόντα, και των θαλασσινών και οστρακοειδών. Ωστόσο, εξαιτίας του μεγαλύτερου αριθμού των ασθενών ανά ξέσπασμα, τα λαχανικά αποτελούν το δεύτερο κατά σειρά προϊόν μετά το κρέας και τα προϊόντα του, που χρήζει ιδιαίτερης προσοχής για μικροβιολογική μόλυνση. Η αύξηση στην παραγωγή και κατανάλωση των έτοιμων για κατανάλωση λαχανικών, μπορεί να αυξήσει τον ενδεχόμενο κίνδυνο αν και η επικράτηση του είναι υπό αμφισβήτηση. Έρευνες που σχετίζονται με αυτού του είδους τα προϊόντα αποκάλυψαν την επικράτηση των παθογόνων μικροοργανισμών σε κλίμακα από 0 έως 4,5%.

## 5<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ

### ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΚΙΝΗΤΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΠΟΙΟΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΣΕ ΕΤΟΙΜΑ ΠΡΟΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΜΕΣΩ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ SOPHY

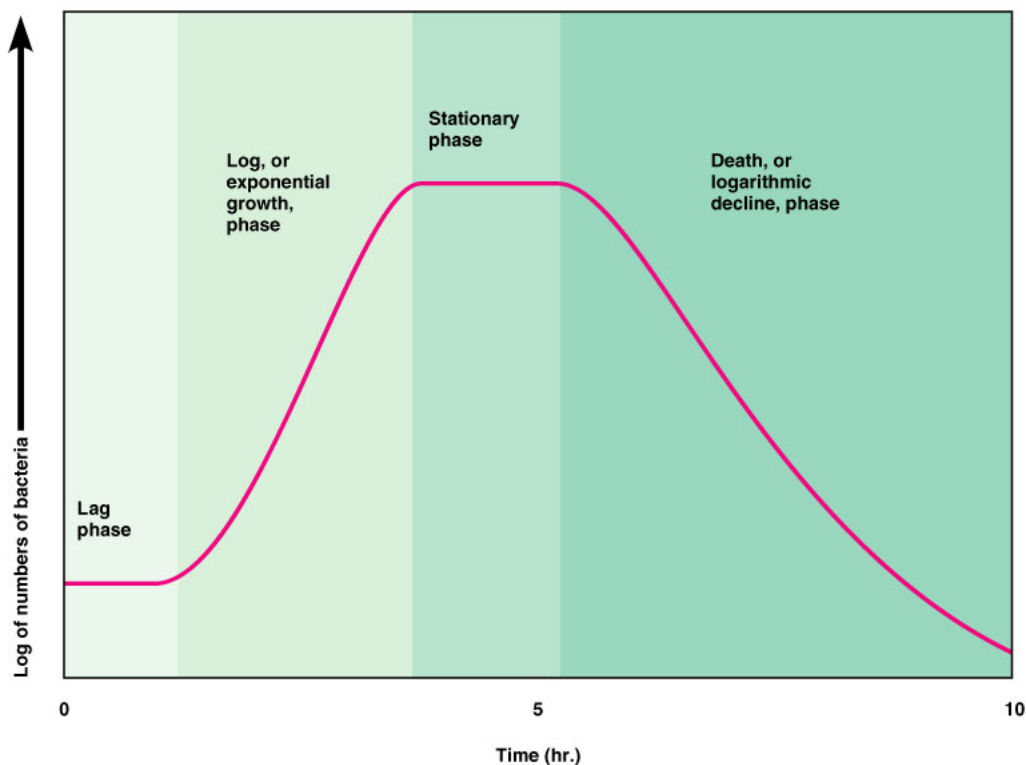
Το ευρωπαϊκό πρόγραμμα Sophy, αφορά την “Ανάπτυξη ενός εργαλείου λογισμικού για την πρόβλεψη της διατηρησιμότητας, της ποιότητας και της ασφάλειας των έτοιμων για κατανάλωση προϊόντων τροφίμων”, όπως ορίζει και ο ακριβής τίτλος του. Το συγκεκριμένο πρόγραμμα συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή μέσα στα πλαίσια του 7<sup>ου</sup> Πλαισίου Προγράμματος Στήριξης(2007-2013) και την συνεργασία του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου και του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών και έχει ξεκινήσει από την 01/02/2012. Έχουν επιλεγθεί φρεσκοσυλλεγμένες σαλάτες και σαλάτες deli, ως πρότυπα συστήματα τροφίμων. Έτσι, οι παραγωγοί τροφίμων θα μπορούν να βελτιστοποιήσουν ουσιαστικά την επιλογή πρώτων υλών, την σύνθεση του προϊόντος και τα στάδια επεξεργασίας. Το λογισμικό υπολογίζει την επίδραση του κάθε βήματος επεξεργασίας στην ασφάλεια(ανάπτυξη ή επιβίωση σχετικών παθογόνων μικροοργανισμών)και την διατηρησιμότητα(ανάπτυξη των συγκεκριμένων αλλοιογόνων μικροοργανισμών ή/και τον σχηματισμό ανεπιθύμητων παραπροϊόντων), λαμβάνοντας παράλληλα υπόψη την διατήρηση της ποιότητας(οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και άλλες ποιοτικές παράμετροι). Τα πιθανοτικά μοντέλα βασίζονται σε ήδη υπάρχοντα σύνολα δεδομένων για την βακτηριακή ανάπτυξη και τις ποιοτικές μεταβολές υπό ποικίλες συνθήκες, τα οποία υπάρχουν από προηγούμενες μελέτες(όπου αυτό είναι διαθέσιμο) και επίσης σε δεδομένα που προκύπτουν κατά την διάρκεια του προγράμματος. Οι χρήστες θα έχουν επιπλέον την δυνατότητα να εισάγουν τα δικά τους δεδομένα, όπως για παράδειγμα το αρχικό μικροβιακό φορτίο. Το λογισμικό αυτό μπορεί συνεχώς να επεκτείνεται ακόμα και μετά την λήξη του προγράμματος, μέσω της εισαγωγής νέων συνόλων δεδομένων(για παράδειγμα για άλλα προϊόντα τροφίμων, διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες). Εκτός αυτού, το πρόγραμμα στοχεύει όχι μόνο στην πρόβλεψη πιθανοτικών μοντέλων, αλλά επίσης στον συνδυασμό πληροφοριών σχετικά με διαφορετικές τεχνικές επεξεργασίας, σύνθεσης προϊόντων, περιβαλλοντικές συνθήκες(για παράδειγμα συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας), όπως επίσης και στην διαχείριση της υγιεινής, της ποιότητας και της ασφάλειας(για περισσότερες λεπτομέρειες βλ. στο παράρτημα). Αυτά τα δελτία πληροφοριών έχουν ως στόχο την επιμόρφωση των παραγωγών τροφίμων, δεδομένου ότι δεν πρέπει μόνο να βλέπουν την επίδραση των διαφόρων παραγόντων στην διάρκεια ζωής και την ανάπτυξη των παθογόνων μικροοργανισμών που υπολογίζεται από τα μοντέλα, αλλά χρειάζεται να γνωρίζουν την αιτία. Πληροφορίες αυτού του είδους είναι απαραίτητες για μικρές επιχειρήσεις με περιορισμένα τεχνικά μέσα.

## 5.1 Μοντέλα πρόβλεψης μικροβιακής αλλοίωσης σε δείγματα φρεσκοσυλλεγμένων σαλατών

### 5.1.1 ΚΙΝΗΤΙΚΗ ΜΙΚΡΟΒΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

Φάσεις ανάπτυξης μικροβιακού πληθυσμού

Σε ένα περιβάλλον στο οποίο τα θρεπτικά συστατικά δεν αποτελούν περιοριστικό παράγοντα, ένα βακτήριο ή ένας μικροβιακός πληθυσμός θα αναπαραχθεί και θα αυξηθεί σε αριθμό. Γενικά, για οποιονδήποτε ομοιογενή μικροβιακό πληθυσμό, κάτω από συνθήκες σταθερής κατάστασης, η ανάπτυξη σ' ένα θρεπτικό μέσο ή σ' ένα πραγματικό σύστημα τροφίμου, μπορεί να τυποποιηθεί από την καμπύλη του σχήματος 5.1.1 η οποία προκύπτει αν σχεδιαστεί ο λογάριθμος του πληθυσμού των βακτηρίων συναρτήσει του χρόνου.



Διάγραμμα 5.1.1: Φάσεις ανάπτυξης μικροοργανισμών

Όπως φαίνεται στο σχήμα 5.1.1, υπάρχει ένας αρχικός αργός ρυθμός αύξησης του λογαρίθμου της πυκνότητας των κυττάρων, που αυξάνεται σε έναν σχεδόν σταθερό ρυθμό ανάπτυξης, μειώνεται ξανά στο μηδέν και τελικά ο ρυθμός γίνεται αρνητικός. Αυτές οι τέσσερις φάσεις της καμπύλης ανάπτυξης αναφέρονται αντίστοιχα ως: Λανθάνουσα φάση, εκθετική φάση, φάση στασιμότητας και φάση κάμψης ή θανάτου.

Η λανθάνουσα φάση είναι μια χρονική περίοδος κατά την οποία τα κύτταρα προσαρμόζουν τη

φυσιολογία και τη βιοχημεία τους στο καινούριο περιβάλλον που βρίσκονται, ενώ κατά τη διάρκεια της εκθετικής φάσης τα κύτταρα αναπτύσσονται όσο πιο γρήγορα είναι δυνατό σε αυτό το περιβάλλον. Κατά την εκθετική φάση τα κύτταρα επιδεικνύουν εξισορροπημένη ανάπτυξη, κατά την οποία ο ρυθμός σύνθεσης κάθε συστατικού του κυττάρου (ένζυμα, δομικά μόρια, DNA) είναι τέτοιος ώστε να μην γίνεται μεγαλύτερη σύνθεση από αυτήν που απαιτείται για την παραγωγή νέων κυττάρων. Δηλαδή ολόκληρη η μεταβολική δραστηριότητα των κυττάρων κατευθύνεται στην αναπαραγωγή. Στην εκθετική φάση όλα τα συστατικά των κυττάρων βρίσκονται σε σταθερές αναλογίες και τα κύτταρα θεωρούνται, για πρακτικούς σκοπούς φυσιολογικά ταυτόσημα (πανομοιότυπα).

Καθώς ο πληθυσμός συνεχίζει να αυξάνεται, η συσσώρευση των μεταβολιτών μέσα στο περιβάλλον γίνεται αρκετά παρεμποδιστική, ώστε να προκαλεί μείωση στο ρυθμό πολλαπλασιασμού των κυττάρων. Κατά τη διάρκεια της φάσης στασιμότητας, οι συνθήκες μπορεί να γίνουν τόσο απαγορευτικές, ώστε να οδηγήσουν στο θάνατο και στη λύση των κυττάρων, οπότε ο καθαρός ρυθμός αύξησης του πληθυσμού μειώνεται συνεχώς και τελικά μηδενίζεται.

Η διάρκεια της φάσης στασιμότητας ποικίλλει, αλλά τελικά καθώς όλο και περισσότερες τοξίνες συσσωρεύονται, ο ρυθμός θανάτου των κυττάρων γίνεται μεγαλύτερος από την ικανότητα του περιβάλλοντος να υποστηρίξει την κυτταρική διαίρεση, με αποτέλεσμα τη μείωση του μεγέθους βακτηριακής πυκνότητας και την είσοδο των μικροβίων σε μια νέα φάση, που αναγνωρίζεται ως φάση θανάτου. Η σύνθεση του τροφίμου, οι περιβαλλοντικές συνθήκες, η ηλικία και η κατάσταση των μικροβίων μπορεί να επηρεάσουν τη μορφή της καμπύλης ανάπτυξης. Η καμπύλη ανάπτυξης μπορεί να μην περιλαμβάνει λανθάνουσα φάση, πράγμα που συμβαίνει όταν οι μικροοργανισμοί μεταφέρονται στις ίδιες περιβαλλοντικές συνθήκες, σε έναν σχετικά υψηλό πληθυσμό και κατά τη διάρκεια της εκθετικής φάσης.

Για τα βακτήρια, τα τρόφιμα αποτελούν ένα νέο περιβάλλον το οποίο μπορούν να εκμεταλλευτούν. Θα αναπτυχθούν και θα αναπαραχθούν στο περιβάλλον αυτό, όπως και σε ένα εργαστηριακό υπόστρωμα. Για το λόγο αυτό έχει μεγάλη σημασία η κινητική της ανάπτυξης των βακτηρίων, ιδιαίτερα κατά τη λανθάνουσα και την εκθετική φάση. Αν οι μικροοργανισμοί σε ένα τρόφιμο αναγκαστούν να παραμείνουν στη λανθάνουσα φάση, τότε ο χρόνος ζωής του τροφίμου θα επιμηκυνθεί. Αν τελικά φθάσουν στην εκθετική φάση, τότε ο ρυθμός ανάπτυξης κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες αποθήκευσης, θα καθορίσει τη διατηρησιμότητα του προϊόντος. Η φάση στασιμότητας είναι λιγότερο άμεσου ενδιαφέροντος, γιατί τα περισσότερα τρόφιμα θα έχουν είδη αλλοιωθεί και θα είναι μη αποδεκτά πριν το μικροβιακό τους φορτίο φτάσει στη φάση στασιμότητας.

Έχει προταθεί μεγάλος αριθμός μαθηματικών συναρτήσεων, οι οποίες περιγράφουν



σιγμοειδείς καμπύλες και έχουν χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία μοντέλων ανάπτυξης μικροβίων. Τα κυριότερα από αυτά είναι το μοντέλο Monod, και το μοντέλο Baranyi.

### 5.1.2 Μοντέλο Monod

Ο Monod δήλωσε ότι ο ρυθμός με τον οποίο αυξάνεται ο μικροβιακός πληθυσμός είναι ανάλογος με τον αριθμό των μελών του πληθυσμού, δηλαδή ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης ή ο χρόνος διπλασιασμού θεωρείται σταθερός για σταθερές περιβαλλοντικές συνθήκες. Αυτό είναι αποτελεσματικό μέσα σε ένα μικρό χρονικό διάστημα, πριν δηλαδή αρχίσει να μειώνεται σημαντικά το διαθέσιμο υπόστρωμα ή να μεταβάλλεται το περιβάλλον (π.χ. μείωση του pH). Η ολοκληρωμένη μορφή του μοντέλου Monod είναι:

$$N = N_0 \times e^{k(t-t_L)} \quad \text{εξ 5.1.2}$$

όπου  $N$  ο αριθμός των μικροοργανισμών σε χρόνο  $t$ ,  $N_0$  το αρχικό φορτίο,  $k$  ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης και  $t_L$  ο χρόνος λανθάνουσας φάσης.

Το μοντέλο αυτό είναι απλό και αρκετά ακριβές και έχει χρησιμοποιηθεί αρκετά, ακόμα και για μεικτούς πληθυσμούς.

### 5.1.3 Baranyi

Σε μια καλλιέργεια κάτω από σταθερές περιβαλλοντικές συνθήκες, η βακτηριακή ανάπτυξη μπορεί γενικά να χαρακτηριστεί από μια σιγμοειδή καμπύλη, όπου η εξαρτημένη μεταβλητή είναι ο λογάριθμος της κυτταρικής συγκέντρωσης. Σε μια δεδομένη χρονική στιγμή η κλίση αυτής της καμπύλης παρέχει τον στιγμιαίο ειδικό ρυθμό ανάπτυξης. Ένα από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά ενός οργανισμού σε δεδομένο περιβάλλον είναι ο μέγιστος ειδικός ρυθμός ανάπτυξης στο σημείο καμψής της σιγμοειδούς καμπύλης. Μια άλλη σημαντική παράμετρος είναι η διάρκεια της λανθάνουσας φάσης, η οποία συνήθως προσδιορίζεται από το σημείο όπου η εφαπτώμενη στο σημείο καμψής τέμνει τη χαμηλότερη ασύμπτωτη της σιγμοειδούς καμπύλης.

Το μοντέλο Baranyi et al. (1993) αποτελεί ένα καινούριο μοντέλο μικροβιακής ανάπτυξης, το οποίο αποσκοπεί πρώτα απ' όλα να δώσει έναν απλό αλλά περισσότερο μηχανιστικό ορισμό, για την διάρκεια της λανθάνουσας φάσης.

Πρόκειται για ένα μοντέλο το οποίο περιγράφει τη λανθάνουσα φάση σαν μια διαδικασία προσαρμογής σε νέο περιβάλλον. Η προσέγγιση αυτή ήδη προϋποθέτει ένα μη αυτόνομο μοντέλο, αφού λαμβάνει υπόψιν του μια ξαφνική εξωτερική επίδραση στο σύστημα. Σύμφωνα με την μαθηματική αυτή προσέγγιση, ένα δεδομένο περιβάλλον προσδιορίζει το δυνητικό ρυθμό ανάπτυξης της καλλιέργειας, ο οποίος είναι υψηλότερος από τον πραγματικό, σε

χρονική στιγμή κοντά σε αυτήν του εμβολιασμού. Η αναλογία του πραγματικού προς τον δυνητικό ρυθμό ανάπτυξης χαρακτηρίζει τη διαδικασία προσαρμογής των κυττάρων στο νέο περιβάλλον.

Ένα τυπικό πείραμα που συνήθως εκτελείται σε μικροβιολογικά εργαστήρια τροφίμων, περιλαμβάνει δύο στάδια. Το πρώτο είναι η ανάπτυξη των βακτηρίων κάτω από ευνοϊκές περιβαλλοντικές συνθήκες  $E_1$ , ώστε να ληφθεί κατάλληλο ποσό για τον εμβολιασμό, ενώ στο δεύτερο στάδιο τα βακτήρια εμβολιάζονται και κρατούνται σε ένα διαφορετικό, αλλά σταθερό φυσικό περιβάλλον  $E_2$ , σε μια καλλιέργεια. Πριν τον εμβολιασμό τα κύτταρα αναπτύσσονται εκθετικά στο περιβάλλον  $E_1$  και στη συνέχεια, ύστερα από κάποια λανθάνουσα περίοδο αυξάνονται πάλι εκθετικά στο περιβάλλον  $E_2$ , συχνά με διαφορετικό ειδικό ρυθμό ανάπτυξης, μέχρι να φτάσουν στη φάση στασιμότητας.

Θεωρούμε τη στιγμή του εμβολιασμού ως χρόνο μηδέν. Αν υποθέσουμε ότι η επίδραση των συνθηκών του περιβάλλοντος  $E_1$  είναι αμελητέα, ή αλλιώς ότι  $E_1=E_2$ , τότε η βακτηριακή ανάπτυξη στο περιβάλλον  $E_2$  περιγράφεται από την παρακάτω διαφορική εξίσωση:

$$x' = \mu(x) \times x \quad \text{εξ. 5.1.3.1}$$

$$x(0) = x_0 \quad (0 < x_0 < x_{max}) \quad \text{εξ. 5.1.3.2}$$

όπου  $x$  είναι η κυτταρική συγκέντρωση, η οποία υποθέτουμε ότι είναι ομοιογενώς κατανομημένη στο χώρο ανάπτυξης των κυττάρων και  $\mu(x)$  ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης, με  $\mu(x_0) > 0$  και  $\mu(x_{max}) = 0$ .

Κάτω από αυτές τις συνθήκες, η παραπάνω διαφορική εξίσωση έχει μια μοναδική λύση η οποία είναι γνησίως αύξουσα και συγκλίνει στο  $x_{max}$ .

Αν υποθέσουμε ότι το  $E_1$  είναι σημαντικά διαφορετικό από το  $E_2$ , τότε δεχόμαστε ότι μετά τον εμβολιασμό η κυτταρική συγκέντρωση της καλλιέργειας περιγράφεται από την παρακάτω διαφορική εξίσωση:

$$x' = \alpha(t) \times \mu(x) \times x \quad (0 \leq t < \infty, 0 < x) \quad \text{εξ. 5.1.3.3}$$

$$x(0) = x_0 \quad (0 < x_0 < x_{max}) \quad \text{εξ. 5.1.3.4}$$

όπου  $\mu(x)$  είναι ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης στο περιβάλλον  $E_2$ , με  $\mu(x_0) > 0$  και  $\mu(x_{max}) = 0$ . Το  $\alpha(t)$  εξαρτάται από το  $E_1$  και  $E_2$  και για  $0 \leq t < \infty$  ισχύει  $0 \leq \alpha(t) \leq 1$ .

Ονομάζουμε το  $\mu(x)$  δυνητικό ειδικό ρυθμό ανάπτυξης και το  $\alpha(t) \cdot \mu(x)$  πραγματικό ειδικό

ρυθμό ανάπτυξης. Το  $\alpha(t)$  συγκεκριμένα ονομάζεται συνάρτηση προσαρμογής από το περιβάλλον  $E_1$  στο περιβάλλον  $E_2$  και έχει την ιδιότητα να τείνει όλο και περισσότερο στο 1 με την πάροδο του χρόνου του πειράματος. Ο παράγοντας αυτός περιγράφει τη σταδιακή μείωση της επίδρασης του προηγούμενου περιβάλλοντος.

Το δεδομένο πραγματικό περιβάλλον  $E_2$  και η ποσότητα του εμβολίου  $x_0$  ορίζουν μοναδική δυναμική καμπύλη ανάπτυξης, σύμφωνα με την οποία ο πληθυσμός θα μπορούσε να αναπτυχθεί αν το προηγούμενο περιβάλλον ήταν το ίδιο με το παρόν ( $E_1 = E_2$  και  $\alpha(t) = 1$ ). Η δυναμική ανάπτυξη του πληθυσμού περιγράφεται από την αυτόνομη εξίσωση (5.1.3.1). Η πραγματική εξίσωση όμως περιγράφεται από τις (5.1.3.3) και (5.1.3.4), το οποίο σημαίνει ότι ύστερα από τον εμβολιασμό (απότομη μεταβολή από το περιβάλλον  $E_1$  στο  $E_2$ ), ο πραγματικός ειδικός ρυθμός των κυττάρων επηρεάζεται ιδιαίτερα από το γεγονός ότι ο χρόνος είναι κοντά στο μηδέν. Αργότερα όμως, η επίδραση του προηγούμενου περιβάλλοντος ελαττώνεται, ώσπου κάποια στιγμή μετά τον εμβολιασμό η επίδραση αυτή γίνεται πολύ μικρή έως μηδενική. Τότε τα κύτταρα αναπτύσσονται κυρίως με τον δυναμικό ρυθμό ανάπτυξής τους  $\mu(x)$ , που καθορίζεται από το νέο περιβάλλον  $E_2$ . Έτσι, ο λόγος του πραγματικού προς τον δυναμικό ρυθμό ανάπτυξης, δηλαδή η συνάρτηση προσαρμογής αναμένεται να αυξάνεται από το μηδέν (καθόλου ανάπτυξη λόγω προσαρμογής) μέχρι το 1 (ολοκληρωμένη προσαρμογή).

Μπορεί να δειχθεί μαθηματικά ότι αν  $f(t)$  είναι η λύση του προβλήματος αρχικών τιμών (5.1.3.1) και (5.1.3.2) και  $\alpha(t)$  είναι μια συνάρτηση προσαρμογής, τότε η λύση του προβλήματος αρχικών τιμών των (5.1.3.3) και (5.1.3.4) είναι:

$$g_a(t) = f[A(t)], \quad \text{όπου } A(t) = \int_0^t \alpha(\tau) d\tau \quad \text{εξ. 5.1.3.5}$$

Για πρακτικούς σκοπούς, μια συνάρτηση προσαρμογής της μορφής:

$$\alpha_n(t) = \frac{t^n}{\lambda^n + t^n}, \quad \text{εξ. 5.1.3.6}$$

όπου  $\lambda$  και  $n$  θετικές παράμετροι του μοντέλου, έχει αποδειχθεί αποτελεσματική. Η παράμετρος  $\lambda$  ονομάζεται παράμετρος λανθάνουσας φάσης (lag parameter). Η  $\alpha_n(t)$  αναφέρεται ως συνάρτηση προσαρμογής τάξης  $n$ .

Το νέο μοντέλο μικροβιακής ανάπτυξης του Baranyi έχει αρκετά χαρακτηριστικά τα οποία πλεονεκτούν σε σχέση με τις προηγούμενες προσεγγίσεις. Αν γνωρίζουμε τη σαφή λύση του αυτόνομου μέρους το οποίο περιγράφει τη δυναμική ανάπτυξη, τότε μπορεί επίσης να προκύψει σαφής λύση για την πραγματική ανάπτυξη, έτσι ώστε να μην είναι απαραίτητο να λυθεί αριθμητικά η διαφορική εξίσωση. Για τον υπολογισμό του μέγιστου ρυθμού ανάπτυξης

και τη λανθάνουσα φάση δεν είναι απαραίτητη η συγκέντρωση δεδομένων στη φάση στασιμότητας. Αυτό αποτελεί ένα σημαντικό πλεονέκτημα συγκριτικά με τη χρήση μιας σιγμοειδούς συνάρτησης, η οποία είναι φανερά εξαρτώμενη από σημεία δεδομένων γύρω από την ανώτερη ασύμπτωτη.

Η παράμετρος  $n$  χαρακτηρίζει την καμπυλότητα της καμπύλης ανάπτυξης κατά τη μετάβαση από την λανθάνουσα φάση στην εκθετική. Για μεγαλύτερη απλότητα, η τιμή του  $n$  καθορίζεται ως  $n=4$ , η οποία έχει αποδειχθεί ένας καλός συνδυασμός ικανοποιητικής προσαρμογής και ευκολίας. Αν όμως η καλλιέργεια παρουσιάζει απότομη μετάβαση ύστερα από τη λανθάνουσα περίοδο, τότε ίσως χρειαστεί υψηλότερη, αλλά σταθερή τιμή της παραμέτρου καμπυλότητας. Στην εκθετική φάση η ανάπτυξη αντιπροσωπεύεται από μια ευθεία γραμμή.

#### **5.1.4 Προρρητική Μικροβιολογία**

Η προρρητική μικροβιολογία βασίζεται στην ανάπτυξη μαθηματικών μοντέλων, τα οποία μπορούν να προβλέψουν το ρυθμό ανάπτυξης ή μείωσης των μικροοργανισμών κάτω από συγκεκριμένες περιβαλλοντικές συνθήκες, επιτρέποντας έτσι την ποσοτικοποίηση πολλαπλών ανεξάρτητων μεταβλητών και των αλληλεπιδράσεών τους. Επιχειρεί να μαθηματικοποιήσει την επίδραση καθοριστικών παραγόντων όπως η θερμοκρασία, το pH, η ενεργότητα του νερού, η συγκέντρωση αλάτων, οργανικών οξέων, η μερική πίεση οξυγόνου, διοξειδίου του άνθρακα ή άλλων αερίων, η παρουσία αντιμικροβιακών παραγόντων και άλλων εμποδίων, έτσι ώστε να επιτρέπεται η εξαγωγή συμπερασμάτων για διαφορετικά συστήματα και διεργασίες.

Ο αριθμός των παραγόντων που επηρεάζουν τους μικροοργανισμούς είναι πολύ μεγάλος, όμως στα περισσότερα τρόφιμα μόνο λίγοι από αυτούς ασκούν τη μεγαλύτερη επίδραση στην ανάπτυξη ή τη μείωση των μικροοργανισμών, με σημαντικότερο αυτόν της θερμοκρασίας. Μεγάλος αριθμός κινητικών μοντέλων έχει δημοσιευθεί στη βιβλιογραφία, τα οποία επιχειρούν να περιγράψουν την επίδραση της θερμοκρασίας στη μικροβιακή ανάπτυξη.

Σε γενικές γραμμές τα κινητικά αυτά μοντέλα μπορούν να καταταχθούν σε έξι διαφορετικές κατηγορίες:

- Μοντέλα τύπου Arrhenius
- Μοντέλα τύπου Belerhadek
- Μοντέλα με βάση τις παραμέτρους «γάμμα» (based on the gamma concept)

- Cardinal parameter models
- Πολυωνυμικά μοντέλα

#### 5.1.4.1 Μοντέλα τύπου Arrhenius

Η εξίσωση Arrhenius σε κάποιες περιπτώσεις μπορεί να εφαρμοστεί για να περιγράψει την επίδραση της θερμοκρασίας στη μικροβιακή ανάπτυξη.

$$k = k_A \exp\left(-\frac{E_A}{RT}\right) \text{ εξ. 5.1.4.1.1}$$

όπου  $k$  είναι ο ρυθμός ανάπτυξης,  $k_A$  είναι η σταθερά Arrhenius,  $T$  η απόλυτη θερμοκρασία,  $R$  η παγκόσμια σταθερά των αερίων και  $E_A$  η ενέργεια ενεργοποίησης. Η ενέργεια ενεργοποίησης στην περίπτωση της μικροβιακής ανάπτυξης σχετίζεται με την ευαισθησία του ρυθμού μικροβιακής ανάπτυξης στη μεταβολή της θερμοκρασίας.

Η εξίσωση (5.1.4.1.1) μπορεί να μετασχηματιστεί, εισάγοντας την παράμετρο της θερμοκρασία αναφοράς  $T_{ref}$ .

$$k = k_{ref} \exp\left[-\frac{E_A}{RT}\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_{ref}}\right)\right] \text{ εξ. 5.1.4.1.2}$$

όπου  $k_{ref}$  είναι ο ρυθμός ανάπτυξης στη θερμοκρασία αναφοράς  $T_{ref}$ .

Το πλεονέκτημα της σχέσης Arrhenius με τη μορφή της εξίσωσης (5.1.4.1.2) είναι ότι δίνεται φυσική σημασία στις σταθερές της εξίσωσης ( $E_A$  και  $k_{ref}$ ), ενώ η θερμοκρασία αναφοράς  $T_{ref}$  καθορίζει την περιοχή θερμοκρασιών στην οποία μπορεί να εφαρμοστεί η παραπάνω εξίσωση. Αυτό είναι πολύ σημαντικό, καθώς διάφορες μελέτες έχουν δείξει ότι η σχέση Arrhenius δεν είναι εφαρμόσιμη σε όλο το εύρος των θερμοκρασιών ανάπτυξης των μικροοργανισμών, παρά μόνο σε μια μικρή περιοχή αυτού (Heitzer et al., 1991, McMeekin et al., 1993, Schoolfield et al., 1981).

Οι πληροφορίες που παρέχονται από τις τιμές των σταθερών  $E_A$  και  $k_{ref}$  μπορούν να χρησιμοποιηθούν για το χαρακτηρισμό της κινητικής και της εξάρτησης της μικροβιακής ανάπτυξης από τη θερμοκρασία ή για τη σύγκριση των ρυθμών ανάπτυξης διαφορετικών μικροοργανισμών. Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή της ενέργειας ενεργοποίησης, τόσο μεγαλύτερη είναι η ευαισθησία του ρυθμού ανάπτυξης στη μεταβολή της θερμοκρασίας.

Για να ξεπεραστούν κάποια μειονεκτήματα της εφαρμογής του μοντέλου Arrhenius στην περιγραφή της μικροβιακής ανάπτυξης, έχουν προταθεί τροποποιημένα μοντέλα που μπορούν

να εφαρμοστούν και σε χαμηλές και σε υψηλές θερμοκρασίες, όπως το μοντέλο Hinshelwood (Zwietering et al., 1991) και το μοντέλο Schoolfield et al. (1981). Παρόλο που τα δυο προηγούμενα μοντέλα περιγράφουν ικανοποιητικά την επίδραση της θερμοκρασίας στη μικροβιακή ανάπτυξη, η εφαρμογή τους είναι πολύ περιορισμένη, εξαιτίας της μη γραμμικότητάς τους και της δυσκολίας επομένως υπολογισμού των παραμέτρων τους.

Έχουν προταθεί επίσης τροποποιημένα μοντέλα Arrhenius, τα οποία περιγράφουν την επίδραση στη μικροβιακή ανάπτυξη και άλλων παραγόντων εκτός της θερμοκρασίας. Το μοντέλο του Davey (1989) περιγράφει τη συνδυαστική επίδραση της θερμοκρασίας και της ενεργότητας του νερού και είναι γραμμικό.

$$\ln(k) = C_0 + \frac{C_1}{T} + \frac{C_2}{T^2} + C_3 a_w + C_4 a_w^2 \quad \text{εξ. 5.1.4.1.3}$$

όπου  $C_0$ ,  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$  και  $C_4$  είναι παράμετροι που πρέπει να εκτιμηθούν. Παρόμοια μοντέλα έχουν προταθεί και για την περιγραφή της συνδυαστικής επίδρασης και άλλων περιβαλλοντικών παραγόντων, όπως της θερμοκρασίας και του pH (εξίσωση 5.1.4.1.4) (Davey, 1994) και της θερμοκρασίας, της συγκέντρωσης NaCl και του pH (εξίσωση 5.1.4.1.5) (Davey & Daughtry, 1995).

$$\ln(k) = C_0 + \frac{C_1}{T} + \frac{C_2}{T^2} + C_3 pH + C_4 pH^2 \quad \text{εξ. 5.1.4.1.4}$$

$$\ln(k) = C_0 + \frac{C_1}{T} + \frac{C_2}{T^2} + C_3 NaCl + C_4 NaCl^2 + C_5 pH + C_6 pH^2 \quad \text{εξ. 5.1.4.1.5}$$

Οι Koutsoumanis et al. (2000) πρότειναν ένα τροποποιημένο μοντέλο Arrhenius, με σκοπό την περιγραφή της συνδυαστικής επίδρασης της θερμοκρασίας και του CO<sub>2</sub> στη μικροβιακή ανάπτυξη. Το μοντέλο αυτό βασίστηκε στην παρατήρηση ότι το CO<sub>2</sub> επηρεάζει μόνο την  $k_{ref}$  και όχι την ενέργεια ενεργοποίησης.

$$\ln(k) = \frac{E_A}{R} \left( \frac{1}{T_{ref}} - \frac{1}{T} \right) + [\ln(k_{ref}) - d_{CO_2} \times \%CO_2] \quad \text{εξ. 5.1.4.1.6}$$

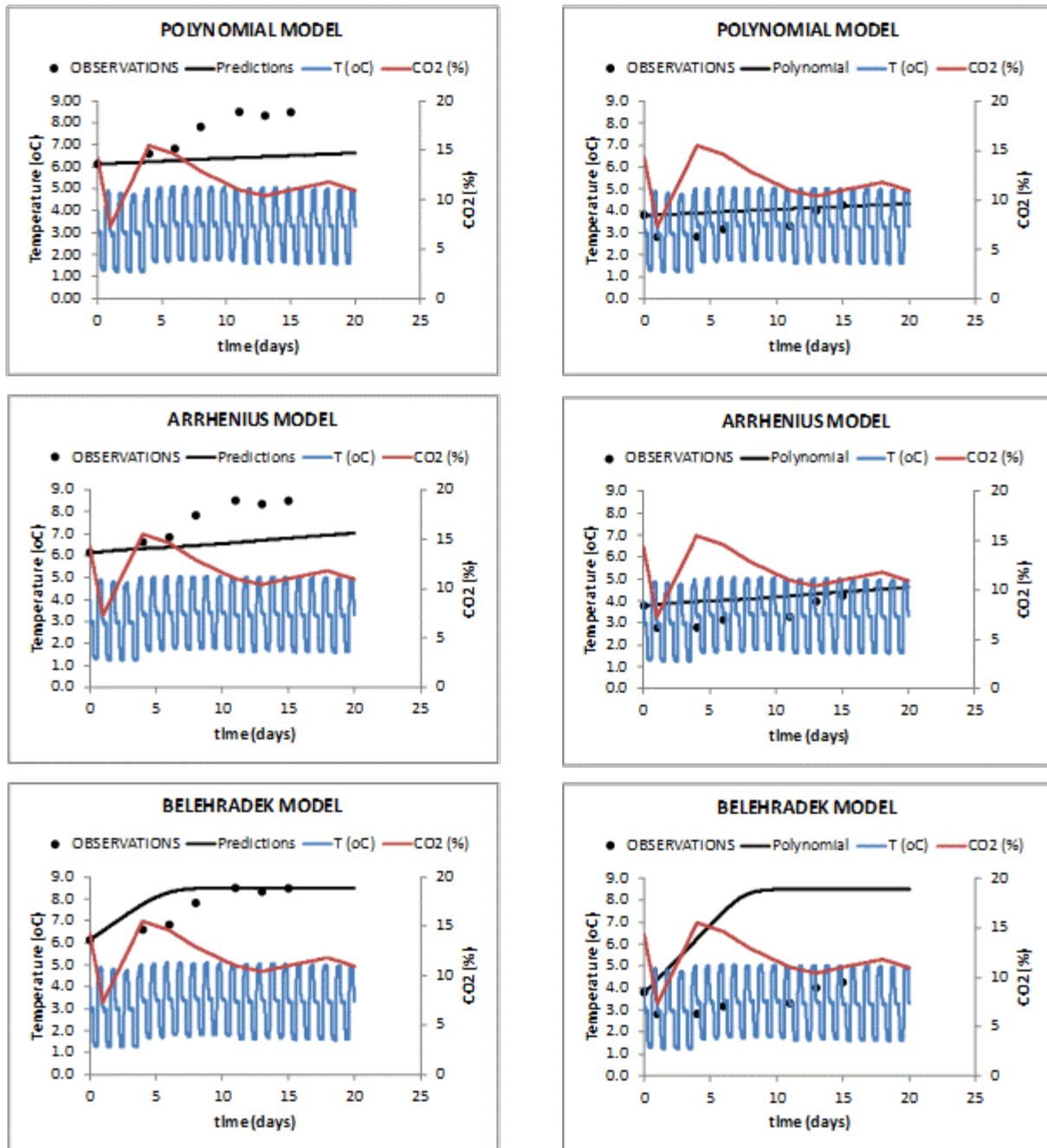
όπου %CO<sub>2</sub> είναι η συγκέντρωση ισορροπίας του CO<sub>2</sub> και  $d_{CO_2}$  μια σταθερά που εκφράζει την επίδραση του CO<sub>2</sub> στη μικροβιακή ανάπτυξη.

Έχει συλλεχθεί μια μεγάλη ποσότητα μικροβιολογικών δεδομένων από τις δοκιμές αλλοίωσης φρεσκοσυλλεγμένων σαλατών. Τα αποτελέσματα αυτά αποτελούν την βάση για την ανάπτυξη μαθηματικών μοντέλων για την πρόβλεψη των αλλοιογόνων μικροοργανισμών σε δείγματα μαρουλιού romaine, μαρουλιού iceberg, και δύο διαφορετικών παρτίδων δειγμάτων σαλάτας ρόκας, τα οποία διαφέρουν από άποψη εποχικότητας. Συγκεκριμένα, οι ρόκες καλλιεργήθηκαν σε διαφορετικούς μήνες, τον Μάρτιο και τον Νοέμβριο.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι συνολικά οι ψευδομονάδες και τα γαλακτικά βακτήρια είναι υπεύθυνα για την μικροβιολογική ποιοτική υποβάθμιση των σαλατών. Τα αποκτούμενα δεδομένα προσαρμόστηκαν σε μοντέλα Baranyi για τον υπολογισμό των αντίστοιχων κινητικών παραμέτρων. Ως επιπλέον βήμα, αναπτύχθηκαν 3 δευτερογενή μοντέλα και εξετάστηκαν για την ικανότητα τους να προβλέπουν την ανάπτυξη αυτών των 2 μικροοργανισμών στα 4 είδη εξεταζόμενων προϊόντων, ως συνάρτηση της θερμοκρασίας αποθήκευσης και της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκαν το τυπικό πολυωνυμικό μοντέλο, το μοντέλο Arrhenius, και το μοντέλο Belegradek για την περιγραφή του μέγιστου ειδικού ρυθμού ανάπτυξης των ψευδομονάδων και των γαλακτικών βακτηρίων( $\mu_{max}$ ).

Τα ανεπτυγμένα μοντέλα αξιολογήθηκαν περαιτέρω μέσω συσχέτισης των προβλέψεων κάθε μοντέλου με τους πληθυσμούς των ψευδομονάδων ή των γαλακτικών βακτηρίων που αναπτύχθηκαν σε κάθε σαλάτα κατά την διάρκεια της αποθήκευσης σε δυναμικές συνθήκες. Αποδείχτηκε ότι ενώ οι προβλέψεις του πολυωνυμικού μοντέλου και του μοντέλου Arrhenius έδειξαν ικανοποιητική συμφωνία με τους παρατηρούμενους πληθυσμούς των ψευδομονάδων στο μαρούλι romaine και iceberg, παρατηρήθηκε σημαντική υπερκετίμηση του μοντέλου Belegradek. Επίσης, στις περισσότερες περιπτώσεις, όλα τα μοντέλα ήταν αδύνατο να περιγράψουν επαρκώς την ανάπτυξη των γαλακτικών βακτηρίων σε όλα τα προϊόντα.

Ενδεικτικά, παρατίθενται τα διαγράμματα συγκριτικής εκτίμησης της ικανότητας των 3 ανεπτυγμένων μοντέλων να προβλέπουν την ανάπτυξη των ψευδομονάδων(διαγράμματα στην αριστερή στήλη)και των γαλακτικών βακτηρίων(διαγράμματα στην δεξιά στήλη)σε δείγματα σαλάτας ρόκας(παρτίδας 1)που αποθηκεύτηκαν υπό συνθήκες τροποποιημένης ατμόσφαιρας(5% O<sub>2</sub> και 15% CO<sub>2</sub>)και διακυμαινόμενες θερμοκρασίες:



Διάγραμμα 5.1. Συγκριτική εκτίμηση της ικανότητας πρόβλεψης των 3 ανεπτυγμένων μοντέλων, της ανάπτυξης των ψευδομονάδων(διαγράμματα στην αριστερή στήλη)και των γαλακτικών βακτηρίων(διαγράμματα στην δεξιά στήλη)σε δείγματα σαλάτας ρόκας(παρτίδας 1)που αποθηκεύτηκαν υπό συνθήκες τροποποιημένης ατμόσφαιρας(5% O<sub>2</sub> και 15% CO<sub>2</sub>)και διακυμαινόμενες θερμοκρασίες



## 5.2 ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΙΚΗΣ ΑΛΛΟΙΩΣΗΣ ΠΟΥ ΔΕΝ ΕΞΑΡΤΑΤΑΙ ΑΠΟ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥΣ

Τα χαρακτηριστικά ποιότητας των φρέσκων φρούτων και λαχανικών μπορούν να ταξινομηθούν σε 4 κατηγορίες: χρώμα και εμφάνιση, γεύση και άρωμα (flavour), υφή και διατροφική αξία. (Barret et al., 2010). Η συνολική ποιότητα είναι σύνθεση περισσότερου του ενός μεταβαλλόμενου παράγοντα. Ο συνδυασμός αυτών των χαρακτηριστικών ποιότητας καθορίζει την συνολική αποδοχή του προϊόντος. Το χρώμα και η εμφάνιση είναι εκείνα τα χαρακτηριστικά που προσελκύουν τον καταναλωτή να αγοράσει ένα προϊόν. Ωστόσο, οι Harker et al., (2003), σημείωσαν ότι ελαττώματα υφής και η αλληλεπίδραση μεταξύ της υφής και του flavour είναι περισσότερο πιθανά να προκαλέσουν την απόρριψη του φρέσκου προϊόντος. Η ποιοτική υποβάθμιση των φρεσκοσυλλεγμένων σαλατών μπορεί να καθοριστεί μέσω οργανοληπτικής αξιολόγησης ή αξιολόγησης μέσω μηχανημάτων.

Σε γενικές γραμμές, η ποιοτική υποβάθμιση είναι ισχυρά εξαρτώμενη από τον χρόνο αποθήκευσης και την θερμοκρασία και διάφορες σταθερές όπως η ενέργεια ενεργοποίησης και η σταθερά των αερίων (Rong et al., 2011). Η γενική εξίσωση που περιγράφει την ποιοτική υποβάθμιση έχει την ακόλουθη μορφή:

$$\pm \frac{dq}{dt} = kq^n \quad \text{εξ. 5.2.1}$$

όπου το q περιγράφει την ποιότητα, το t τον χρόνο, το k τον ρυθμό της υποβάθμισης και το n είναι η τάξη της αντίδρασης, η οποία καθορίζει εάν η αντίδραση εξαρτάται από την ποσότητα της ποιότητας q. Ο Labuza (1982) πρότεινε ότι η ποιοτική υποβάθμιση για τα φρέσκα φρούτα και λαχανικά ακολουθεί κινητική μηδενικής τάξης.

Μοντελοποίηση της δραστηριότητας της αμμωνιακής λυάσης της φαινυλαλανίνης (PAL) σε φυλλώδεις σαλάτες

Πολυφαινολικές οξειδάσες και η δράση τους

Οι τανίνες, σημαντικό πολυμερές των φυτικών φαινολών, βρίσκονται σε πολλά φυτικά είδη, κυρίως όμως συντίθενται εντονότερα μετά από τραυματισμό του φυτικού ιστού, οπότε καταστρέφονται τα κύτταρα και κατά συνέπεια η υπάρχουσα διαμερισματοποίηση τους. Λόγω της καταστροφής αυτής έρχονται σε επαφή οι πολυφαινολικές οξειδάσες με τα φαινολικά υποστρώματα όπως το γαλλικό οξύ, το χλωρογενικό οξύ, το καφεϊκό οξύ και τα φλαβονοειδή. Η οξείδωση των φαινολικών ενώσεων από τις φαινολικές οξειδάσες παράγει κινόνες, οι οποίες πολυμερίζονται και σχηματίζουν τανίνες. Οι τελευταίες θεωρούνται προστατευτικές ουσίες απέναντι στην προσβολή των φυτών από μικροοργανισμούς.

Οι χαρακτηριστικές ιδιότητες των τανινών αποδίδονται στην ικανότητα τους να συνδέονται με τις πρωτεΐνες σχηματίζοντας αδιάλυτα σύμπλοκα και σε αυτό ενδεχομένως να οφείλονται οι αντισηπτικές τους ιδιότητες. Πιστεύεται ότι οι φυτικές ταννίνες συνδέονται με το έντερο των φυτοφάγων ζώων με υδρογονικούς δεσμούς, μεταξύ των υδροξυλικών ενώσεων των φαινολών και των πρωτεϊνών, με αποτέλεσμα να αδρανοποιούνται τα πεπτικά ένζυμα των φυτοφάγων και τα σχηματιζόμενα σύμπλοκα τανινών και φυτικών πρωτεϊνών να είναι δύσκολο να χωνευτούν. Τέλος, πιστεύεται ότι είναι υπεύθυνες για το φαιό χρώμα μερικών φύλλων κατά το φθινόπωρο και το χρώμα που παίρνει το κομμένο μήλο ή η πατάτα όταν αφεθεί σε ατμοσφαιρικές συνθήκες.

#### Αμμωνιακή λυάση της φαινυλαλανίνης(PAL)

Η αμμωνιακή λυάση της φαινυλαλανίνης είναι ένα ενδιαφέρον ένζυμο του δευτερογενούς μεταβολισμού, η δραστηριότητα της οποίας στα φυτά ελέγχεται από οικίλου εξωτερικούς και εσωτερικούς παράγοντες, όπως για παράδειγμα από τις ορμόνες, από τα επίπεδα των θρεπτικών ουσιών, από το φως(μέσω της δράσης του στο φυτόχρωμα), από την μόλυνση με μύκητες, από τραυματισμούς. Η επίδραση κάποιου από τους παράγοντες αυτούς όπως είναι για παράδειγμα η προσβολή από μύκητες, έχει ως αποτέλεσμα την αντιγραφή του αγγελιοφόρου RNA που κωδικοποιεί την PAL και έτσι αυξάνεται η σύνθεση της συγκεκριμένης λυάσης, η οποία με την σειρά της διεγείρει την σύνθεση φαινολικών συστατικών. Το προϊόν της PAL, είναι το κιναμμωνικό οξύ, ένα από C<sub>9</sub> φυτικό φαινολικό συστατικό γνωστό και ως φαινυλοπροπάνιο, επειδή περιέχει ένα βενζοϊκό δακτύλιο(C<sub>6</sub>)και μια C<sub>3</sub> πλευρική αλυσίδα. Τα φαινυλοπροπάνια παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον, γιατί είναι οι βασικές δομικές μονάδες των περισσότερων συμπλόκων φαινολικών συστατικών. Τα φαινολικά συστατικά πολυμερίζονται με αποτέλεσμα το σχηματισμό πολύ σημαντικών για τα φυτά ουσιών, όπως είναι η λιγνίνη.

Εξετάστηκε η επίδραση της θερμοκρασίας και του χρόνου αποθήκευσης στην δραστικότητα της αμμωνιακής λυάσης της φαινυλαλανίνης, ως συνέχεια της έρευνας ενός μαθηματικού μοντέλου που μπορεί να περιγράψει την εξέλιξη της δραστικότητας της PAL κατά την αποθήκευση φυλλωδών σαλατών. Η μελέτη αποκάλυψε ότι οι τιμές της ενεργότητας της PAL δεν ήταν διαφορετικές για τις διαφορετικές συνθήκες MAP και ακολουθούν εκθετική εξίσωση συναρτήσεως του χρόνου αποθήκευσης.

Μετά από μοντελοποίηση μέσω της τροποποιημένης εξίσωσης Arrhenius, προέκυψαν τα ακόλουθα κινητικά δεδομένα:

Πίνακας 5.2.1: Κινητικά δεδομένα για την αμμωνιακή λυάση της φαινυλαλανίνης(PAL) για δείγματα μαρουλιού iceberg

Κινητική Παράμετρος	Τιμή
Ενέργεια ενεργοποίησης $E_a$ (KJ/mol)	72,6
Σταθερά αύξησης ρυθμού PAL στην θερμοκρασία αναφοράς $k_{ref}$ (days <sup>-1</sup> )	0,0352
Θερμοκρασία αναφοράς (°C)	4

Παρόμοια αποτελέσματα αποκτήθηκαν και για το περιεχόμενο σε κινόνες, που δεν διαφέρει στατιστικά για τις διαφορετικές συνθήκες MAP. Η θερμοκρασιακή εξάρτηση της αύξησης των κινονών, περιγράφεται ικανοποιητικά από την εξίσωση Arrhenius, για τα δείγματα μαρουλιού romaine και iceberg. (Karetanou *et al.*, 2009)

Πίνακας 5.2.2.: Κινητικά δεδομένα για το περιεχόμενο σε κινόνες, για δείγματα μαρουλιού iceberg και δείγματα μαρουλιού romaine

Κινητική Παράμετρος	Iceberg lettuce	Romaine lettuce
Ενέργεια ενεργοποίησης $E_a$ (KJ/mol)	52,90	76,92
Σταθερά αύξησης ρυθμού PAL στην θερμοκρασία αναφοράς $k_{ref}$ (days <sup>-1</sup> )	0,0549	0,1261
Θερμοκρασία αναφοράς (°C)	4	

## Μοντελοποίηση του περιεχομένου σε Βιταμίνη C

Το ασκορβικό οξύ(η γ-λακτόνη του L-3-κετο-θρεο-εξουρονικού οξέος) συμμετέχει σε αντιδράσεις υδροξυλίωσης, π.χ βιοσύνθεση κατεχολαμινών, υδροξυπρολίνης και κορτικοστεροειδών(11-β-υδροξυλίωση της δεοξυκορτικοστερόνης και 17-β-υδροξυλίωση της κορτικοστερόνης). Η βιταμίνη C απορροφάται πλήρως και κατανέμεται σε όλο το σώμα. Η μεγαλύτερη συγκέντρωση παρατηρείται στα επινεφρίδια και στην υπόφυση. Περίπου το 3% του αποθέματος του σώματος σε βιταμίνη C, το οποίο είναι 20-50 mg /kg σωματικού βάρους, αποβάλλεται με τα ούρα ως ασκορβικό οξύ, ως δεϋδροασκορβικό οξύ(και τα 2 μαζί αποτελούν το 25%)και ως οι μεταβολίτες τους, 2, 3, δικετο-L-γουλονικό οξύ(20%)και οξαλικό οξύ(55%). Αύξηση του αποβαλλόμενου οξαλικού οξέος παρατηρείται μόνο σε ιδιαίτερα υψηλή πρόσληψη ασκορβικού οξέος. Το σκορβούτο παρατηρείται ως αποτέλεσμα ανεπάρκειας σε βιταμίνη C.

Οι ημερήσιες ανάγκες σε βιταμίνη C ανέρχονται σε 100 mg/ημέρα, για κατανάλωση που αφορά ηλικιακούς πληθυσμούς μεταξύ 15-51 ετών. Δείκτης της ανεπαρκούς πρόσληψης βιταμίνης C με την διατροφή είναι το χαμηλό επίπεδο στο πλάσμα του αίματος(0,65 mg/100 mL). Η βιταμίνη C απαντάται σε όλα τα ζωικά και τα φυτικά κύτταρα, κυρίως στην ελεύθερη μορφή αλλά και στην δεσμευμένη σε πρωτεΐνη. Η βιταμίνη C είναι άφθονη στο περικάρπιο των τριαντάφυλλων, στα μαύρα και ερυθρά ριβήσια, στις φράουλες, στον μαϊντανό, στα πορτοκάλια, στα λεμόνια(περισσότερο στην φλούδα παρά στην σάρκα), στα γκρέϊπφρουτ, σε διάφορα είδη λαχανικών και στην πατάτα. Οι απώλειες σε βιταμίνη C από τον χειμώνα μέχρι τα τέλη της άνοιξης μπορεί να φτάσουν και στο 70%.

Σε όλες τις περιπτώσεις, η απώλεια σε βιταμίνη C βρέθηκε ότι μπορεί να περιγραφεί ικανοποιητικά από μια αντίδραση κινητικής 1<sup>ης</sup> τάξης:

$$C = C_0 e^{-kt}, \text{ ή } \ln \frac{C}{C_0} = -kt \quad \text{εξ. 5.2.2}$$

Όπου, C και C<sub>0</sub> είναι οι συγκεντρώσεις του L-ασκορβικού οξέος σε χρόνο t και σε χρόνο 0 αντίστοιχα, και k είναι η σταθερά του ρυθμού αντίδρασης της απώλειας σε βιταμίνη C. Μέσω μοντελοποίησης με εξίσωση Arrhenius, προκύπτουν τα ακόλουθα κινητικά δεδομένα:

Αέρια σύσταση των δειγμάτων ρόκας	Ρυθμός αντίδρασης απώλειας βιταμίνης C, $k_{vitC}$ (1/d) ( $R^2$ )			
	Θερμοκρασία αποθήκευσης ( $^{\circ}C$ )			
	0	5	10	15
15% CO <sub>2</sub> , 5% O <sub>2</sub> , 80% N <sub>2</sub> (MAP1)	0.021 (0.9553)	0.050 (0.7290)	0.505 (0.9082)	0.578 (0.9032)
5% CO <sub>2</sub> , 15% O <sub>2</sub> , 80% N <sub>2</sub> (MAP2),	–	0.045 (0.9480)	–	0.493 (0.8524)
Aerobically packaged (AIR)	0.027 (0.9844)	0.051 (0.9610)	0.169 (0.9951)	0.191 (0.9976)

Αέρια σύσταση των δειγμάτων ρόκας	Παράμετροι Arrhenius		
	$E_a$ (kJ/mol)	$k_{ref}$ (1/d)	$R^2$
15% CO <sub>2</sub> , 5% O <sub>2</sub> , 80% N <sub>2</sub> (MAP1)	160.6	0.07	0.9083
5% CO <sub>2</sub> , 15% O <sub>2</sub> , 80% N <sub>2</sub> (MAP2),	157.9	0.05	0.9999
Aerobically packaged (AIR)	92.61	0.06	0.9303

#### Μοντελοποίηση ιδιοτήτων υφής

Οι τιμές της αντοχής σε διάρρηξη, μετρήθηκαν συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης για κάθε θερμοκρασία αποθήκευσης για όλες τις προς μελέτη σαλάτες σε όλες τις αέριες συνθέσεις

(ποσοστά διοξειδίου του άνθρακα). Μετρήθηκε επίσης η αντοχή σε διάτρηση, ειδικά για το μαρούλι iceberg. Η αντοχή διάρρηξης, που ισούται με την μέγιστη απαιτούμενη δύναμη για να επέλθει ρήξη, βρέθηκε να μειώνεται σε σχέση με τον χρόνο, για κάθε θερμοκρασία αποθήκευσης προς μελέτη. Οι υψηλές θερμοκρασίες αποθήκευσης είχαν ως αποτέλεσμα χαμηλότερες αντοχές σε διάρρηξη, σε σύγκριση με τις αντίστοιχες τιμές των φυλλωδών σαλατών σε χαμηλότερες θερμοκρασίες. Σε αντίθεση με αυτά τα αποτελέσματα, η αντοχή σε διάτρηση του iceberg δεν βρέθηκε να επηρεάζεται σημαντικά από τον χρόνο αποθήκευσης, την θερμοκρασία και την αέρια σύσταση. Όλα τα αποκτούμενα αποτελέσματα περιγράφηκαν από γραμμική εξίσωση της αντοχής σε διάρρηξη (burst strength, BS), ως συνάρτηση του χρόνου αποθήκευσης:

Δείγματα ρόκας

$$BS = (0.049 \cdot \%CO_2 + 1.118 \cdot \exp(-(-1263 \cdot \%CO_2 + 11231)/R)) \cdot (1/T - 1/T_{ref}) \cdot t + (0.838 \cdot \%CO_2 + 124.2) \quad \text{εξ.5.2.3}$$

Δείγματα romaine lettuce

$$BS = (-0.00018 \cdot \%CO_2 + 0.025 \cdot \exp(-(-3214 \cdot \%CO_2 + 54074)/R)) \cdot (1/T - 1/T_{ref}) \cdot t + 1.09 \quad \text{εξ.5.2.4}$$

Οι προβλεπόμενες τιμές από το μοντέλο BS ήταν καλά στατιστικά συσχετιζόμενες με τις αποκτούμενες πειραματικές τιμές BS.

Ακολούθως, παρατίθενται συνολικά στοιχεία που έχουν προκύψει από τις μέχρι στιγμής μελέτες διαφόρων μικροβιολογικών και άλλων ποιοτικών χαρακτηριστικών σε διάφορα φρέσκα σαλατικά και λαχανικά, μέσω του προγράμματος Sorhy. (Πίνακας 5.2.3.)

Πίνακας 5.2.3: Ενδεικτικά συγκεντρωτικά στοιχεία για τις μελετώμενες μικροβιολογικές και μη μικροβιολογικές ποιοτικές παραμέτρους σε διάφορα λαχανικά και φρεσκοσυλλεγμένες σαλάτες, από την βάση δεδομένων του προγράμματος Sorhy

Προϊόν	Μέθοδος	Ποιοτικός Δείκτης	Βιβλιογραφική Αναφορά
Αγκινάρα	Ενόργανη μέθοδος ανάλυσης	Χρώμα, Υφή	Gimenez et al 2003
Αγκινάρα	Οργανοληπτική δοκιμή	Χρώμα	Gimenez et al 2003
Αγκινάρα	Μικροβιολογική ανάλυση	anaerobic mesophilic bacteria psychrotroph counts	Gimenez et al 2003
Ανάμεικτη (20% endive, 20% curly endive, 20% radicchio, 20% lollo)	Οργανοληπτική δοκιμή	Χρώμα, Εμφάνιση	Allende et al 2002

Προϊόν	Μέθοδος	Ποιοτικός Δείκτης	Βιβλιογραφική Αναφορά
rosso , 20% lollo bionda lettuces)			
Ανάμεικτη (20% endive, 20% curly endive, 20% radicchio, 20% lollo rosso , and 20% lollo bionda lettuces)	Μικροβιολογική ανάλυση	aeromonas caviae enteric bacteria, L.monocytogenes LAB pshychrotrophic bacteria	Allende et al 2002
Αντίδι (Broad-leaved endive or escarole)	Οργανοληπτική δοκιμή	Βαθμός αλλοίωσης (Extent of spoilage)	Carlin et al 1996
Αντίδι (Broad-leaved endive or escarole)	Οργανοληπτική δοκιμή	aerobic bacteria L.monocytogenes aerobic bacteria	Carlin et al 1996
Αντίδι (Endive)	Ενόργανη μέθοδος ανάλυσης	Χρώμα	Niemira et al 2005
Αντίδι (Endive)	Μικροβιολογική ανάλυση	L.monocytogenes TVC	Niemira et al 2005
Καρότο	Οργανοληπτική δοκιμή	Άρωμα, Εμφάνιση, Γενική εντύπωση	Alegria et al 2010
Καρότο	Μικροβιολογική ανάλυση	LAB TVC	Alegria et al 2010
Καρότο	Μικροβιολογική ανάλυση	Enteric bacteria LAB Pseudomonas TVC	Amanatidou et al 2000
Καρότο	Οργανοληπτική δοκιμή	Άρωμα, Εμφάνιση	Barry Ryan and O'Beirne 1998
Καρότο	Ενόργανη μέθοδος ανάλυσης	Απώλεια βάρους, Κυτταρική διαπερατότητα, Δραστικότητα Lox	Barry Ryan and O'Beirne 1998
Καρότο	Μικροβιολογική ανάλυση	coliforms lab tvc	Barry Ryan and O'Beirne 1998
Καρότο	Μικροβιολογική ανάλυση	Mesophilic bacteria pshychrotrophic bacteria yeasts and moulds	Durango et al 2006
Καρότο	Ενόργανη μέθοδος ανάλυσης	Chlorogenic acid, Σάκχαρα, Δείκτης Λευκότητας	Lavelli et al 2006
Καρότο	Μικροβιολογική ανάλυση	Enterobacteriaceae LAB mesophilic bacteria	Klaiber et al 2005

Προϊόν	Μέθοδος	Ποιοτικός Δείκτης	Βιβλιογραφική Αναφορά
Καρότο	Μικροβιολογική ανάλυση	coliforms TVC LAB yeasts and moulds	Lavelli et al 2006
Καρότο	Ενόργανη μέθοδος ανάλυσης	Χρώμα, Καροτένια, POD, PPO	Martin Diana et al 2005
Καρότο	Οργανοληπτική δοκιμή	Ολική ποιότητα	Martin Diana et al 2005
Καρότο	Μικροβιολογική ανάλυση	LAB mesophilic bacteria psychrotroph counts	Martin Diana et al 2005
Καρότο	Οργανοληπτική δοκιμή	Χρώμα, Άρωμα, Firmness, Γενική εντύπωση	Rahman et al 2011
Καρότο	Μικροβιολογική ανάλυση	TVC yeasts and moulds	Rahman et al 2011
Καρότο	Μικροβιολογική ανάλυση	pshychrotrophic bacteria	Sinigaglia et al 1999
Κουνουπίδι	Οργανοληπτική δοκιμή	Χρώμα, Χρώμα στην εξωτερική επιφάνεια, Χρώμα σε επιφάνεια κοπής, Γενική εντύπωση	Cervera et al 2007
Κουνουπίδι	Μικροβιολογική ανάλυση	Mesophilic bacteria	Olarte et al 2009
Καρότο	Μικροβιολογική ανάλυση	Mesophilic bacteria	Corbo et al 2006
Κουνουπίδι	Οργανοληπτική δοκιμή	Χρώμα, Οσμή, Γενική εντύπωση, Υφή	Olarte et al 2009
Κουνουπίδι	Ενόργανη μέθοδος ανάλυσης	Χρώμα	Olarte et al 2009
Λάχανο	Ενόργανη μέθοδος ανάλυσης	Χρώμα	Ibrahim et al. 2004
Λάχανο, λευκό	Οργανοληπτική δοκιμή	Flavor, Off-odor, Υφή, Εμφάνιση, Μαύρισμα, Ξηρότητα	Gómez López et al
Λάχανο, λευκό	Μικροβιολογική ανάλυση	aerobic bacteria pshychrotrophic bacteria yeasts and moulds	Gomez Lopez et al 2007
Μανιτάρι	Ενόργανη μέθοδος ανάλυσης	Χρώμα	Gonzalez-Fandos et al. 2001
Μανιτάρι	Ενόργανη μέθοδος ανάλυσης	Browning index, Firmness, Απώλεια βάρους	Oliveira et al 2012



Προϊόν	Μέθοδος	Ποιοτικός Δείκτης	Βιβλιογραφική Αναφορά
Μανιτάρι	Μικροβιολογική ανάλυση	anaerobic bacteria Pseudomonas psychrotroph counts	Gonzalez-Fandos et al. 2001
Μαρούλι	Οργανοληπτική δοκιμή	Παρουσία μαύρων στιγμάτων, Μαύρισμα στα άκρα, Μαύρισμα στις νευρώσεις	Ares et al
Μαρούλι	Οργανοληπτική δοκιμή	Ανεπιθύμητη οσμή (Off odour), Εμφάνιση μαρασμένου	Ares et al
Μαρούλι	Μικροβιολογική ανάλυση	LAB mesophilic bacteria psychrotroph counts	Martin Diana et al 2005
Μαρούλι red Oak Leaf'	Μικροβιολογική ανάλυση	Enteric bacteria Facultative aerobic bacteria TVC yeasts and moulds	Allende et al 2004
Μαρούλι, Iceberg lettuce	Οργανοληπτική δοκιμή	Flavor, Off-odor, Υφή, Εμφάνιση, Μαύρισμα	Gómez López et al 2008
Μαρούλι, Iceberg lettuce	Μικροβιολογική ανάλυση	pshychrotrophic bacteria	Gómez López et al 2008
Μαρούλι, Iceberg lettuce	Μικροβιολογική ανάλυση	aerobic mesophiles Enterobacteriaceae Pseudomonas	Baur et al 2004
Μαρούλι, Iceberg lettuce	Μικροβιολογική ανάλυση	coliforms Mesophilic bacteria TVC	Beltran et al 2005
Μαρούλι, Iceberg lettuce	Ενόργανη μέθοδος ανάλυσης	Ολικές φαινόλες, Παράγωγα καφεϊκού οξέος	Beltran et al 2005
Μαρούλι, Iceberg lettuce	Οργανοληπτική δοκιμή	Εμφάνιση	Beltran et al 2005
Μαρούλι, Iceberg lettuce	Μικροβιολογική ανάλυση	LAB pshychrotrophic bacteria	Kim et al 2006
Μαρούλι, Iceberg lettuce	Μικροβιολογική ανάλυση	L.monocytogenes E. coli	Koseki et al 2005
Μαρούλι, Iceberg lettuce	Οργανοληπτική δοκιμή	Εμφάνιση, Μαύρισμα	Li et al 2001
Μαρούλι, Iceberg lettuce	Μικροβιολογική ανάλυση	Enteric bacteria Mesophilic bacteria psychrotrophic bacteria	Li et al 2001

Προϊόν	Μέθοδος	Ποιοτικός Δείκτης	Βιβλιογραφική Αναφορά
		yeasts and moulds	
Μαρούλι, Iceberg lettuce	Ενόργανη μέθοδος ανάλυσης	Αντιοξειδωτική ικανότητα (Ferric Reducing Antioxidant Power - FRAP), Βιταμίνη C	Fan et al 2003
Μαρούλι, Iceberg lettuce	Οργανοληπτική δοκιμή	Εμφάνιση, Μαύρισμα	Fan et al 2003
Μαρούλι, Iceberg lettuce	Οργανοληπτική δοκιμή	Εμφάνιση,	Kim et al 2006
Μαρούλι, Iceberg lettuce	Οργανοληπτική δοκιμή	Γενική εντύπωση	Lu et al 2006
Μαρούλι, Iceberg lettuce	Μικροβιολογική ανάλυση	aerobic bacteria	Lu et al 2006
Μαρούλι, Iceberg lettuce	Ενόργανη μέθοδος ανάλυσης	POD, PPO, Βιταμίνη C, Χρώμα	Martin Diana et al 2005
Μαρούλι, Iceberg lettuce	Οργανοληπτική δοκιμή	Εμφάνιση φρέσκου, Μαύρισμα	Martin Diana et al 2005
Μαρούλι, Iceberg lettuce, Irish	Μικροβιολογική ανάλυση	Mesophilic bacteria psychrotrophic bacteria	Martin Diana et al 2005
Μαρούλι, Iceberg lettuce	Μικροβιολογική ανάλυση	psychrotrophic bacteria	Odemeru et al 2003
Μαρούλι Lollo rosso	Οργανοληπτική δοκιμή	Ολική ποιότητα	Allende & Arte 2003
Μαρούλι Lollo rosso	Μικροβιολογική ανάλυση	Coliforms, total viable count, yeasts and molds	Allende & Arte 2003
Μαρούλι, radichio	Οργανοληπτική δοκιμή	Εμφάνιση, Οσμή, Υφή	Campden
Μαρούλι, romaine	Οργανοληπτική δοκιμή	off-flavor, Υφή	Prakash et al 2000
Μαρούλι, romaine	Μικροβιολογική ανάλυση	Aerobic bacteria yeasts and moulds	Prakash et al 2000
Μπρόκολο	Ενόργανη μέθοδος ανάλυσης	Glucobrassicin, Glucoraphanin, Glucoalyssin, Aliphatic Glucosinolates, Glucobrassicin, 4 – hydroxyglucobrassicin, Neoglucobrassicin, Indole Glucosinolates	Jia et al 2009
Μπρόκολο	Οργανοληπτική δοκιμή	Εμφάνιση, Χρώμα	Jia et al 2009
Μπρόκολο	Ενόργανη μέθοδος	Glucobrassicin,	Yuan et al 2010

Προϊόν	Μέθοδος	Ποιοτικός Δείκτης	Βιβλιογραφική Αναφορά
	ανάλυσης	Glucoraphanin, Glucoalyssin, Glucosinolates, Glucobrassicin, Neoglucobrassicin, Indole Glucosinolates, Progroitrin, Total Carotenoids, Chlorophyll, ascorbic Acid	
Μπρόκολο	Οργανοληπτική δοκιμή	Εμφάνιση, Χρώμα	Yuan et al 2010
Μπρόκολο	Οργανοληπτική δοκιμή	Ολική ποιότητα	Lucera et al 2011
Μπρόκολο	Μικροβιολογική ανάλυση	total viable count	Lucera et al 2011
Μπρόκολο	Οργανοληπτική δοκιμή	Χρώμα, Οσμή, Γενική εντύπωση, Υφή	Olarte et al 2009
Μπρόκολο	Ενόργανη μέθοδος ανάλυσης	Χρώμα	Olarte et al 2009
Μπρόκολο	Μικροβιολογική ανάλυση	Mesophilic bacteria	Olarte et al 2009
Μπρόκολο	Ενόργανη μέθοδος ανάλυσης	Χρώμα, Απώλεια βάρους, Βιταμίνη C, Chlorophyll, Total antioxidant activity , total phenolic concentration	Serrano et al 2006
Σέλινο	Ενόργανη μέθοδος ανάλυσης	browning potential chlorogenic acids	Vina and Chaves 2006
Σέλινο σε κύβους	Ενόργανη μέθοδος ανάλυσης	Χρώμα, Υφή	Prakash et al 2000
Σέλινο σε κύβους	Μικροβιολογική ανάλυση	Aerobic bacteria yeasts and moulds	Prakash et al 2000
Σέλινο	Ενόργανη μέθοδος ανάλυσης	ppo activity, vitamin c, total sugar	Zhang et al 2005
Σέλινο	Μικροβιολογική ανάλυση	tvc	Zhang et al 2005
Σέλινο σε κύβους	Οργανοληπτική δοκιμή	Χρώμα, Flavor, off-flavor, off-aroma, Υφή (Σκληρότητα)	Prakash et al 2000
Σέλινο	Οργανοληπτική δοκιμή	Ολική ποιότητα	Zhang et al 2005
Σπαράγγι	Ενόργανη μέθοδος	Χρώμα, Δραστικότητα	Chen et al 2010

Προϊόν	Μέθοδος	Ποιοτικός Δείκτης	Βιβλιογραφική Αναφορά
(asparagus lettuce)	ανάλυσης	PPO	
Σπαράγγι (asparagus lettuce)	Μικροβιολογική ανάλυση	LAB Mesophilic bacteria yeasts and moulds	Chen et al 2010
Σπαράγγι	Οργανοληπτική δοκιμή	Flavor, Off-odor, Υφή, Εμφάνιση	Chen et al 2010
Σπαράγγι, λευκό	Ενόργανη μέθοδος ανάλυσης	Χρώμα, Υφή	Sanz et al 2009
Σπαράγγι, λευκό	Οργανοληπτική δοκιμή	Χρώμα, Υφή, Οσμή, Γενική εντύπωση	Sanz et al 2009
Σπαράγγι, λευκό	Μικροβιολογική ανάλυση	TVC	Sanz et al 2009
Ραδίκι, κόκκινο (Red chicory)	Ενόργανη μέθοδος ανάλυσης	Antioxidant activity, Cyanidin 3-O-glucosid, Cyanidin 3-O-malonyl glucoside, Total phenolics	Lavelli et al 2009
Ρόκα, άγρια ( wild rocket)	Ενόργανη μέθοδος ανάλυσης	chlorophyll a, chlorophyll b, Total phenolics	Martinez Sanchez et al 2006
Ρόκα, άγρια ( wild rocket)	Οργανοληπτική δοκιμή	Εμφάνιση, Χρώμα	Martinez Sanchez et al 2006
Ρόκα, άγρια ( wild rocket)	Μικροβιολογική ανάλυση	Mesophilic bacteria psychrophilic bacteria yeasts and moulds	Martinez Sanchez et al 2006
Ρόκα	Μικροβιολογική ανάλυση	Escherichia coli O157:H7	Al-Nabulsi et al 2014
Baby spinach	Ενόργανη μέθοδος ανάλυσης	Υφή	Allende et al 2004
Πράσο	Ενόργανη μέθοδος ανάλυσης	Χρώμα, Υφή	Ayala et al. 2009
Baby spinach	Μικροβιολογική ανάλυση	anaerobic bacteria Enteric bacteria Mesophilic bacteria yeasts and moulds	Allende et al 2004
Πράσο	Οργανοληπτική δοκιμή	Χρώμα, Υφή, Γενική Εντύπωση	Ayala et al. 2009

## 6<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ

### ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ-ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

#### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η συγκεκριμένη πειραματική μελέτη πραγματοποιήθηκε σε δείγματα ραδικιών, εφόσον δεν υπάρχει εκτεταμένη βιβλιογραφική επιστημονική έρευνα σχετικά με την υποβάθμιση των ποιοτικών δεικτών του ραδικιού, είδους που αποτελεί αναπόσπαστο στοιχείο της ελληνικής άγριας χλωρίδας, εμπορικά αξιοποιήσιμου σε φρεσκοσυλλεγμένες σαλάτες αλλά και καταναλισκόμενου σε ωμή μορφή.

Ο πειραματικός σχεδιασμός της εν λόγω σειράς πειραμάτων αφορά την κινητική μελέτη της υποβάθμισης της ποιότητας των φυλασσόμενων υπό ψύξη δειγμάτων ραδικιού και την εξαγωγή κινητικών μοντέλων εξάρτησης των ποιοτικών τους παραμέτρων από τις 2 συνθήκες συσκευασίας (διατηρημένα σε εμπορικές συσκευασίες αέρα με διάτρητη μεμβράνη και σε συσκευασίες τροποποιημένης ατμόσφαιρας, σύστασης 5% O<sub>2</sub> και 15% CO<sub>2</sub>) και τις θερμοκρασίες αποθήκευσης (2, 5, VAR, 10, 15 και 0 °C), με στόχο τον προσδιορισμό της διατηρησιμότητας των υπό εξέταση προϊόντων. Συγκεκριμένα, ο στόχος των πειραματικών σειρών είναι η εξαγωγή ενός ενιαίου μοντέλου ανά ποιοτικό δείκτη, που να μπορεί να χαρακτηριστεί αξιόπιστος όσον αφορά την χρονική μεταβολή της ποιότητας του τροφίμου σε οποιαδήποτε θερμοκρασία και συνθήκη συσκευασίας.

Οι ποιοτικοί δείκτες που επιλέγονται ως ενδεικτικοί της υποβάθμισης της ποιότητας κατά την ψύξη των προϊόντων είναι ο προσδιορισμός του μικροβιακού φορτίου, η βιταμίνη C (L-ασκορβικό οξύ), η ενζυμική υποβάθμιση και συγκεκριμένα η μελέτη των ενζύμων PPO, PAL, η μελέτη των κινονών (Quinones), η υφή και συγκεκριμένα ο προσδιορισμός της αντοχής σε διάρρηξη (burst strength) και το χρώμα. Πραγματοποιείται εκτός των άλλων και οργανοληπτικός έλεγχος των δειγμάτων ραδικιού ως προς το χρώμα, την οπτική εμφάνιση, την οσμή, την γεύση, την υφή (συνολική υφή), την συνολική εντύπωση, την διαχωριστικότητα των φύλλων ραδικιού, την ευθραυστότητα των φύλλων ραδικιού, την φρεσκάδα και το περιεχόμενο τους σε μαύρισμα. Βάσει των πειραματικών μετρήσεων που καταγράφονται, πραγματοποιείται κινητική μελέτη και προσδιορισμός των ρυθμών υποβάθμισης ποιότητας των δειγμάτων υπό ψύξη (k, σταθερά υποβάθμισης ποιότητας). Στην συνέχεια, πραγματοποιείται η χρησιμοποίηση της εξίσωσης Arrhenius για τον υπολογισμό της εξάρτησης των παραπάνω ρυθμών από τις θερμοκρασίες ψύξης, ανά συνθήκη συσκευασίας, μέσω του υπολογισμού της τιμής της ενέργειας ενεργοποίησης, E<sub>a</sub>.

## 6.1 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

### 6.1.1 ΠΑΡΑΛΑΒΗ ΚΑΙ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΡΑΔΙΚΙΟΥ

Για την διεξαγωγή των πειραματικών μετρήσεων συνολικά, χρησιμοποιήθηκαν δείγματα σαλάτας ραδικιού, της εταιρείας Μπάρμπα Στάθης, τα οποία παρελήφθησαν από τον χώρο της βιομηχανίας και μετά από χρονικό διάστημα περίπου ίσο με 60 min, κατέφτασαν στον χώρο του Εργαστηρίου Χημείας και Τεχνολογίας Τροφίμων της Σχολής Χημικών Μηχανικών ΕΜΠ.

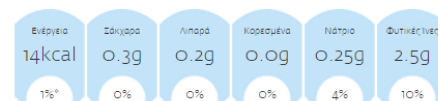


#### ✓ Διατροφικές πληροφορίες

	Ανά 100g	Ανά μερίδα 80g
Ενέργεια	17kcal	14
Πρωτεΐνες	1,7g	1,4
Υδατάνθρακες	0,6g	0,5g
εκ των οποίων σάκχαρα	0,4g	0,3g
Λιπαρά	0,2g	0,2g
εκ των οποίων κορεσμένα	0,0g	0,0g
Φυτικές ίνες	3,1g	2,5g
Νάτριο	0,25g	0,25
Βιταμίνη Α	432μg	% της Σ.Η.Π.

\* Σ.Η.Π.: Συνιστώμενη Ημερήσια Ποσότητα που πρέπει να καταναλώνει ένας ενήλικας, σύμφωνα με την οδηγία 90/496 της Ε.Ε.

#### ✓ Μια μερίδα περιέχει



\* της Ενδεικτικής Ημερήσιας Πρόσληψης (GDA) για ενήλικες με βάση δίαιτα 2000 θερμίδων, που αντιστοιχούν στις μέσες ημερήσιες ανάγκες ενός ενήλικα.

#### ✓ Διατήρηση

Στο ψυγείο

Στους 1-5°C μέχρι την ημ/νία λήξης

Εικόνα 6.1.1: Εμπορική συσκευασία(αερόβια, διάτρητου φιλμ) των δειγμάτων ραδικιού και η διατροφική ετικέτα

Τα δείγματα σαλάτας ραδικιού είναι συσκευασμένα σε εμπορικές συσκευασίες της εταιρείας. Λαμβάνοντας ικανή για τις ανάγκες του πειραματικού σχεδιασμού ποσότητα δειγμάτων, ακολούθησε η συσκευασία σε συνθήκες τροποποιημένης ατμόσφαιρας(MAP), στον χώρο του εργαστηρίου, εισαγάγοντας ποσότητες αερίων διοξειδίου του άνθρακα και οξυγόνου, ικανές για την δημιουργία συσκευασιών τελικής σύστασης 5% O<sub>2</sub> και 15% CO<sub>2</sub> μέσω του μηχανήματος συσκευασίας τροποποιημένης ατμόσφαιρας του Εργαστηρίου Χημείας και Τεχνολογίας Τροφίμων της Σχολής Χημικών Μηχανικών ΕΜΠ.(Boss, 61352 Bud Homburg, Germany)

Η προαναφερθείσα σύσταση των συσκευασιών τροποποιημένης ατμόσφαιρας, επιλέχθηκαν, μετά από σειρές πειραμάτων που είχαν διεξαθεί στο Εργαστήριο Χημείας και Τεχνολογίας Τροφίμων της Σχολής Χημικών Μηχανικών ΕΜΠ, σε δείγματα ρόκας(rocket) στα πλαίσια πειραματικών κύκλων που είχαν πραγματοποιηθεί μέσω του προγράμματος Sorphy, για την εξαγωγή κινητικών μοντέλων για την εξέλιξη των ποιοτικών παραμέτρων(μικροβιολογικών, οργανοληπτικών, χρώματος, βιοχημικών, ενζυμικών, υφής, αέριας σύστασης)σε δείγματα από φυλλώδεις σαλάτες, βάσει των παραμέτρων που αφορούν την θερμοκρασία συντήρησης, την αέρια σύσταση της συσκευασίας των λαχανικών και του πώς αυτές οι παράμετροι μεταβάλλονται συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης.

Η συγκεκριμένη επιλογή πραγματοποιήθηκε με κριτήρια την παρόμοια οικογενειακή προέλευση των συγκεκριμένων ειδών λαχανικών. Δηλαδή, το ραδίκι ανήκει στην οικογένεια των Αστεροειδών(Asteraceae)και η ρόκα ανήκει στην οικογένεια Brassicaceae. Συγκεκριμένα, μετά από βιβλιογραφική ανασκόπηση, διαπιστώθηκε ότι οι αλληλεπιδράσεις γύρης τόσο σε μοριακό όσο και σε κυτταρικό επίπεδο, περιλαμβάνουν παρεμφερείς μηχανισμούς και στα δύο είδη οικογενειών, με αποτέλεσμα να γίνεται λόγο για υψηλού βαθμού συμβατότητας ανάμεσα στα 2 είδη λαχανικών. (M. Allen et al., 2011). Έτσι, βάσει του γεγονότος ότι στα πειράματα στα πλαίσια του Sorphy, τα δείγματα ρόκας έδειξαν βελτιωμένη διατηρησιμότητα στην προαναφερθείσα αέρια σύσταση τροποποιημένης ατμόσφαιρας συσκευασίας, επιλέχθηκε η συγκεκριμένη σύσταση για τις πειραματικές μετρήσεις της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Για την μελέτη της διατηρησιμότητας στα δείγματα ραδικιού, τόσο οι αερόβιες εμπορικές συσκευασίες διάτρητου φιλμ, όσο και οι συσκευασίες τροποποιημένης ατμόσφαιρας, φυλάσσονται σε ψυχόμενους θαλάμους ρύθμισης της θερμοκρασίας(Sanyo MIR 153, Sanyo Electric, Ora-Gun, Gunma, Japan)σε ισοθερμοκρασιακές ή μεταβαλλόμενες συνθήκες. Η θερμοκρασία στους θαλάμους παρακολουθείται μέσω ηλεκτρονικού καταγραφικού της θερμοκρασίας(OM-80, Mini NOMAD Series RFID Data Loggers and Readers, OMEGA Engineering, INC., Stamford Connecticut, US).

Κατά την διάρκεια των πειραμάτων διατηρησιμότητας, δείγματα από τα δύο είδη συσκευασίας, λαμβάνονται ανά τακτά χρονικά διαστήματα(δειγματοληψίες)και εξετάζονται για το μικροβιακό τους φορτίο και τους υπόλοιπους ποιοτικούς δείκτες ανά περίπτωση. Εξαιτίας του γεγονότος ότι οι δειγματοληψίες για την μελέτη της υποβάθμισης των μικροβιολογικών ποιοτικών δεικτών ήταν σχεδόν καθημερινές, λόγω και του αυξημένου μικροβιακού φορτίου των δειγμάτων, αλλά και των πολλών διαφορετικών θερμοκρασιών αποθήκευσης τους, οι πειραματικές μετρήσεις διαχωρίστηκαν σε 2 χρονικά διαστήματα. Συγκεκριμένα, σε διάστημα 4 εβδομάδων πραγματοποιήθηκαν οι δειγματοληψίες για την μικροβιολογική υποβάθμιση των δειγμάτων ραδικιού και την ποιοτική υποβάθμιση δεικτών

όπως η υφή, το χρώμα και μικροβιολογικοί δείκτες, ενώ σε διάστημα των επόμενων 3 εβδομάδων, πραγματοποιήθηκαν οι δειγματοληψίες για την μελέτη της ενζυμικής υποβάθμισης, της υποβάθμισης των κινονών και της απώλειας σε βιταμίνη C. Οι δειγματοληψίες καθορίζονταν με βάση το μετρούμενο κάθε φορά, μικροβιακό φορτίο του λαχανικού και πραγματοποιούνταν ανά τακτά χρονικά διαστήματα, που κυμαίνονταν ανά 2-4 μέρες, ανάλογα με τον προς μέτρηση μικροοργανισμό και την θερμοκρασία συντήρησης. Μαζί με την μέτρηση του μικροβιακού φορτίου των δειγμάτων, την ίδια μέρα πραγματοποιούνταν ο υπολογισμός των προαναφερθέντων ποιοτικών δεικτών, όπως επίσης και ο οργανοληπτικός έλεγχος του τροφίμου.

### **6.1.2 ΑΝΑΛΥΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ**

#### **6.1.2.1 Προσδιορισμός pH των δειγμάτων**

Η τιμή του pH των δειγμάτων ραδικιού είναι ιδιαίτερα σημαντική ως παράμετρος, καθώς επηρεάζονται από αυτή ιδιότητες του λαχανικού, όπως είναι τα ποιοτικά χαρακτηριστικά και το είδος της αναπτυσσόμενης μικροβιακής χλωρίδας. Η μέτρηση της τιμής pH, πραγματοποιείται μέσω ηλεκτρονικού pH-μετρου (pHmeter 338, AMEL Instruments, Milan, Italy). Η μέτρηση γίνεται σε αποψυγμένο και ομογενοποιημένο με διάλυμα Ringer δείγμα ραδικιού.

#### **6.1.2.2 Προσδιορισμός αέριας σύστασης των δειγμάτων**

Η αέρια σύσταση των συσκευασιών στις οποίες περιέχονται τα δείγματα, είναι σημαντική παράμετρος για την ποιοτική υποβάθμιση του τροφίμου, καθώς μέσω ενδεχόμενων μη αναμενόμενων μεταβολών στην ατμόσφαιρα της συσκευασίας, η σύσταση της οποίας καταγράφεται πριν από κάθε δειγματοληψία, μπορούν να προσδιοριστούν τυχόν προβλήματα που οφείλονται στα φαινόμενα αναπνοής και διαπνοής του λαχανικού. Για παράδειγμα, μια μη αναμενόμενη μεγάλη μείωση της συγκέντρωσης του οξυγόνου στην συσκευασία, πιθανότατα να οφείλεται στην αναπνοή του ραδικιού και εν προκειμένου η παράμετρος αυτή υποδεικνύει ότι είναι απαραίτητος ο έλεγχος της διατήρησης των προβλεπόμενων συνθηκών ψύξης, στον θάλαμο του ψυγείου.

Η μέτρηση της αέριας σύστασης των δειγμάτων, πραγματοποιείται μέσω του μηχανήματος καταγραφής αέριας σύστασης, (CheckMate 9900 O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>, PBI Dansensor, Ringsted, Denmark), όπου με την βοήθεια βελόνας που εισαγάγεται στον υπερκείμενο χώρο της εκάστοτε συσκευασίας, παρουσιάζεται στην οθόνη της συσκευής η σύσταση σε O<sub>2</sub> και CO<sub>2</sub>. Το τμήμα της βελόνας που εισαγάγεται στην συσκευασία είναι σημαντικό να μην έρχεται σε επαφή με επιφάνεια του λαχανικού, καθώς μπορεί να επηρεαστεί πιθανώς η καταγραφόμενη τιμή. Για τον λόγο αυτόν, μικρό κομμάτι της βελόνας εισαγάγεται προσεκτικά στον υπερκείμενο χώρο κάθε συσκευασίας.



### 6.1.2.3 Προσδιορισμός μικροβιακού φορτίου δειγμάτων

Για τον υπολογισμό του μικροβιακού φορτίου στα δείγματα ραδικιού, χρησιμοποιείται η μέθοδος μέτρησης αποικιών επιφανειακής ανάπτυξης σε τρυβλία. Η συγκεκριμένη μέθοδος μέτρησης μικροβιακού φορτίου, στηρίζεται στο ότι από κάθε μικροβιακό κύτταρο, προκύπτει μία μόνο αποικία και επομένως η μέτρηση των αποικιών μπορεί να δώσει τον αριθμό των μικροοργανισμών οι οποίοι ευθύνονται για την ανάπτυξη τους. Κατά την διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας, 10 g δείγματος φέρονται σε αποστειρωμένη σακούλα στην οποία προστίθενται 90 g αποστειρωμένου ορού Ringer. Το μίγμα οδηγείται στον ομογενοποιητή (Stomacher), όπου πραγματοποιείται η ομογενοποίηση του για χρονικό διάστημα 2 min. Στην συνέχεια, σε δοκιμαστικούς σωλήνες των 10 mL, μεταφέρονται μέσω αυτοματοποιημένης έγχυσης, 9 mL ορού Ringer. Από το ομογενοποιημένο δείγμα λαμβάνεται ποσότητα 1 mL, η οποία τοποθετείται στον ακόλουθο δοκιμαστικό σωλήνα και αναδεύεται καλά, προκειμένου το μίγμα να γίνει ομογενές. Από αυτόν τον δοκιμαστικό σωλήνα, λαμβάνεται 1 mL, και μεταφέρεται στον επόμενο δοκιμαστικό σωλήνα, ο οποίος ήδη περιέχει 9 mL ορού Ringer. Επομένως, κάθε αραιώση που πραγματοποιείται είναι υποδεκαπλάσια της προηγούμενης. Η συνολική διαδικασία επαναλαμβάνεται έως ότου επιτευχθεί ο προβλεπόμενος για την δειγματοληψία αριθμός αραιώσεων. Είναι σημαντική η κατανόηση του ότι όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των μικροοργανισμών στο εκάστοτε δείγμα, τόσες περισσότερες αραιώσεις απαιτούνται, για την σωστή ανάπτυξη των μικροβιακών κυττάρων στα τρυβλία και την ορθή καταμέτρηση των αποικιών. Επιπλέον, είναι χρήσιμο σε κάθε δειγματοληψία, τα 10 g δείγματος να λαμβάνονται από όσο το δυνατόν περισσότερα σημεία της συσκευασίας, προκειμένου να είναι περισσότερο αντιπροσωπευτικό το δείγμα.

Οι μικροοργανισμοί που προσδιορίζονται είναι η ολική μικροβιακή χλωρίδα(TVC), οι ψευδομονάδες(Pseudomonads), οι ζύμες- μύκητες(yeasts and molds), τα γαλακτικά βακτήρια(LAB), και τα εντεροβακτήρια(VRBD).

Το θρεπτικό υλικό κατανέμεται σε αποστειρωμένα τρυβλία Petri έως ότου στερεοποιηθεί. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό να τοποθετείται αρκετή ποσότητα υποστρώματος για την κατάλληλη κάλυψη του πυθμένα κάθε τρυβλίου, ώστε να αποφεύγονται ρωγμές του θρεπτικού υλικού κατά την επίστρωση του δείγματος και συνεπώς αμφισβητούμενες μετρήσεις αποικιών. Εν συνεχεία, λαμβάνονται 0,1 mL δείγματος τα οποία φέρονται στην επιφάνεια του υποστρώματος, και ακολουθεί προσεκτική επάλειψη, με την βοήθεια πλαστικής ράβδου. Η ίδια διαδικασία επαναλαμβάνεται για μια φορά ακόμα(2<sup>η</sup> επανάληψη). Για κάθε μετρούμενο δείγμα, χρησιμοποιούνται 3 διαδοχικές δεκαδικές αραιώσεις, οι οποίες επιλέγονται κατάλληλα, ώστε μετά την επώαση των δειγμάτων, η καταμέτρηση των αποικιών να γίνεται σε τρυβλίο που να περιέχει 30-300 αποικίες.

Η αποστείρωση των υποστρωμάτων, του ορού Ringer, του αυτοματοποιημένου συστήματος έγχυσης ορού Ringer(dispenser),πραγματοποιείται σε αυτόκλειστο με με χρήση ατμού θερμοκρασίας 110°C, για χρονικό διάστημα 45 min. Για την αποστείρωση της λαβίδας που χρησιμοποιείται κατά την δειγματοληψία, αυτή εμβαπτίζεται σε διάλυμα αιθυλικής αλκοόλης και στην συνέχεια ακολουθεί καύση της αλκοόλης της επιφάνειας της λαβίδας σε φλόγα.

Για την ανάπτυξη και καταμέτρηση του μικροβιακού φορτίου χρησιμοποιήθηκαν τα ακόλουθα θρεπτικά υλικά ανάπτυξης μικροοργανισμών, οι ακόλουθες τεχνικές εμβολιασμού, οι ακόλουθες θερμοκρασίες και οι ακόλουθοι χρόνοι επώασης:

- Plate Count Agar Standard(PCA, Merck, Darmstadt, Germany), με επιφανειακή επίστρωση, επώαση στους 25 °C για 48 ώρες(2 ημέρες), για τον προσδιορισμό της ολικής μικροβιακής χλωρίδας.
- De Man-Rogosa-Sharpe Agar(MRS, Merck, Darmstadt, Germany) με ενσωμάτωση και διπλή επίστρωση, επώαση στους 25 °C για 120 ώρες(5 ημέρες), για τον προσδιορισμό των γαλακτικών βακτηρίων.
- Cetrimide Agar(MRS, Merck, Darmstadt, Germany) με επιφανειακή επίστρωση, επώαση στους 25 °C για 48 ώρες(2 ημέρες), για τον προσδιορισμό των ψευδομονάδων.
- Rose-Bengal Chloramphenicol(RBC, Merck, Darmstadt, Germany), με επιφανειακή επίστρωση, επώαση στους 25 °C για 120 ώρες(5 ημέρες), για τον προσδιορισμό των ζυμών και μυκήτων.
- Violet Red Bile Dextrose Agar, ( Merck, Darmstadt, Germany), με ενσωμάτωση και διπλή επίστρωση, επώαση στους 25 °C για 72 ώρες(3 ημέρες). Η παρασκευή του συγκεκριμένου υποστρώματος, δεν περιλαμβάνει την αποστείρωση του, αλλά παρασκευάζεται με την ζύγιση των απαραίτητων ποσοτήτων, τον ακόλουθο βρασμό της ογκομετρικής φιάλης σε συσκευή μπεν μαρί, μέχρι να επέλθει ο αφρώδης βρασμός του υγρού για 2-3 συνεχόμενες φορές, μετά από προσεκτική ανακίνηση της φιάλης.

Μετά την καταμέτρηση των αποικιών, λαμβάνοντας υπόψη την αραιώση του δείγματος, υπολογίζεται ο αριθμός των μικροοργανισμών που περιέχονται σε 1 g δείγματος, πολλαπλασιάζοντας τον αριθμό των αποικιών με το αντίστροφο της αραιώσης, υπολογιζόμενος σε CFU/g. Στην επεξεργασία των αποτελεσμάτων, αντί της τιμής αυτής, χρησιμοποιείται ο δεκαδικός της λογάριθμος και έτσι το συνολικό φορτίο υπολογίζεται σε log CFU/g. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων του μικροβιακού φορτίου ενός μικροοργανισμού που προκύπτουν ανά τακτά χρονικά διαστήματα, μπορούν να παρασταθούν σε σύστημα αξόνων συναρτήσεως του χρόνου αποθήκευσης, δημιουργώντας την καμπύλη των φάσεων ανάπτυξης του μικροοργανισμού.

#### 6.1.2.4 Προσδιορισμός υφής των δειγμάτων

Για τα αποψυγμένα δείγματα ραδικιού, η υφή προσδιορίζεται με την βοήθεια του αναλυτή υφής(Texture Analyzer, μοντέλο TA-XT2i, Stable Micro Systems, Godalming, Surrey, UK) με την διεξαγωγή δοκιμής διάρρηξης(burst strength). Για την πραγματοποίηση της μέτρησης χρησιμοποιείται το στέλεχος film support rig, της εταιρείας Stable Micro Systems, Godalming, Surrey, UK. Για την πραγματοποίηση του προσδιορισμού της υφής, τα δείγματα, τα οποία έχουν αποψυχθεί σε θερμοκρασία δωματίου για 20 min, τοποθετούνται σε κατάλληλη πλάκα από plexiglass(με κυκλική οπή στο μέσο της), όπου πάνω από αυτήν τοποθετείται αλουμινένια πλάκα η οποία βιδώνεται προσεκτικά, για την αποφυγή τραυματισμού του φυτικού ιστού του φύλλου ραδικιού. Στην συνέχεια, ένα μεταλλικό στέλεχος κατέρχεται από προεπιλεγμένο ύψος ως προς την πλάκα, με προκαθορισμένη δύναμη και ταχύτητα και εισχωρεί στο φύλλο ραδικιού, έως ότου επέλθει η διάρρηξη του. Το μεταλλικό στέλεχος ακολούθως απομακρύνεται, ενώ έχει καταγραφεί από το λογισμικό του Η/Υ η απαιτούμενη δύναμη για την διάρρηξη του φύλλου ραδικιού(burst strength), λογισμικό μέσω του οποίου πραγματοποιείται η επεξεργασία των αποτελεσμάτων.(Texture Exponent 32, Stable Micro Systems, Godalming, Surrey, UK) Τέλος, χρειάζεται να δοθεί προσοχή στην επιλογή των φύλλων για τον προσδιορισμό της υφής του δείγματος, ούτως ώστε να είναι όσο το δυνατόν αντιπροσωπευτικότερα για το κάθε δείγμα, προκειμένου να παρατηρείται καλή επαναληψιμότητα των μετρήσεων της αντοχής σε διάρρηξη.



Εικόνα 6.1.2.4: Μεταλλικό στέλεχος film support rig, της εταιρείας Stable Micro Systems, Godalming, Surrey, UK, που χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό της υφής των δειγμάτων ραδικιού

#### 6.1.2.5 Προσδιορισμός Χρώματος

Το χρώμα των συντηρημένων υπό ψύξη δειγμάτων ραδικιού, προσδιορίζεται μέσω του χρωματόμετρου Minolta CR-200(Minolta Company, Chuo-Ku, Osaka, Japan)και της χρήσης των παραμέτρων χρώματος CIE Lab(Comission International de l' Eclairage)(CIE 1978). Κατά την

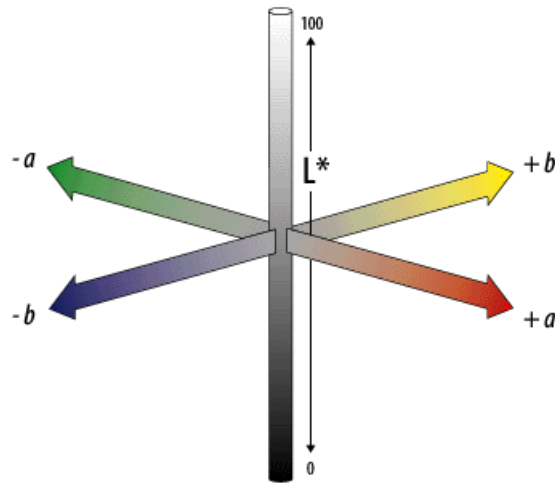
χρωματομετρία μέτρησης των συντεταγμένων Lab της κλίμακας CIE το L εκφράζει την φωτεινότητα των δειγμάτων, ενώ οι άλλες δύο παράμετροι a και b σχετίζονται με το χρώμα του δείγματος, σύμφωνα με το Σχήμα 78.

Συγκεκριμένα, η παράμετρος a όταν λαμβάνει αρνητικές τιμές προσδιορίζει πράσινο χρώμα, ενώ όταν λαμβάνει θετικές τιμές προσδιορίζει το κόκκινο χρώμα. Στην περίπτωση της παραμέτρου b, όταν λαμβάνει αρνητικές τιμές προσδιορίζει το μπλε χρώμα, ενώ όταν λαμβάνει θετικές τιμές προσδιορίζει το κίτρινο χρώμα. Από τις λαμβανόμενες τιμές των παραμέτρων αυτών, υπολογίζεται η συνολική μεταβολή της οπτικής απόκρισης  $\Delta E$  και η συνολική μεταβολή του χρώματος  $\Delta C$ . Οι τιμές των μεγεθών αυτών υπολογίζονται μέσω των εξισώσεων 6.1.2.5.1 και 6.1.2.5.2:

$$\Delta E = \sqrt{(L - L_0)^2 + (a - a_0)^2 + (b - b_0)^2} \quad \text{εξ. 6.1.2.5.1}$$

$$\Delta C = \sqrt{(a - a_0)^2 + (b - b_0)^2} \quad \text{εξ. 6.1.2.5.2}$$

όπου τα  $L_0$ ,  $a_0$  και  $b_0$  αναφέρονται στα δείγματα αναφοράς.



Σχήμα 6.1.2.5: Χρωματική αναπαράσταση στον χώρο, των παραμέτρων της διεθνούς κλίμακας CIE Lab

Το χρωματόμετρο Minolta CR-200, είναι ένα φορητό χρωματόμετρο, το άκρο της λαβής του οποίου περιλαμβάνει οπή διαμέτρου 8 mm μέσω της οποίας πραγματοποιείται η μέτρηση χρώματος του εκάστοτε δείγματος, ενώ διαθέτει επίσης επεξεργαστή δεδομένων με δυνατότητα εκτύπωσης των μετρήσεων και μνήμη αποθήκευσης έως και 300 μετρήσεων. Η συσκευή περιλαμβάνει μια λευκή πλάκα μέσω της οποίας γίνεται η βαθμονόμηση του χρωματόμετρου, πριν την μέτρηση κάθε δείγματος φύλλου ραδικιού. (Calibration plate CR-200, L=97,5, a=-0,31, b=-3,83). Σύμφωνα με την συχνότητα των μετρήσεων που διεξάγονται, οι μετρήσεις πραγματοποιούνται σε επιλεγμένη περιοχή του δείγματος, όσο το δυνατόν περισσότερο αντιπροσωπευτική, καθώς τα φύλλα της συσκευασίας των ραδικιών τόσο της εμπορικής όσο και της τροποποιημένης ατμόσφαιρας, χαρακτηρίζονται από ιδιαίτερη ανομοιομορφία.

#### 6.1.2.6 Οργανοληπτικός έλεγχος

Ο οργανοληπτικός έλεγχος των τροφίμων αποτελεί τμήμα του ελέγχου ποιότητας και πρέπει να εντάσσεται σε αυτόν. Το Εργαστήριο στη βιομηχανία τροφίμων περιλαμβάνει εκτός από το χημικό και το μικροβιολογικό εργαστήριο και το οργανοληπτικό εργαστήριο. Ο υπεύθυνος της ομάδας των δοκιμαστών μπορεί να είναι υπεύθυνος του οργανοληπτικού ελέγχου. Αυτός θα σχεδιάζει τα οργανοληπτικά πειράματα και θα επιλέγει τις κατάλληλες δοκιμές για τον έλεγχο και τη διασφάλιση της σταθερής στάθμης ποιότητας (τακτικοί οργανοληπτικοί έλεγχοι: δοκιμές διαφορικές ή έκτακτοι έλεγχοι σε περιπτώσεις αλλαγής πρώτης ύλης, βοηθητικής ύλης, διαδικασίας: διαφορικές δοκιμές και άλλες) ή κατά το σχεδιασμό προϊόντων, όπου θεωρείται απαραίτητο να συμπεριλαμβάνονται στο σχεδιασμό και οι οργανοληπτικές ιδιότητες του τροφίμου. Οι οργανοληπτικές εξετάσεις βοηθούν πολύ και είναι χρήσιμα εργαλεία για την ανάπτυξη ενός προϊόντος τροφίμου (δοκιμές αρεσκείας και άλλες), όπως επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για ερευνητικά θέματα τροφίμων.

Τα δείγματα, εκτός της αντικειμενικής εκτίμησης των ποιοτικών τους χαρακτηριστικών, είναι απαραίτητο να μπορούν να καταταχθούν σε ποιοτικές κατηγορίες, βάσει των οργανοληπτικών τους χαρακτηριστικών. Ο οργανοληπτικός έλεγχος των δειγμάτων πραγματοποιείται για την βαθμολόγηση των οργανοληπτικών παραμέτρων και τον καθορισμό της αποδοχής ή της απόρριψης των προϊόντων. Μια μικρή ομάδα εκπαιδευμένων δοκιμαστών, η οποία αποτελείται από 5-8 άτομα εξετάζει τα δείγματα ραδικιού και στις 2 συνθήκες συσκευασίας και τα βαθμολογεί ανάλογα ως προς το χρώμα, την οπτική εμφάνιση, την οσμή, την γεύση, την υφή (συνολική υφή), την συνολική εντύπωση, την διαχωριστικότητα των φύλλων ραδικιού, την ευθραυστότητα των φύλλων ραδικιού, την φρεσκάδα και το περιεχόμενο τους σε μαύρισμα,

χρησιμοποιώντας το κατάλληλο έντυπο οργανοληπτικού ελέγχου.

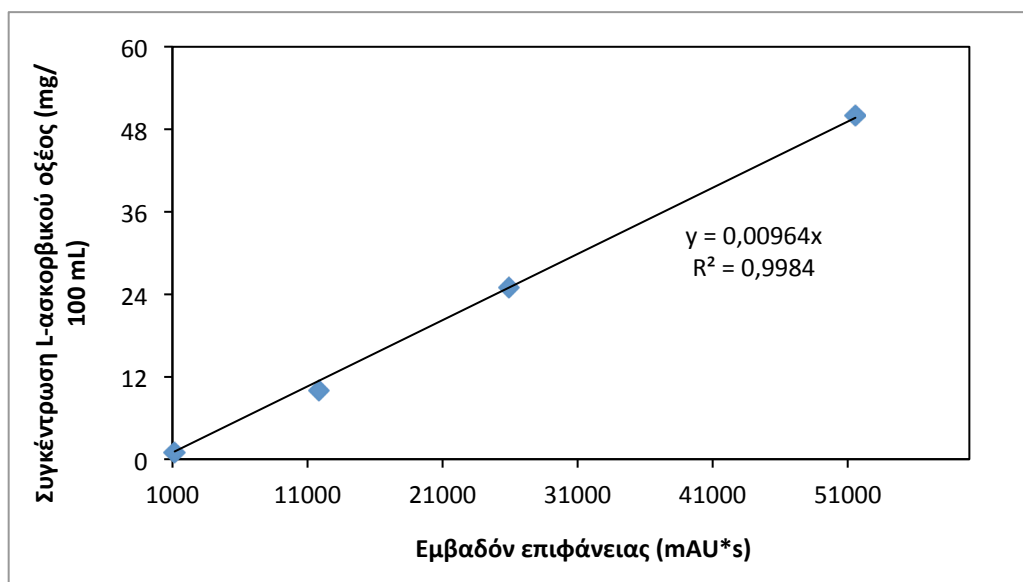
Τα δείγματα ραδικιού πριν τον οργανοληπτικό έλεγχο δεν περιλαμβάνουν κάποια προετοιμασία, καθώς τα φύλλα της σαλάτας τόσο της εμπορικής συσκευασίας όσο και της τροποποιημένης ατμόσφαιρας, μπορούν να καταναλωθούν σε ωμή μορφή. Η οργανοληπτική εξέταση πραγματοποιείται στον χώρο του Εργαστηρίου Χημείας και Τεχνολογίας Τροφίμων, από εκπαιδευμένους δοκιμαστές, οι οποίοι συμπληρώνουν το έντυπο με βάση τις ιδιαίτερες προτιμήσεις τους ως εξής. Για την βαθμολόγηση των χαρακτηριστικών του χρώματος, της οπτικής εμφάνισης, της οσμής, της γεύσης, της υφής(συνολικής υφής)και της συνολικής εντύπωσης, χρησιμοποιούν κλίμακα από το 1 έως το 9, η οποία βασίζεται στην προτίμηση τους(με το 9 να υποδεικνύει εξαιρετικά φρέσκο δείγμα και το 1 δείγμα με αλλοιώσεις). Για την βαθμολόγηση των χαρακτηριστικών της διαχωριστότητας(sprinklyness)και της ευθραυστότητας(brittleness) των φύλλων ραδικιού, της φρεσκάδας και του περιεχομένου τους σε μαύρισμα(το οποίο οφείλεται σε ενζυμικές δράσεις), χρησιμοποιείται κλίμακα από το 1 έως το 9, η οποία βασίζεται στην ένταση των προαναφερθέντων χαρακτηριστικών(με το 1 να υποδηλώνει καμία ένταση και το 9 να υποδηλώνει αυξημένη ένταση). Τέλος, οι δοκιμαστές καλούνται να βαθμολογήσουν την αποδεκτότητα ή όχι του προϊόντος, όπου ως όριο αποδοχής ορίζεται ο βαθμός 5. Εντός του παραρτήματος, παρατίθεται το έντυπο οργανοληπτικού ελέγχου που χρησιμοποιούν οι δοκιμαστές για την οργανοληπτική αξιολόγηση των τροφίμων.

#### 6.1.2.7 Προσδιορισμός Βιταμίνης C

Σύμφωνα με βιβλιογραφικές πηγές, η περιεκτικότητα ριζών ραδικιού σε βιταμίνη C είναι 5,0 mg/100 g φρέσκου λαχανικού.(Kuchatski *et al.*, 2009). Για τον συγκεκριμένο πειραματικό σχεδιασμό, η βιταμίνη C προσδιορίζεται με την βοήθεια της υγρής χρωματογραφίας υψηλής πίεσης(HPLC). Όλες οι αναλύσεις πραγματοποιούνται σε διπλά δείγματα ομογενοποιημένου φυτικού ιστού σύμφωνα με την γενική μέθοδο προετοιμασίας στερεών δειγμάτων των Oguna-Concha *et al.*, (1998)και των Giannakourou *et al.*, (2002). Συγκεκριμένα, αναδεύεται μηχανικά ποσότητα 5 g του ομογενοποιημένου(πολτοποιημένου) δείγματος ραδικιού με μαγνητικό αναδευτήρα σε 15 mL διαλύματος 4,5 w/w μεταφωσφορικού οξέος για 15 min. Ακολουθεί διήθηση του μίγματος υπό κενό και καταγραφή του τελικού όγκου του διηθήματος. Στην συνέχεια, ένα μικρό δείγμα φιλτράρεται με φίλτρο Agilent, PTFE, 0,45 μm, και εισάγεται με την βοήθεια μιας κατάλληλης σύριγγας των 50 μL(Agilent, Australia) στην χρωματογραφική στήλη. Σχετικά με το χρησιμοποιούμενο χρωματογραφικό σύστημα, ανήκει στην σειρά HP series 1100 και περιλαμβάνει βαθμωτή αντλία τεσσάρων καναλιών, απαερωτή κενού, στήλη Hypersil ODS, C-18 ανάστροφης φάσης με 5 μm μέγεθος σωματιδίων, βρόγχο όπου πραγματοποιείται η ένεση που περιλαμβάνει το δείγμα (Rheodyne 20 μL injection loop), ανιχνευτή Diode Array και συνεργάζεται με αντίστοιχο λογισμικό της HP, το HPChemStation. Για την συγκεκριμένη ανάλυση, η κινητή φάση που χρησιμοποιείται είναι νερό HPLC(Merck, Darmstadt, Germany), με προσθήκη ελάχιστων κρυστάλλων μεταφωσφορικού οξέος, έως ότου το pH να φτάσει την

τιμή 2,2, ενώ η ανίχνευση του L-ασκορβικού οξέος πραγματοποιείται στα 245 nm.

Σε ένα τυπικό χρωματογράφημα, η έκλυση του L-ασκορβικού οξέος πραγματοποιείται περίπου στα 8-9 min και η καμπύλη καταγράφεται από τον ανιχνευτή στα 245 nm. Κατασκευάζεται καμπύλη βαθμονόμησης με χρήση διαφόρων προτύπων υδατικών διαλυμάτων L-ασκορβικού οξέος(Merck, Darmstadt, Germany)με διαφορετικές συγκεντρώσεις στην περιοχή ενδιαφέροντος και η γραμμική εξίσωση που προκύπτει είναι οι ακόλουθες:



Σχήμα 6.1.2.7: Καμπύλη βαθμονόμησης L-ασκορβικού οξέος

#### 6.1.2.8 Προσδιορισμός ενζύμων και κινονών

##### *Προσδιορισμός ενεργότητας πολυφαινολικής οξειδάσης(PPO)*

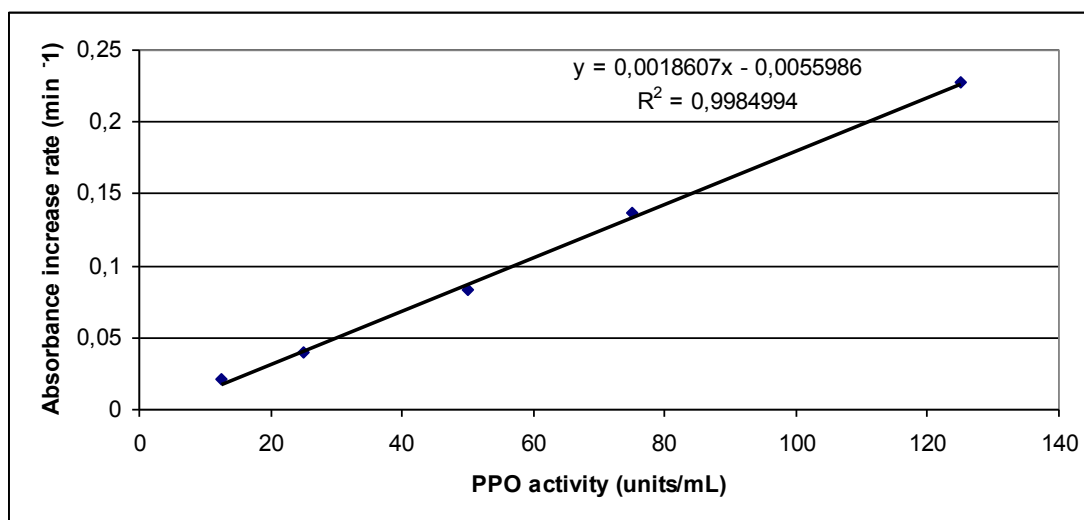
Η εκχύλιση του ενζύμου πολυφαινολική οξειδάση από τα δείγματα ραδικιού, πραγματοποιείται σύμφωνα με τους Fang et al., (2006), με ελαφρές τροποποιήσεις. Συγκεκριμένα, λαμβάνεται ποσότητα 5 g φρέσκου φυτικού ιστού ραδικιού, η οποία πολτοποιείται και στην συνέχεια ομογενοποιείται με 10 mL ρυθμιστικού διαλύματος φωσφορικού νατρίου(0,2 M, pH 6,5)(Sigma –Aldrich, USA), το οποίο ρυθμιστικό διάλυμα περιλαμβάνει 4% w/v PVP και 1% v/v Triton X 100. Η ομογενοποίηση πραγματοποιείται σε θερμοκρασία δωματίου, με την χρήση μαγνητικού αναδευτήρα, για χρονικό διάστημα 20 min. Το ομογενοποιημένο διάλυμα οδηγείται για φυγοκέντρηση στις 10.000 rpm στους 4°C, για 25 min. Μετά την φυγοκέντρηση, οι υπερκείμενες υδατικές φάσεις φιλτράρονται μέσω γάζας και ογκομετρούνται. Ο όγκος τους καταγράφεται. Στην συνέχεια, το εκχύλισμα της υδατικής φάσης, το οποίο μπορεί να αποκαλείται και ως ακατέργαστο ένζυμο(crude enzyme),

φυλάσσεται στους 0 °C, πριν την περαιτέρω επεξεργασία.

Ο υπολογισμός της ενζυμικής ενεργότητας πραγματοποιείται με την χρησιμοποίηση κλάσματος 100  $\mu\text{L}$  των εκχυλισμάτων PPO των crude enzymes. Ακολούθως, το ένζυμο αραιώνεται με 1,9 mL ρυθμιστικού διαλύματος φωσφορικού νατρίου(0,05 M, pH 6,5) (Sigma – Aldrich, USA), το οποίο ρυθμιστικό διάλυμα περιέχει κατάλληλη ποσότητα διαλύματος υποστρώματος κατεχόλης 0,07 M. Η αύξηση της απορρόφησης στο τελικό διάλυμα μετράται στα 420 nm για 5 min, σε φασματοφωτόμετρο(U-2900 UV-VIS spectrophotometer 200 V, 2J1-0003, Tokyo, Japan). Κατασκευάζεται καμπύλη βαθμονόμησης με χρήση διαφόρων προτύπων διαλυμάτων πολυφαινολικής οξειδάσης(Worthington, Biochemical Corporation, NJ, USA) με διαφορετικές συγκεντρώσεις στην περιοχή ενδιαφέροντος και η γραμμική εξίσωση που προκύπτει είναι η

$$y(\text{min}^{-1}) = 0,0018607x - 0,0055986 \quad \text{εξ. 6.1.2.8}$$

, όπου το x μετράται σε units/mL και αναπαρίσταται στο Σχήμα 6.1.2.8.1:



Σχήμα 6.1.2.8: Καμπύλη βαθμονόμησης πολυφαινολικής οξειδάσης(PPO)

Μέσω της παραπάνω καμπύλης βαθμονόμησης, μπορεί να εκφραστεί η ενζυμική ενεργότητα των PPO σε U/mL. Σημειώνεται ότι για την εκτίμηση της επαναληψιμότητας της τιμής της ενζυμικής ενεργότητας PPO, λαμβάνονται οι τιμές της απορρόφησης από 2 δείγματα ραδικιού.

*Προσδιορισμός περιεχομένου σε αμμωνιακή λύαση της φαινυλαλανίνης(PAL)*

Η εκχύλιση της αμμωνιακής λύασης της φαινυλαλανίνης(PAL), πραγματοποιείται σύμφωνα με τους Zhan et al., (2012), με ελαφρές τροποποιήσεις. Συγκεκριμένα, λαμβάνεται ποσότητα 5 g



φρέσκου φυτικού ιστού ραδικιού, η οποία πολτοποιείται και στην συνέχεια ομογενοποιείται με 10 mL ρυθμιστικού διαλύματος φωσφορικού νατρίου(0,2 M, pH 8,5) (Sigma –Aldrich, USA), το οποίο ρυθμιστικό διάλυμα περιλαμβάνει 4% w/v PVP και 1% v/v Triton X 100. Η ομογενοποίηση πραγματοποιείται σε θερμοκρασία δωματίου, με την χρήση μαγνητικού αναδευτήρα, για χρονικό διάστημα 20 min. Το ομογενοποιημένο διάλυμα οδηγείται για φυγοκέντρηση στις 10.000 rpm στους 4°C, για 25 min. Μετά την φυγοκέντρηση, οι υπερκείμενες υδατικές φάσεις φιλτράρονται μέσω γάζας και ογκομετρούνται. Ο όγκος τους καταγράφεται. Στην συνέχεια, το εκχύλισμα της υδατικής φάσης, το οποίο μπορεί να αποκαλείται και ως ακατέργαστο εκχύλισμα αμμωνιακής λύασης της φαινυλαλανίνης(PAL), φυλάσσεται στους 0°C, πριν την περαιτέρω επεξεργασία.

Η ενεργότητα των εκχυλισμάτων PAL, υπολογίζεται με την χρήση κλάσματος 100 μL των ακατέργαστων εκχυλισμάτων PAL. Ακολούθως, τα εκχυλίσματα αναμειγνύονται με 1,9 mL ρυθμιστικού διαλύματος φωσφορικού νατρίου(0,05 M, pH 8,45) (Sigma –Aldrich, USA), και με ποσότητα διαλύματος 50 mM L-φαινυλαλανίνης(Sigma –Aldrich, USA). Το μίγμα επωάζεται στους 40°C για 1 ώρα. Η τιμή της απορρόφησης του τελικού διαλύματος μετράται στα 290 nm.

#### *Προσδιορισμός περιεχομένου σε κινόνες*

Η εκχύλιση των κινονών πραγματοποιείται σύμφωνα με τους E. Degl' Innocenti et al., (2007) με ελαφρές τροποποιήσεις, με την χρησιμοποίηση ποσότητα 5 g ραδικιού. Η ποσότητα αυτή πολτοποιείται και στην συνέχεια ομογενοποιείται με 10 mL μεθανόλης. Η ομογενοποίηση πραγματοποιείται σε θερμοκρασία δωματίου για 20 min . Το ομογενοποιημένο διάλυμα οδηγείται για φυγοκέντρηση στις 10.000 rpm στους 4°C, για 25 min. Μετά την φυγοκέντρηση, οι υπερκείμενες υδατικές φάσεις φιλτράρονται μέσω γάζας και ογκομετρούνται. Ο όγκος τους καταγράφεται. Στην συνέχεια, το εκχύλισμα της υδατικής φάσης, το οποίο μπορεί να αποκαλείται και ως ακατέργαστο εκχύλισμα ο-κινονών(o-Quinones) φυλάσσεται στους 0°C, πριν την περαιτέρω επεξεργασία.

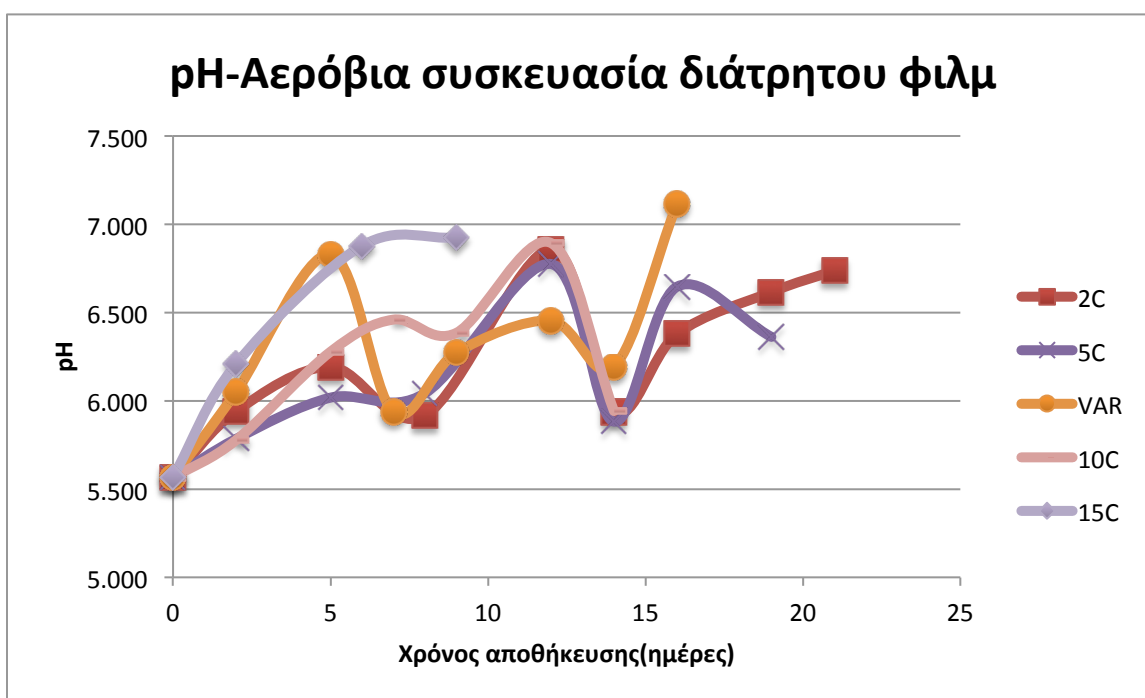
Το περιεχόμενο των δειγμάτων σε ο-κινόνες υπολογίζεται με την χρησιμοποίηση των εκχυλισμάτων των ο-κινονών σε φασματοφωτόμετρο, όπου η απορρόφηση των τελικών διαλυμάτων μετράται στα 437 nm.

## 7<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ

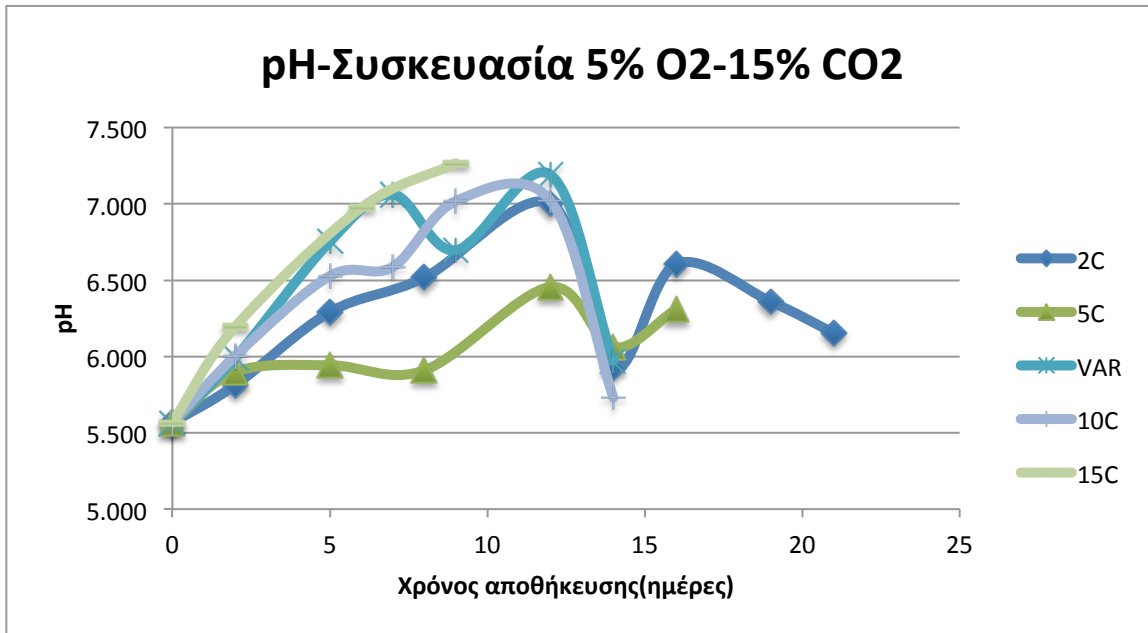
### ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

#### 7.1 Μεταβολή pH των δειγμάτων

Ακολουθως παρατίθενται τα διαγράμματα μεταβολής του pH των δειγμάτων, σε συνάρτηση με τον χρόνο αποθήκευσης τους, ανά θερμοκρασία και συνθήκη συσκευασίας(εμπορική, ασερόβια συσκευασία με διάτρητο φιλμ και συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας). Η μεταβολή του pH, παρόλο που δεν αποτελεί ποιοτική παράμετρο του δείγματος που να μπορεί να μοντελοποιηθεί, ωστόσο είναι ενδεικτικό στοιχείο που μπορεί να επιβεβαιώσει την υποβάθμιση των υπόλοιπων ποιοτικών παραμέτρων, όπως είναι το μικροβιακό φορτίο των ραδικιών και το πώς αυτό εξελίσσεται βάσει των επικρατέστερων αναπτυσσόμενων μικροοργανισμών.



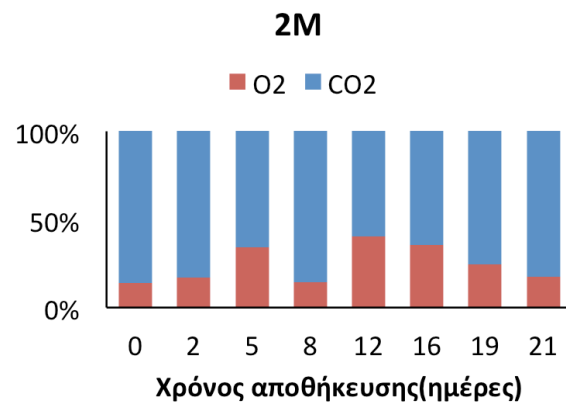
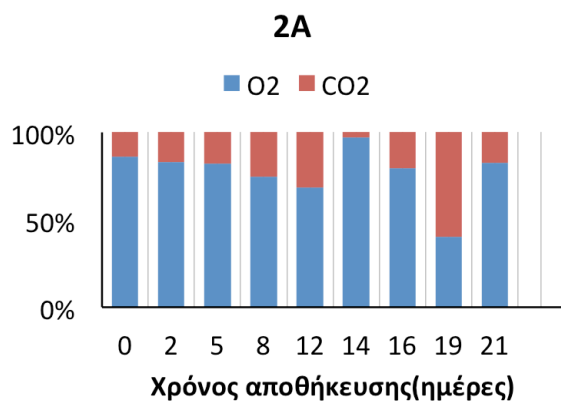
Σχήμα 7.1.1: Διάγραμμα μεταβολής του pH συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης(ημέρες) των δειγμάτων ραδικιού από αερόβιες συσκευασίες διάτρητου φιλμ(air perforated)

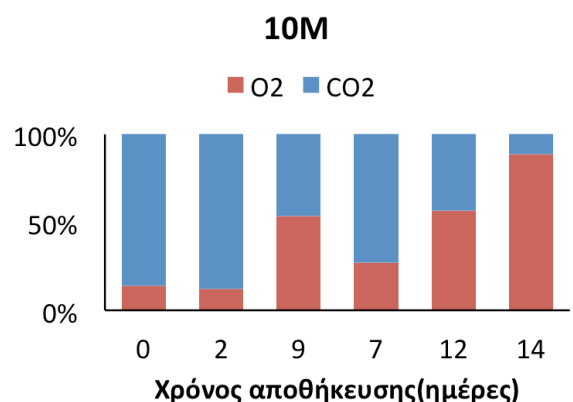
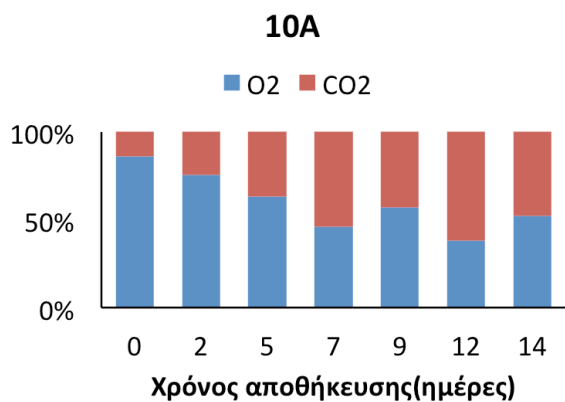
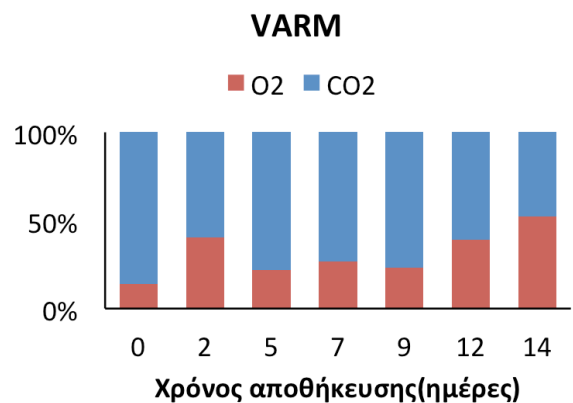
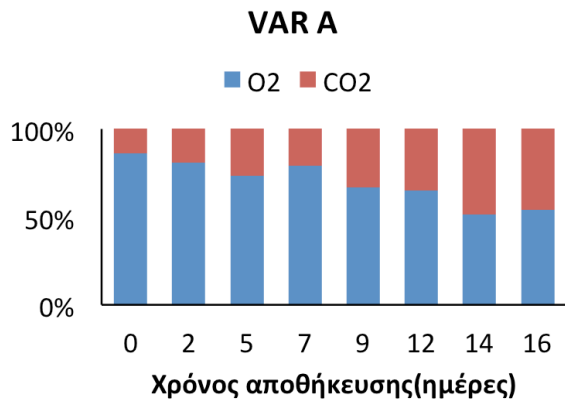
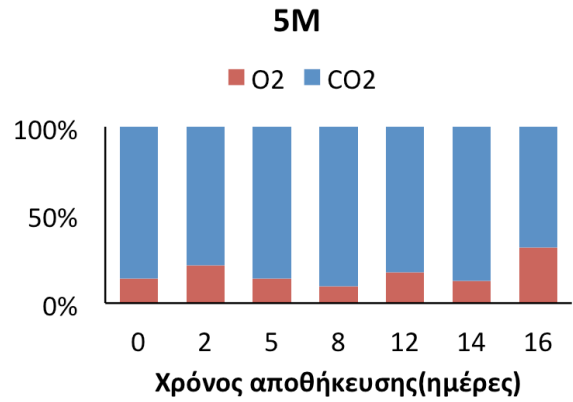
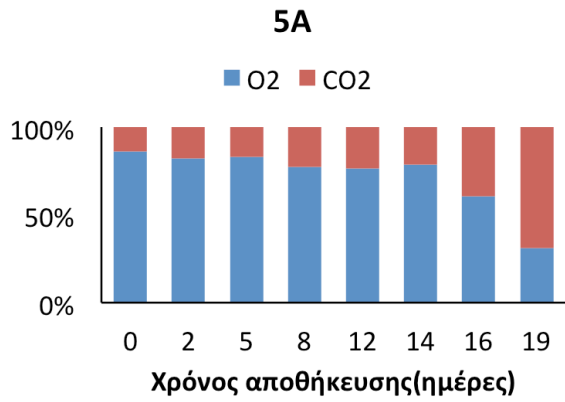


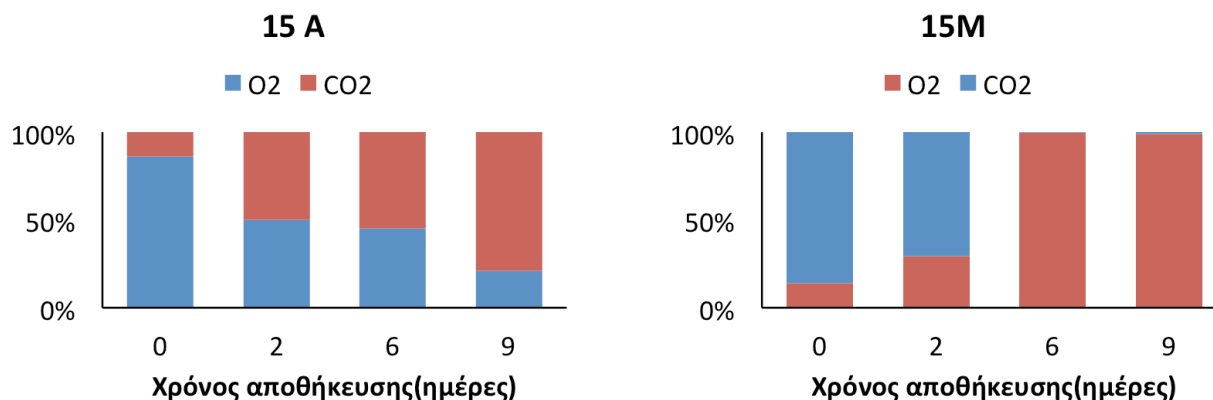
Σχήμα 7.1.1: Διάγραμμα μεταβολής του pH συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης(ημέρες) των δειγμάτων ραδικιού από συσκευασίες τροποποιημένης ατμόσφαιρας, σύστασης 5% O<sub>2</sub> και 15% CO<sub>2</sub>

### 7.2 Μεταβολή της αέριας σύστασης των συσκευασιών των δειγμάτων

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η μεταβολή της αέριας σύστασης των δειγμάτων ραδικιού συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης, ανά θερμοκρασία και συνθήκη συσκευασίας.







Σχήμα 7.2: Μεταβολή της αέριας σύστασης των δειγμάτων ραδικιού, δηλαδή των ποσοστών σε O<sub>2</sub> και CO<sub>2</sub>, συναρτήσεως του χρόνου αποθήκευσης(ημέρες)ανά θερμοκρασία και συνθήκη συσκευασίας. Τα αριστερά διαγράμματα αφορούν τις αερόβιες συσκευασίες διάτρητου φιλμ(air perforated)και τα δεξιά τις συσκευασίες τροποποιημένης ατμόσφαιρας 15% CO<sub>2</sub> -5% O<sub>2</sub> και κατά σειρά παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για τους 2, 5, VAR, 10, 15 και 0 °C.

Στην ακόλουθη παρουσίαση των αποτελεσμάτων, πραγματοποιείται αρχικά η παρουσίαση των αποτελεσμάτων που αφορούν τις ισοθερμοκρασιακές συνθήκες συντήρησης(2, 5, 10, 15°C) και για τα 2 είδη συσκευασίας των δειγμάτων ραδικιού και στην συνέχεια γίνεται προσπάθεια επικύρωσης των προβλεπόμενων ρυθμών από τα μοντέλα, με βάση την μοντελοποίηση του μεταβαλλόμενου θερμοκρασιακού προφίλ συντήρησης(VAR). Δηλαδή, πραγματοποιείται η σύγκριση των πειραματικών προβλεπόμενων σημείων με εκείνα που προκύπτουν από την μοντελοποίηση του μεταβαλλόμενου θερμοκρασιακού προφίλ συντήρησης.

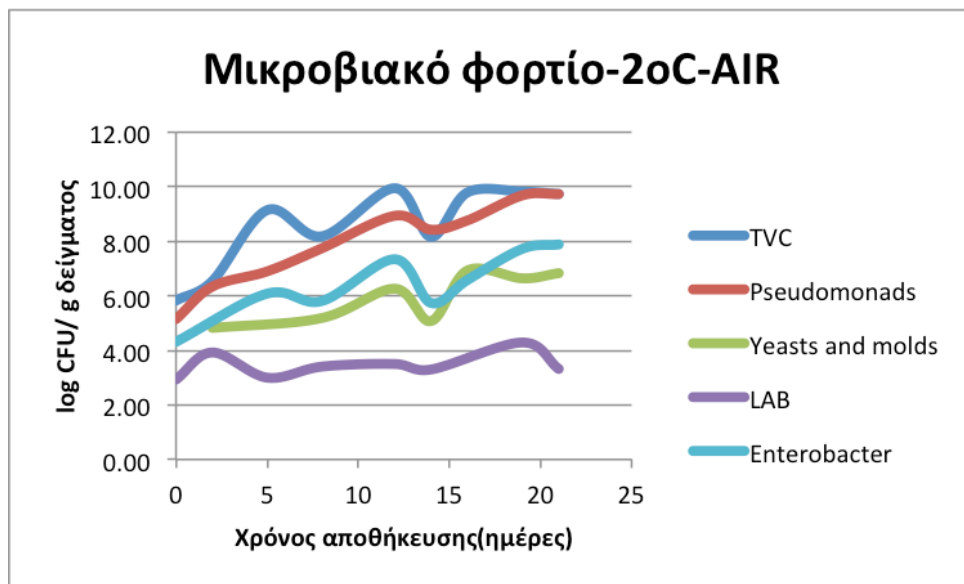
### 7.3 Μικροβιακή ανάλυση των δειγμάτων

Τα αποτελέσματα που λαμβάνονται από τις μικροβιολογικές αναλύσεις των δειγμάτων παρουσιάζονται στην συνέχεια με την μορφή διαγραμμάτων. Συγκεκριμένα, κατά την επεξεργασία των αποτελεσμάτων εξετάστηκε η επίδραση της σύστασης της συσκευασίας(εμπορικής αερόβιας συσκευασίας διάτρητου φιλμ και τροποποιημένης ατμόσφαιρας 5% O<sub>2</sub>-15%CO<sub>2</sub>) και η επίδραση της θερμοκρασίας συντήρησης(2, 5, 10, 15 και VAR) στην ποιοτική υποβάθμιση του μικροβιακού φορτίου των δειγμάτων ραδικιού που εξετάστηκαν κατά την διάρκεια των πειραμάτων.

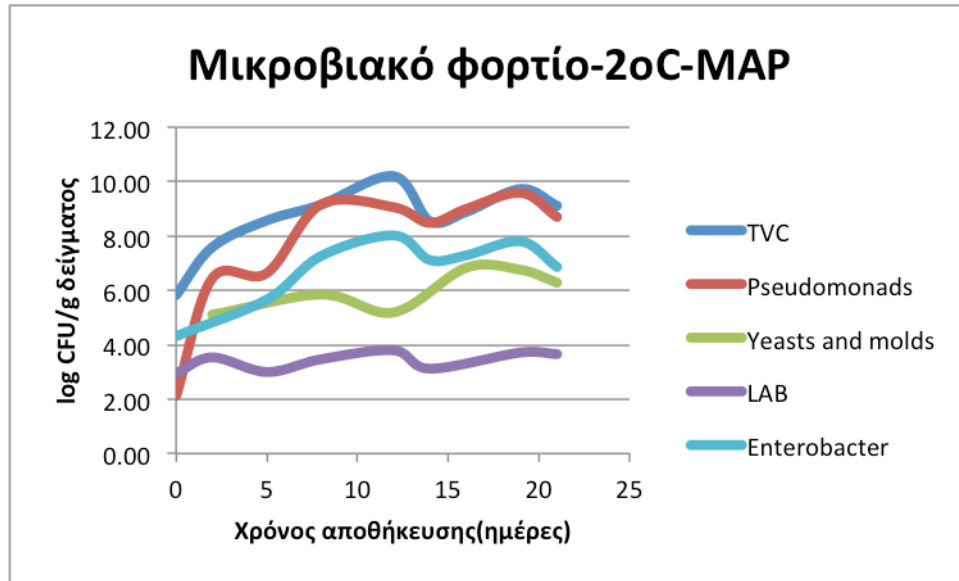
Σε πρωτογενές επίπεδο, παρουσιάζονται τα διαγράμματα του μικροβιακού φορτίου(log CFU/g δείγματος) συναρτήσεως του χρόνου αποθήκευσης(ημέρες). Στα πρωτογενή αυτά δεδομένα των

μικροβιολογικών αναλύσεων, γίνεται εφαρμογή του μοντέλου Baranyi, προκειμένου να προσαρμοστούν τα πειραματικά δεδομένα στο μοντέλο αυτό, μέσω του προγράμματος Dmfit και έτσι υπολογίζονται οι ρυθμοί της μικροβιακής ανάπτυξης ανάπτυξης για την ολική μικροβιακή χλωρίδα, τις ψευδομονάδες, τις ζύμες-μύκητες, τα γαλακτικά βακτήρια και τα εντεροβακτήρια. Η καμπύλη που προσαρμόζεται μέσω του μοντέλου Baranyi, είναι σιγμοειδούς μορφής και περιλαμβάνει τις φάσεις ανάπτυξης των μικροοργανισμών που αφορούν την λανθάνουσα φάση, την εκθετική φάση και την στατική φάση. Ο υπολογιζόμενος ρυθμός μικροβιακής ανάπτυξης, αναφέρεται στην εκθετική φάση ανάπτυξης των μικροοργανισμών.

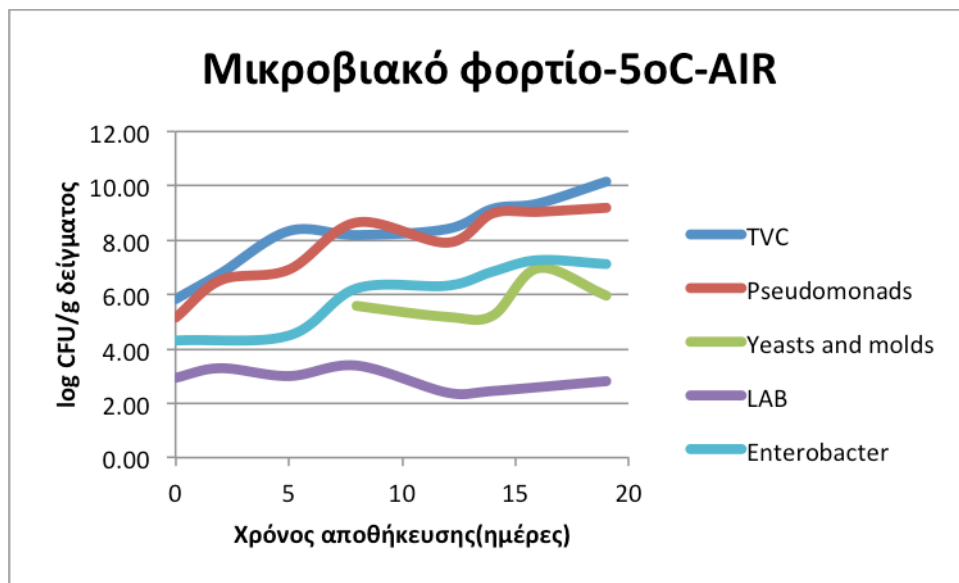
Στα ακόλουθα διαγράμματα παρουσιάζεται η μεταβολή του μικροβιακού φορτίου των δειγμάτων ραδικιού για όλους τους προς μελέτη μικροοργανισμούς, για τα 2 είδη συσκευασίας και τις 4 διαφορετικές θερμοκρασίες συντήρησης. Συγκεκριμένα, ο οριζόντιος άξονας αφορά τον χρόνο αποθήκευσης σε ημέρες και ο κατακόρυφος τον δεκαδικό λογάριθμο των μικροβιακών πληθυσμών που υπολογίζονται ανά g δείγματος. (Σχήματα 7.3.1-7.3.8)



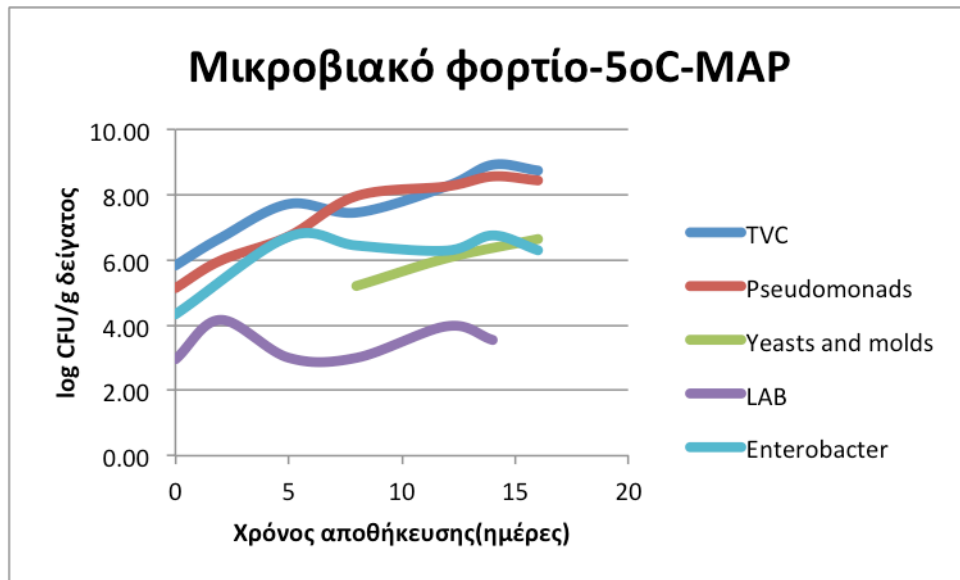
Σχήμα 7.3.1: Μεταβολή μικροβιακού φορτίου των δειγμάτων (log CFU/g δείγματος) συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης (ημέρες), για θερμοκρασία συντήρησης 2°C και εμπορική αερόβια συσκευασία, διάτρητου φιλμ



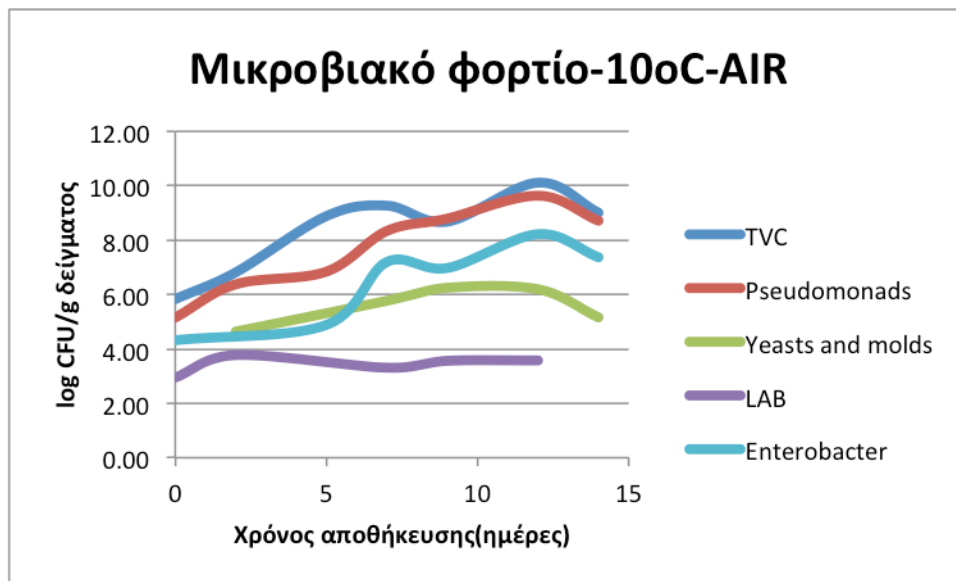
Σχήμα 7.3.2: Μεταβολή μικροβιακού φορτίου των δειγμάτων(log CFU/g δείγματος) συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης(ημέρες), για θερμοκρασία συντήρησης 2°C και συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας 5%O<sub>2</sub>-15%CO<sub>2</sub>



Σχήμα 7.3.3: Μεταβολή μικροβιακού φορτίου των δειγμάτων(log CFU/g δείγματος) συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης(ημέρες), για θερμοκρασία συντήρησης 5°C και εμπορική αερόβια συσκευασία, διάτρητου φιλμ

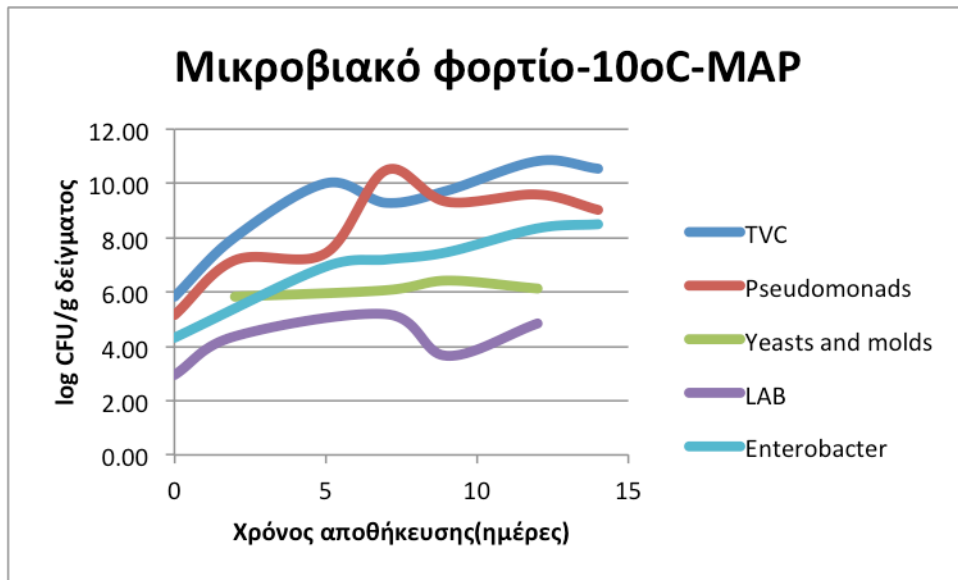


Σχήμα 7.3.4: Μεταβολή μικροβιακού φορτίου των δειγμάτων(log CFU/g δείγματος) συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης(ημέρες), για θερμοκρασία συντήρησης 5°C και συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας 5%O<sub>2</sub>-15%CO<sub>2</sub>

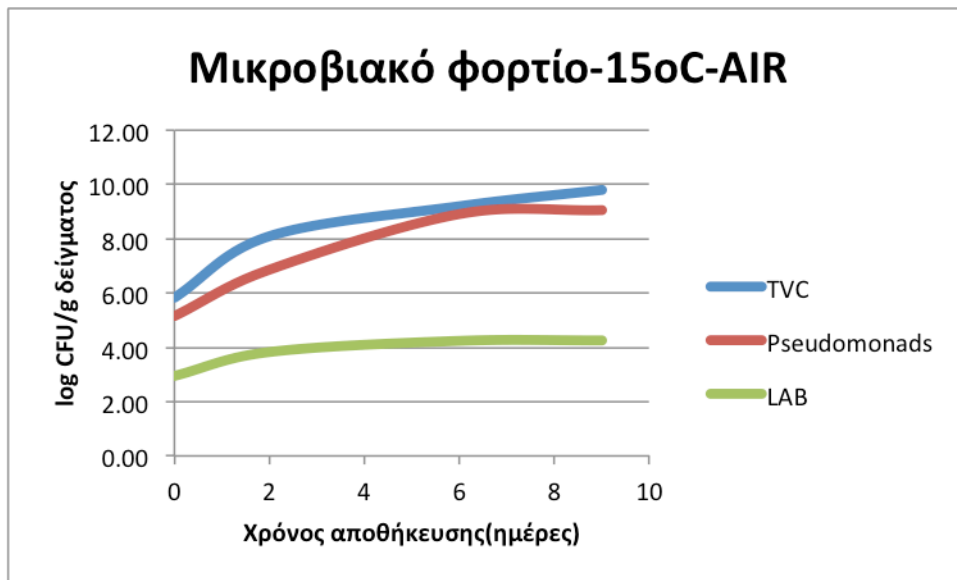


Σχήμα 7.3.5: Μεταβολή μικροβιακού φορτίου των δειγμάτων(log CFU/g δείγματος) συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης(ημέρες), για θερμοκρασία συντήρησης 10°C και εμπορική αερόβια συσκευασία, διάτρητου φιλμ

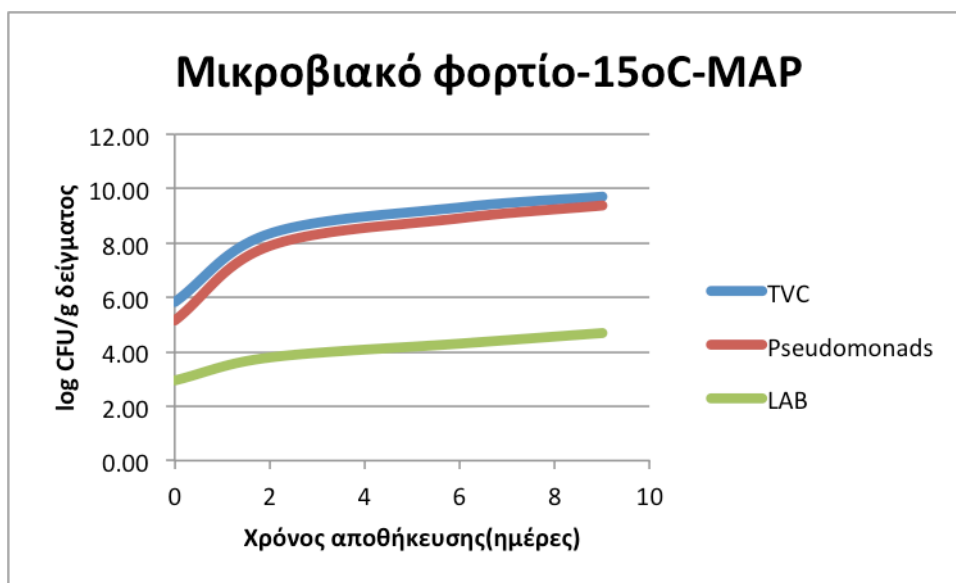




Σχήμα 7.3.6: Μεταβολή μικροβιακού φορτίου των δειγμάτων(log CFU/g δείγματος) συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης(ημέρες), για θερμοκρασία συντήρησης 10°C και συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας 5%O<sub>2</sub>-15%CO<sub>2</sub>

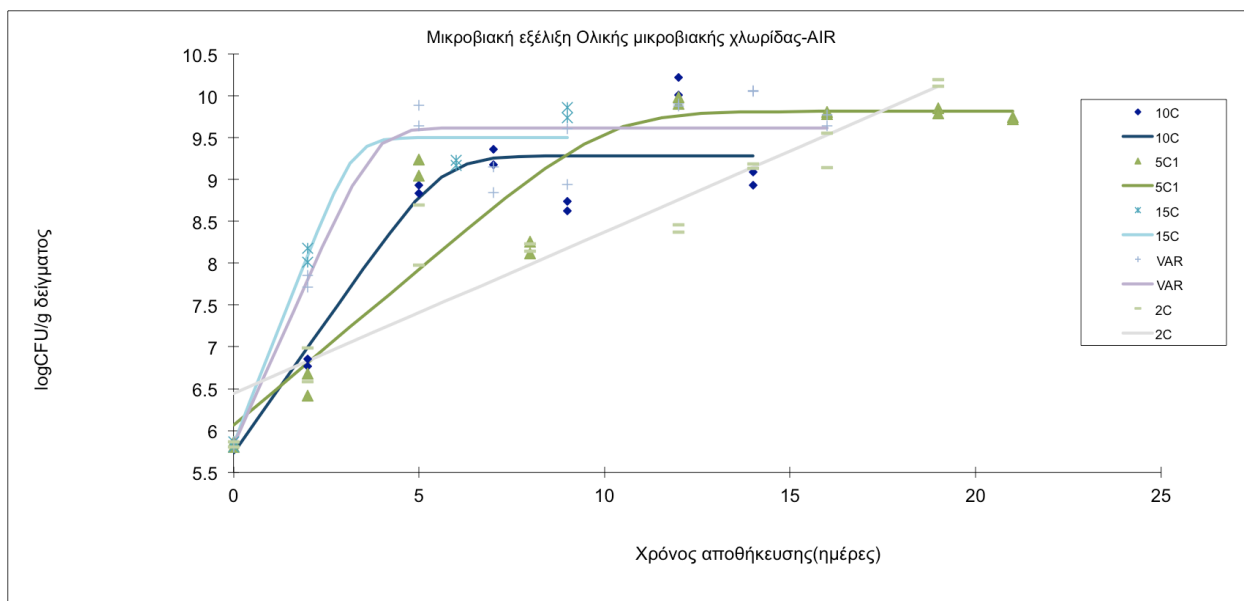


Σχήμα 7.3.7: Μεταβολή μικροβιακού φορτίου των δειγμάτων(log CFU/g δείγματος) συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης(ημέρες), για θερμοκρασία συντήρησης 15°C και εμπορική αερόβια συσκευασία, διάτρητου φιλμ

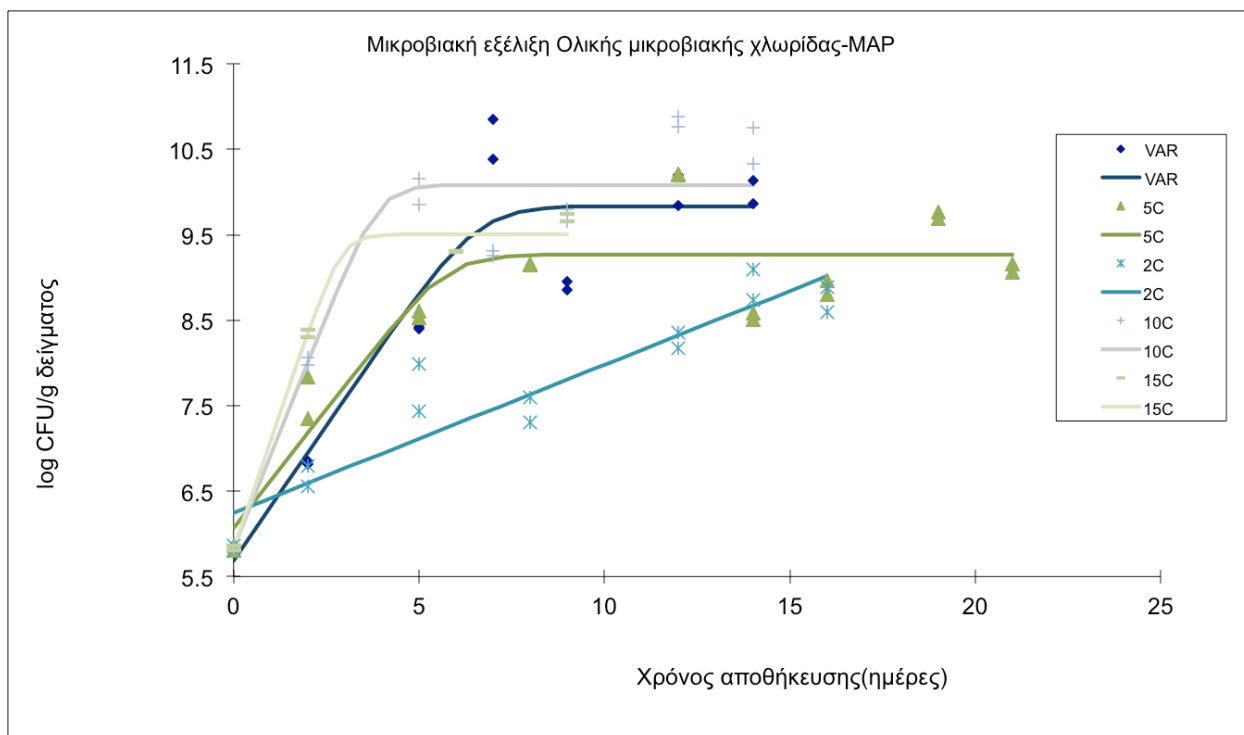


Σχήμα 7.3.8: Μεταβολή μικροβιακού φορτίου των δειγμάτων (log CFU/g δείγματος) συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης (ημέρες), για θερμοκρασία συντήρησης 15°C και συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας 5%O<sub>2</sub>-15%CO<sub>2</sub>

Από τα παραπάνω διαγράμματα, προκύπτει ότι οι επικρατέστεροι μικροοργανισμοί στους οποίους οφείλεται η μικροβιακή αλλοίωση των δειγμάτων ραδικιού που εξετάστηκαν, είναι η ολική μικροβιακή χλωρίδα (TVC) και οι ψευδομονάδες (Pseudomonads), για τις προς επεξεργασία θερμοκρασίες συντήρησης και συστάσεις συσκευασίας. Έτσι, στην συνέχεια παρατίθενται τα διαγράμματα μικροβιακής εξέλιξης των συγκεκριμένων μικροοργανισμών, συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης των δειγμάτων (ημέρες), μετά την εφαρμογή του μοντέλου Baranji, όπως προαναφέρθηκε. Συγκεκριμένα, ο οριζόντιος άξονας αφορά τον χρόνο αποθήκευσης σε ημέρες και ο κατακόρυφος τον δεκαδικό λογάριθμο των μικροβιακών πληθυσμών που υπολογίζονται ανά g δείγματος. (Σχήματα 7.3.9-7.3.12)

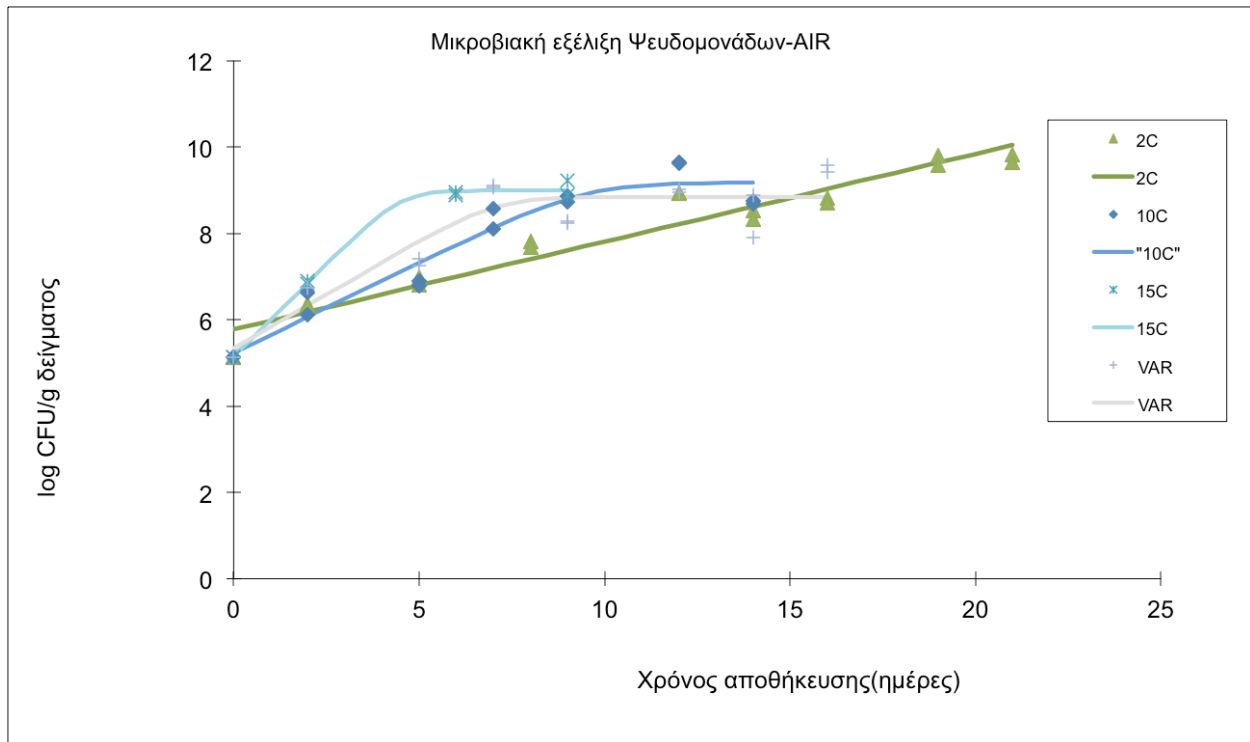


Σχήμα 7.3.9: Μικροβιακή εξέλιξη της ολικής μικροβιακής χλωρίδας(log CFU/g δείγματος) σε συνάρτηση με τον χρόνο αποθήκευσης(ημέρες), για εμπορική αερόβια συσκευασία διάτρητου φιλμ και για όλες τις θερμοκρασίες συντήρησης

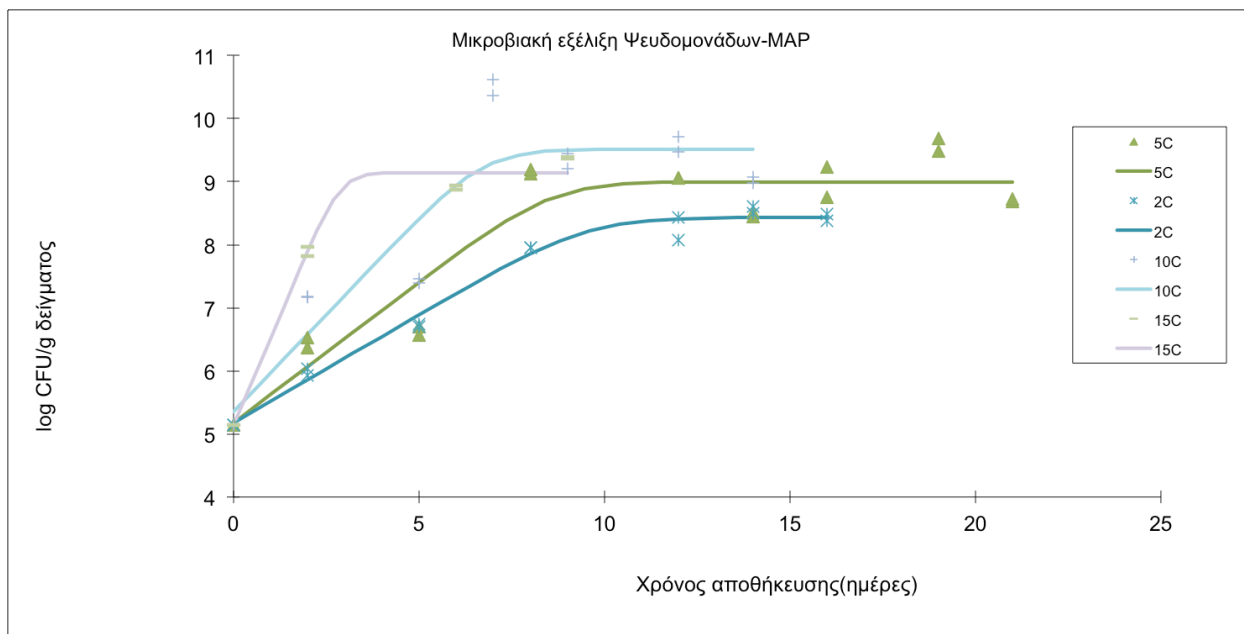


Σχήμα 7.3.10: Μικροβιακή εξέλιξη της ολικής μικροβιακής χλωρίδας(log CFU/g δείγματος) σε συνάρτηση με τον χρόνο αποθήκευσης(ημέρες), για συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας 5% O<sub>2</sub> -15%CO<sub>2</sub> και για όλες τις θερμοκρασίες συντήρησης

Από τα παραπάνω διαγράμματα γίνεται εμφανές ότι η αυξημένη θερμοκρασία συντήρησης των δειγμάτων, οδηγεί όπως αναμένεται σε ταχύτερο ρυθμό ανάπτυξης της ολικής μικροβιακής χλωρίδας. Επίσης, φαίνεται ότι η συσκευασία σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα δεν έχει ιδιαίτερη επίδραση στην παρεμπόδιση της ανάπτυξης του ολικού μικροβιακού φορτίου, τόσο στις χαμηλές όσο και στις υψηλές θερμοκρασίες αποθήκευσης. Συγκεκριμένα, όπως γίνεται φανερό, το ολικό μικροβιακό φορτίο στην περίπτωση της αερόβιας συσκευασίας έφτασε στα 9,5 logCFU/g, ενώ στην περίπτωση της συσκευασίας τροποποιημένης ατμόσφαιρας, στα 10 logCFU/g, τιμές ιδιαίτερα υψηλές για την μικροβιακή ανάπτυξη της ολικής μικροβιακής χλωρίδας.



Σχήμα 7.3.11: Μικροβιακή εξέλιξη των ψευδομονάδων(log CFU/g δείγματος) σε συνάρτηση με τον χρόνο αποθήκευσης(ημέρες), για εμπορική αερόβια συσκευασία διάτρητου φιλμ και για όλες τις θερμοκρασίες συντήρησης



Σχήμα 7.3.12: Μικροβιακή εξέλιξη των ψευδομονάδων(log CFU/g δείγματος) σε συνάρτηση με τον χρόνο αποθήκευσης(ημέρες), για συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας 5% O<sub>2</sub> - 15%CO<sub>2</sub> και για όλες τις θερμοκρασίες συντήρησης

Από τα παραπάνω διαγράμματα, παρατηρείται ότι ο ρυθμός ανάπτυξης των ψευδομονάδων αυξάνει με την αύξηση της θερμοκρασίας συντήρησης. Εκτός αυτού, είναι φανερό ότι ο αριθμός των ψευδομονάδων που υπολογίζεται στα εξεταζόμενα δείγματα, δεν διαφέρει ούτε σε επίπεδο ενός δεκαδικού λογαρίθμου(1 τάξης μεγέθους δηλαδή)από τα επίπεδα του ολικού μικροβιακού φορτίου που παρουσιάστηκε παραπάνω, στις ίδιες συνθήκες θερμοκρασίας και συσκευασίας. Επομένως, συμπεραίνεται ότι το κυρίαρχο είδος μικροοργανισμών στα δείγματα, είναι οι ψευδομονάδες. Επιπλέον, και για αυτό το είδος μικροοργανισμού δεν παρατηρείται κάποια ιδιαίτερη επίδραση της συσκευασίας στην μικροβιακή ανάπτυξη.

Στους παρακάτω πίνακες 7.3.13 και 7.3.14, παρουσιάζονται τα δεδομένα που προκύπτουν για τους ρυθμούς μικροβιακής ανάπτυξης της ολικής μικροβιακής χλωρίδας και των ψευδομονάδων, σε όλες τις θερμοκρασίες, και για τα 2 είδη συσκευασίας, τα οποία προκύπτουν μετά την εφαρμογή του μοντέλου Baranyi.

Πίνακας 7.3.13: Δεδομένα ρυθμών ανάπτυξης( $\text{days}^{-1}$ ) μετά την εφαρμογή του μοντέλου Baranyi για την ολική μικροβιακή χλωρίδα και τις ψευδομονάδες σε όλες τις θερμοκρασίες, για την εμπορική αερόβια συσκευασία διάτρητου φιλμ. Οι τιμές στις παρενθέσεις αντιπροσωπεύουν τα  $R^2$  που έχουν υπολογιστεί.

Ποιοτική παράμετρος	2°C	5°C	10°C	15°C
Ρυθμοί μικροβιακής ανάπτυξης ολικής μικροβιακής χλωρίδας( $\text{days}^{-1}$ )	0.1933±0.0202 (0.8525)	0.3733±0.0132 (0.8728)	0.6459±0.032 (0.8939)	1.134±0.0535 (0.9707)
Ρυθμοί μικροβιακής ανάπτυξης Ψευδομονάδων ( $\text{days}^{-1}$ )	0.2849±0.0000 (1)	0.3952±0.0216 (0.8787)	0.4122±0.0188 (0.9281)	0.8235±0.0464 (0.9950)

Πίνακας 7.3.14: Δεδομένα ρυθμών ανάπτυξης( $\text{days}^{-1}$ ) μετά την εφαρμογή του μοντέλου Baranyi για την ολική μικροβιακή χλωρίδα και τις ψευδομονάδες σε όλες τις θερμοκρασίες, για την συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας 5%O<sub>2</sub>-15%CO<sub>2</sub>. Οι τιμές στις παρενθέσεις αντιπροσωπεύουν τα  $R^2$  που έχουν υπολογιστεί.

Ποιοτική παράμετρος	2°C	5°C	10°C	15°C
Ρυθμοί μικροβιακής ανάπτυξης ολικής μικροβιακής χλωρίδας( $\text{days}^{-1}$ )	0.1983±0.0205 (0.8177)	0.5408±0.0242 (0.8741)	0.6098±0.0408 (0.8957)	1.265±0.0547 (0.9872)
Ρυθμοί μικροβιακής ανάπτυξης Ψευδομονάδων ( $\text{days}^{-1}$ )	0.3361±0.0229 (0.8911)	0.4824±0.0176 (0.9856)	0.4475±0.0334 (0.8183)	1.356±0.0597 (0.9848)

## Δευτερογενής μοντελοποίηση μικροβιακής ανάπτυξης των δειγμάτων

Οι ρυθμοί μικροβιακής ανάπτυξης που υπολογίζονται μέσω του μοντέλου Baranyi, προσαρμόζονται σε εξίσωση της μορφής  $y=ax+b$ , η οποία αντιστοιχείται με την γραμμικοποιημένη μορφή της εξίσωσης που προκύπτει από την εξίσωση Arrhenius. Έτσι, η εξάρτηση της μικροβιακής ανάπτυξης από την θερμοκρασία μπορεί να ποσοτικοποιηθεί, με την εφαρμογή της εξίσωσης Arrhenius και με τον τρόπο αυτό υπολογίζεται η ενέργεια ενεργοποίησης για την μικροβιακή ανάπτυξης της ολικής μικροβιακής χλωρίδας και των ψευδομονάδων. Η εξίσωση Arrhenius μπορεί να μετασχηματιστεί στην παρακάτω μορφή:

$$\ln k = \ln k_{ref} - \frac{E_A}{R} \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{T_{ref}} \right) \quad \text{εξ. 7.3.15}$$

όπου

$k$  είναι ο ρυθμός μικροβιακής ανάπτυξης

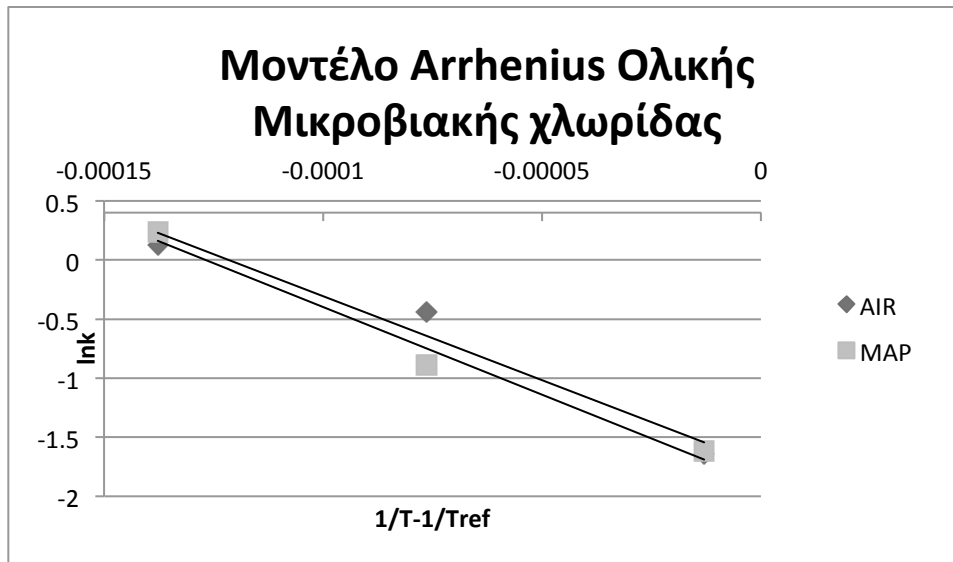
$T$  η θερμοκρασία σε  $K$

$T_{ref}$  η θερμοκρασία αναφοράς η οποία λαμβάνεται ίση με  $4^\circ C$

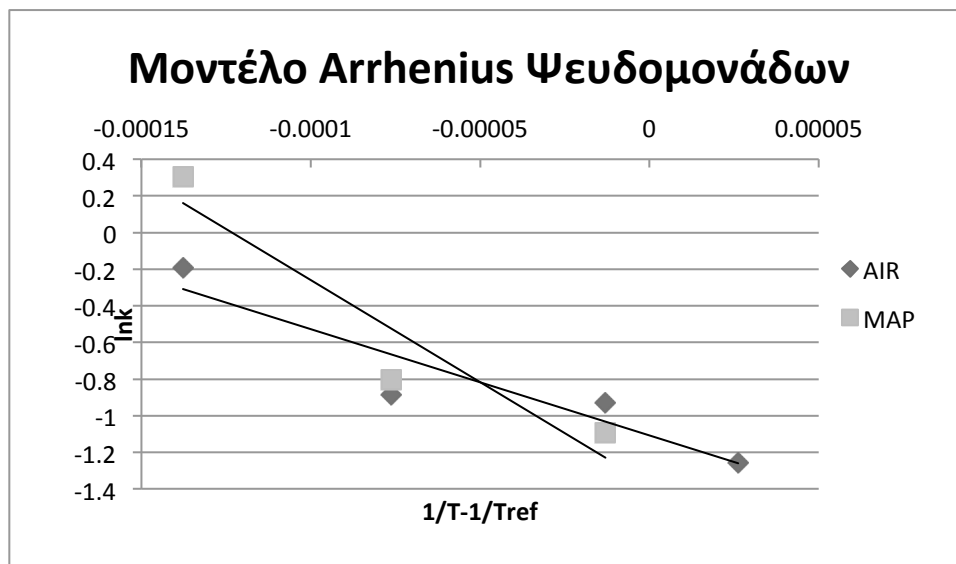
$k_{ref}$  ο ρυθμός της μικροβιακής ανάπτυξης στην θερμοκρασία  $T_{ref}$

$R$  η παγκόσμια σταθερά των αερίων ( $R=8,314 \text{ J/mol K}$ )

Ακολούθως παρουσιάζονται τα διαγράμματα των ρυθμών μικροβιακής ανάπτυξης συναρτήσει της θερμοκρασίας συντήρησης, όπως επίσης και οι ενέργειες ενεργοποίησης και οι σταθερές των ρυθμών, υπολογιζόμενες βάσει του μοντέλου Arrhenius, για την ολική μικροβιακή χλωρίδα και τις ψευδομονάδες και για τα 2 είδη συσκευασίας



Σχήμα 7.3.16: Διάγραμμα Arrhenius για την μεταβολή της ολικής μικροβιακής χλωρίδας των δειγμάτων συναρτήσει της θερμοκρασίας συντήρησης ( $T_{ref}=4^{\circ}\text{C}$ )



Σχήμα 7.3.17: Διάγραμμα Arrhenius για την μεταβολή των ψευδομονάδων των δειγμάτων συναρτήσει της θερμοκρασίας συντήρησης ( $T_{ref}=4^{\circ}\text{C}$ )



Πίνακας 7.3.18: Ενέργειες ενεργοποίησης και σταθερές ρυθμού στην θερμοκρασία αναφοράς(4°C)για την ανάπτυξη της ολικής μικροβιακής χλωρίδας και των ψευδομονάδων σε συσκευασίες αερόβιες διάτρητου φιλμ

	$E_A$ (kJ/mol)	Σταθερά $k_{ref}$ (days <sup>-1</sup> )	ρυθμού $R^2$
Ολική μικροβιακή χλωρίδα	118,1±23,6	0,178±0,052	0,9618
Ψευδομονάδες	48,2±25,5	0,346±0,089	0,8774

Πίνακας 7.3.19: Ενέργειες ενεργοποίησης και σταθερές ρυθμού στην θερμοκρασία αναφοράς (4°C)για την ανάπτυξη της ολικής μικροβιακής χλωρίδας και των ψευδομονάδων σε συσκευασίες τροποποιημένης ατμόσφαιρας 5%O<sub>2</sub>-15%CO<sub>2</sub>

	$E_A$ (kJ/mol)	Σταθερά $k_{ref}$ (days <sup>-1</sup> )	ρυθμού $R^2$
Ολική μικροβιακή χλωρίδα	123,3±16,7	0,152±0,031	0,9820
Ψευδομονάδες	92,6±32,6	0,253±0,109	0,8899

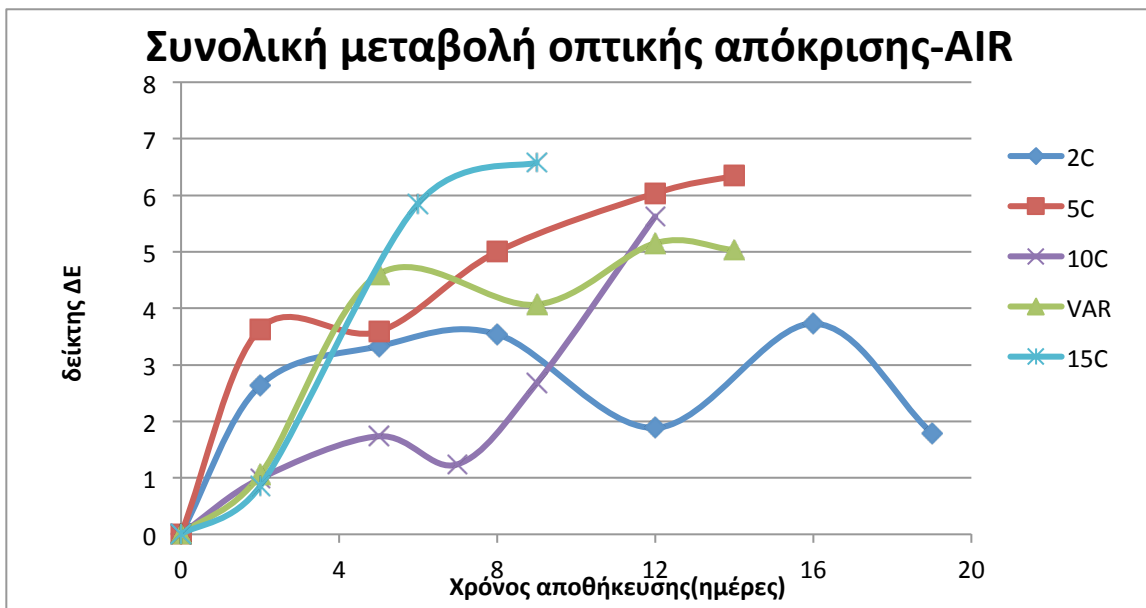
Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της εφαρμογής του μοντέλου Arrhenius, η ενέργεια ενεργοποίησης για την μικροβιακή ανάπτυξη τόσο της ολικής μικροβιακής χλωρίδας όσο και των ψευδομονάδων, είναι μεγαλύτερη στην περίπτωση της συσκευασίας σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα. Ωστόσο, στην περίπτωση της ολικής μικροβιακής χλωρίδας, η διαφορά είναι πολύ μικρότερη σε σχέση με την περίπτωση των ψευδομονάδων.

#### 7.4 Μεταβολή του χρώματος των δειγμάτων

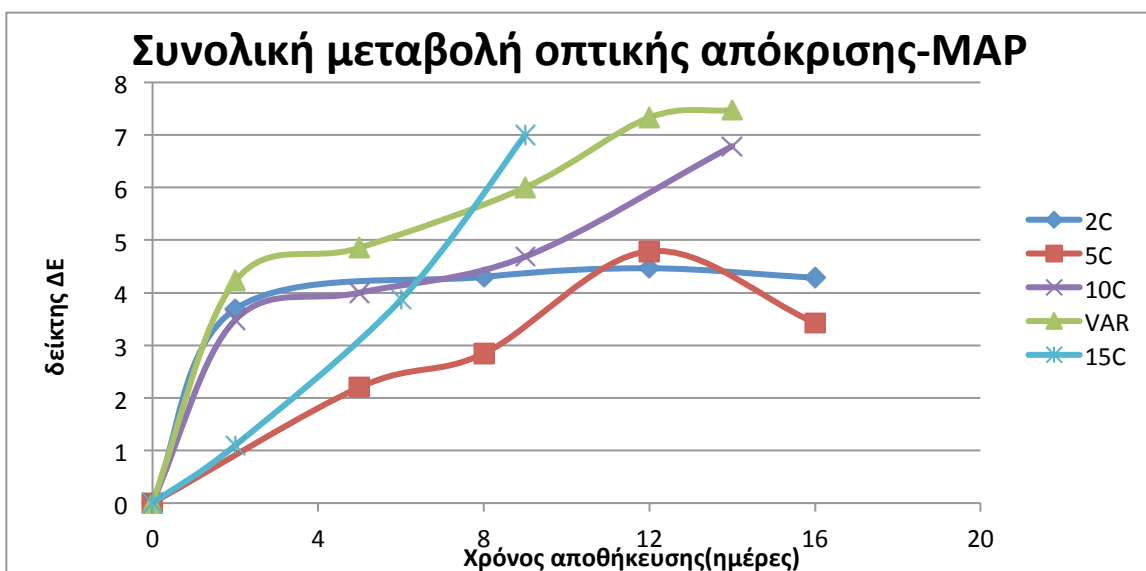
Το χρώμα αποτελεί μια από τις σημαντικότερες ποιοτικές παραμέτρους των τροφίμων και συνήθως είναι το πρώτο χαρακτηριστικό που αντιλαμβάνεται ο καταναλωτής και επομένως διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην αποδοχή ή την απόρριψη του προϊόντος.

Στα διαγράμματα που ακολουθούν παρουσιάζεται η μεταβολή της συνολικής οπτικής απόκρισης (δείκτης ΔΕ), συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης(ημέρες) για τα μελετώμενα δείγματα ραδικιού και τα 2 είδη συσκευασίας, σε όλες τις θερμοκρασίες συντήρησης, ο οποίος υπολογίζεται σύμφωνα με την εξίσωση 7.4.1:

$$\Delta E = \sqrt{(L - L_0)^2 + (a - a_0)^2 + (b - b_0)^2} \quad \text{εξ. 7.4.1}$$



Σχήμα 7.4.2: Διάγραμμα συνολικής μεταβολής οπτικής απόκρισης(δείκτης ΔΕ) συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης (ημέρες) για τα δείγματα στις εμπορικές αερόβιες συσκευασίες διάτρητου φιλμ



Σχήμα 7.4.3: Διάγραμμα συνολικής μεταβολής οπτικής απόκρισης(δείκτης ΔΕ) συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης (ημέρες) για τα δείγματα στις συσκευασίες τροποποιημένης ατμόσφαιρας 5%O<sub>2</sub>-15%CO<sub>2</sub>

Από τα παραπάνω διαγράμματα προκύπτει ότι η θερμοκρασία συντήρησης επηρεάζει τον ρυθμό με τον οποίο πραγματοποιούνται οι αλλαγές του αρχικού χρώματος στα δείγματα ραδικιού και συγκεκριμένα όσο μικρότερη είναι η θερμοκρασία αποθήκευσης, τόσο μειώνεται ο ρυθμός μεταβολής του χρώματος. Συγκεκριμένα στους 2°C, φαίνεται ότι η θερμοκρασία συντήρησης δεν μεταβάλλει ιδιαίτερα τον δείκτη ολικής απόκρισης χρώματος ΔΕ, και στα 2 είδη συσκευασίας.

Όσον αφορά τους υπόλοιπους χρωματικούς δείκτες L, a, b σχετικά με τον δείκτη φωτεινότητας L, φαίνεται ότι η θερμοκρασία συντήρησης δεν τον επηρεάζει ιδιαίτερα καθώς σε όλες τις θερμοκρασίες αλλά και τα είδη συσκευασίας εμφανίζει σχεδόν σταθερές τιμές με μικρές αποκλίσεις οι οποίες ενδεχομένως να οφείλονται σε λανθασμένους πειραματικούς χειρισμούς του χρήστη. Παρόμοια συμπεριφορά εμφανίζουν και ο δείκτης a και b που σχετίζονται με το πράσινο και το μπλε χρώμα του δείγματος, εφόσον λαμβάνουν αρνητικές τιμές, αντίστοιχα.

Ακολούθως παρουσιάζονται ενδεικτικές εικόνες που αναπαριστούν την χρωματική αλλοίωση των δειγμάτων ραδικιού και στα 2 είδη συσκευασίας:



Εικόνα 7.4.4: Χρωματική αλλοίωση δειγμάτων ραδικιού μετά από 14 μέρες συντήρησης στους 8,5°C(VAR). Οι αριστερές φωτογραφίες αφορούν τα δείγματα ραδικιού που είναι συσκευασμένα σε αερόβιες θερμοκρασίες διάτρητου φιλμ και οι δεξιές τα δείγματα που είναι συσκευασμένα σε συνθήκες τροποποιημένης ατμόσφαιρας.

### 7.5 Μεταβολή της υφής των δειγμάτων

Η ποιοτική παράμετρος της υφής σχετίζεται άμεσα με την αποδοχή ή την απόρριψη του προϊόντος από τον καταναλωτή, εφόσον αποτελεί ευδιάκριτο χαρακτηριστικό του τροφίμου και επηρεάζει άμεσα σε ορισμένες περιπτώσεις τροφίμων άλλες ποιοτικές παραμέτρους, όπως είναι η οσμή και η γεύση.

Στα δείγματα ραδικιού προς εξέταση μέσω ανάλυσης της υφής τους, μελετήθηκε η τιμή της αντοχής σε διάρρηξη(burst strength), η οποία προσδιορίζεται μέσω της μέγιστης δύναμης που μπορεί να ασκηθεί στο φύλλο ραδικιού, πριν επέλθει η διάρρηξη του. Τα ακόλουθα

διαγράμματα, αναπαριστούν την εξέλιξη της αντοχής σε διάρρηξη(N)σε συνάρτηση με τον χρόνο αποθήκευσης(ημέρες) για τα δείγματα ραδικιού που εξετάστηκαν, σε όλες τις θερμοκρασίες συντήρησης και για τα 2 είδη συσκευασίας, η οποία ακολουθεί κινητική μηδενικής τάξης η οποία εκφράζεται μέσω της εξίσωσης 7.5.1:

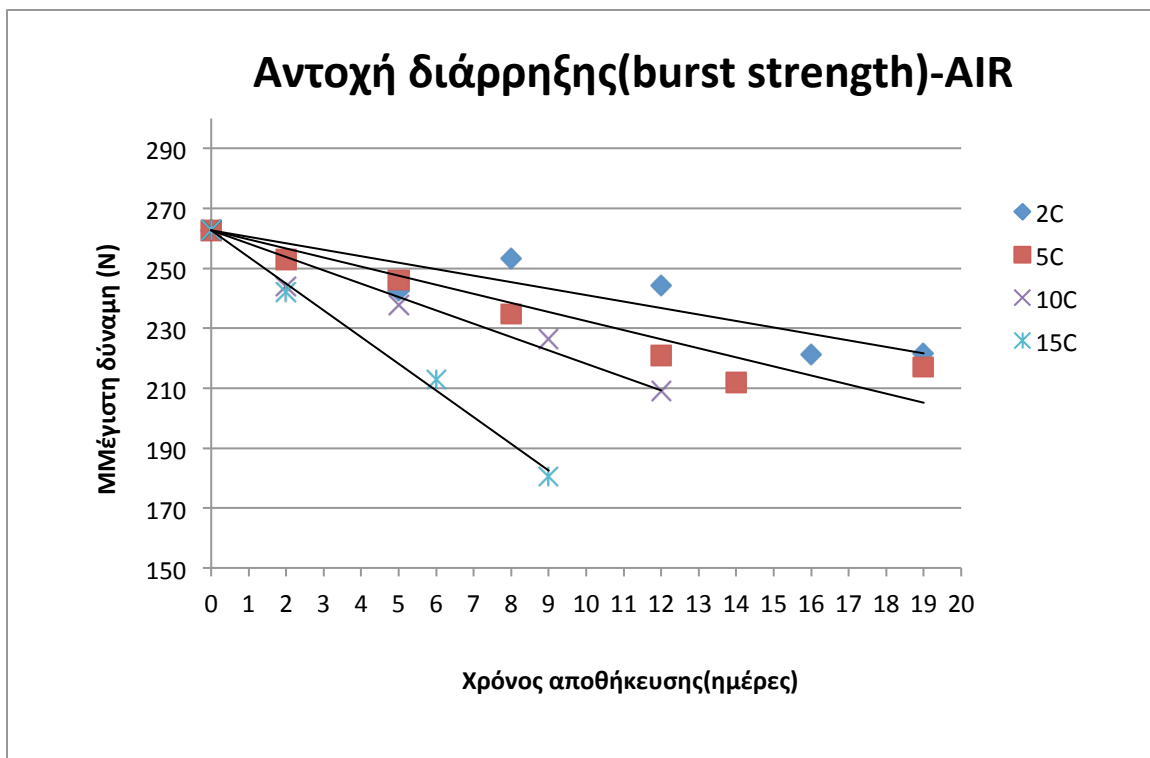
$$F = F_0 - k_{texture}t \quad \text{εξ. 7.5.1}$$

όπου

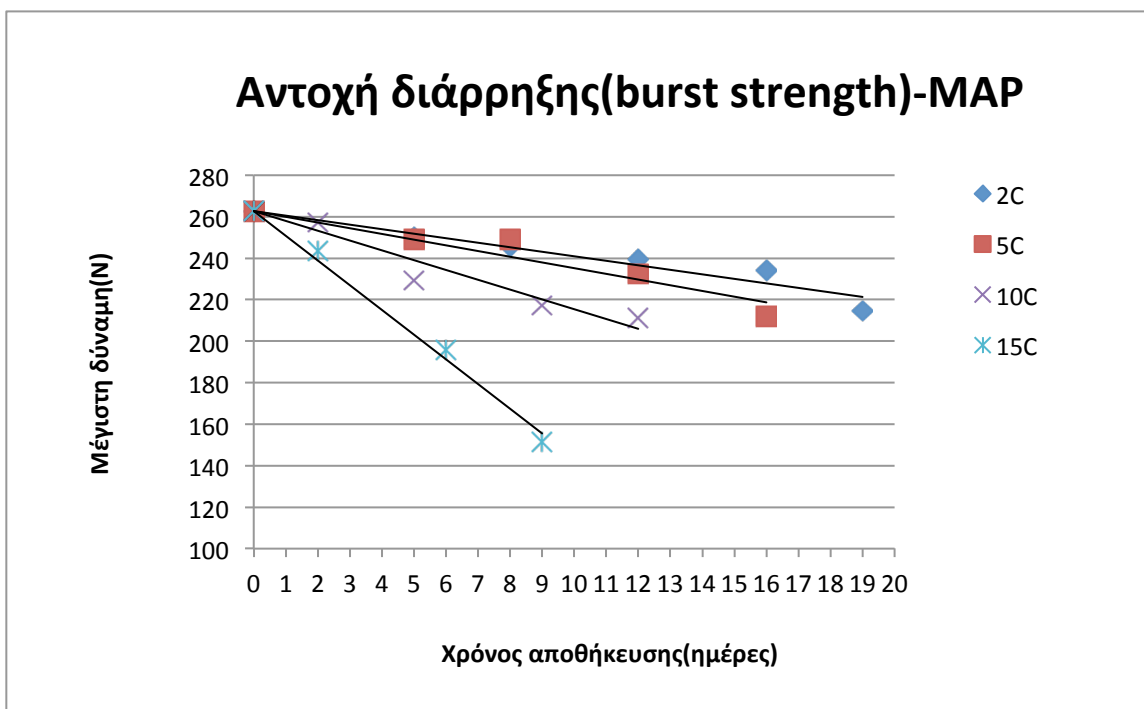
F η μέγιστη δύναμη που εφαρμόζεται πριν το σημείο διάρρηξης του φύλλου σε χρόνο t (N)

F<sub>0</sub> η μέγιστη δύναμη που εφαρμόζεται πριν το σημείο διάρρηξης του φύλλου σε χρόνο 0 (N)(F<sub>0</sub>=262,68 N)

k<sub>texture</sub>(days<sup>-1</sup>) η σταθερά του ρυθμού μεταβολής της αντοχής σε διάρρηξη



Σχήμα 7.5.2: Διάγραμμα εξέλιξης της αντοχής σε διάρρηξη(N) συναρτήσεως του χρόνου αποθήκευσης(ημέρες) για τα δείγματα ραδικιού που συσκευάζονται σε εμπορική αερόβια συσκευασία διάτρητου φιλμ



Σχήμα 7.5.3: Διάγραμμα εξέλιξης της αντοχής σε διάρρηξη(N) συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης(ημέρες) για τα δείγματα ραδικιού που συσκευάζονται σε συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας 5%O<sub>2</sub>-15%CO<sub>2</sub>

Στους παρακάτω πίνακες 7.5.4 και 7.5.5, παρουσιάζονται τα δεδομένα που προκύπτουν για τους ρυθμούς μεταβολής της αντοχής σε διάρρηξη των δειγμάτων ραδικιού που εξετάστηκαν,  $k_{\text{texture}}$  (days<sup>-1</sup>), για όλες τις θερμοκρασίες αποθήκευσης και τα είδη συσκευασίας που χρησιμοποιήθηκαν

Πίνακας 7.5.4: Δεδομένα ρυθμών μεταβολής της αντοχής σε διάρρηξη  $k_{\text{texture}}$  (days<sup>-1</sup>) για τα δείγματα ραδικιού που συσκευάζονται στην εμπορική αερόβια συσκευασία διάτρητου φιλμ. Οι τιμές στις παρενθέσεις αντιπροσωπεύουν τα R<sup>2</sup> που έχουν υπολογιστεί.

Ποιοτική παράμετρος	2°C	5°C	10°C	15°C
Ρυθμός μεταβολής αντοχής σε διάρρηξη( $k_{\text{texture}}$ ) (days <sup>-1</sup> )	2.1614±0.8048 (0.8187)	3.0282±0.5014 (0.87953)	4.4528±0.5273 (0.92747)	8.9091±0.9915 (0.99331)

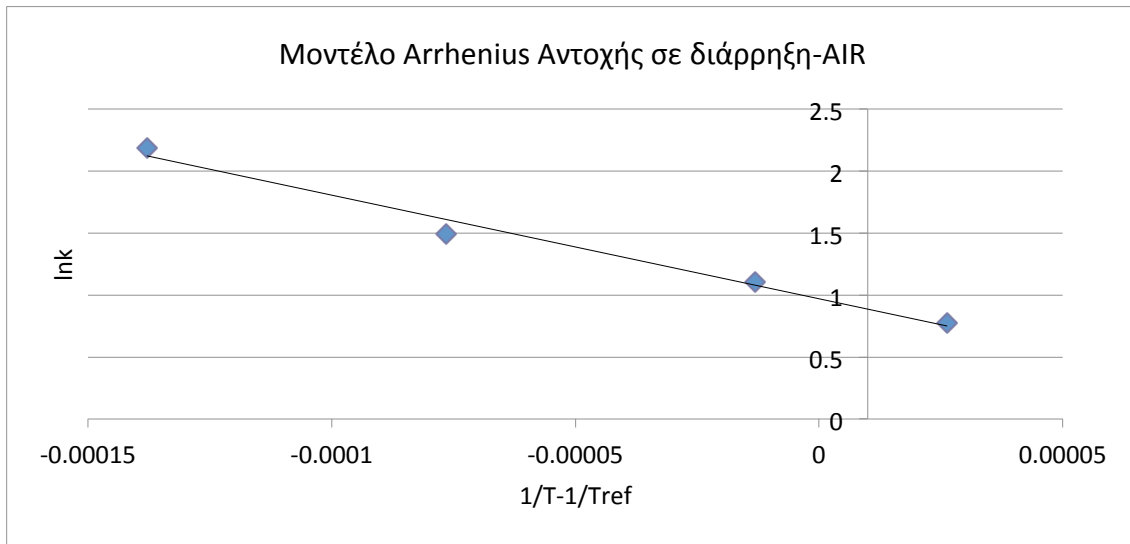
Πίνακας 7.5.5: Δεδομένα ρυθμών μεταβολής της αντοχής σε διάρρηξη  $k_{\text{texture}}$  ( $\text{days}^{-1}$ ) για τα δείγματα ραδικιού που συσκευάζονται στην συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας 5%O<sub>2</sub>-15%CO<sub>2</sub>. Οι τιμές στις παρενθέσεις αντιπροσωπεύουν τα R<sup>2</sup> που έχουν υπολογιστεί.

Ποιοτική παράμετρος	2°C	5°C	10°C	15°C
Ρυθμός μεταβολής αντοχής σε διάρρηξη ( $k_{\text{texture}}$ ) ( $\text{days}^{-1}$ )	2.1780±0.4869 (0.9291)	2.7488±0.7403 (0.91843)	4.7270±1.0709 (0.93357)	11.907±0.786 (0.99199)

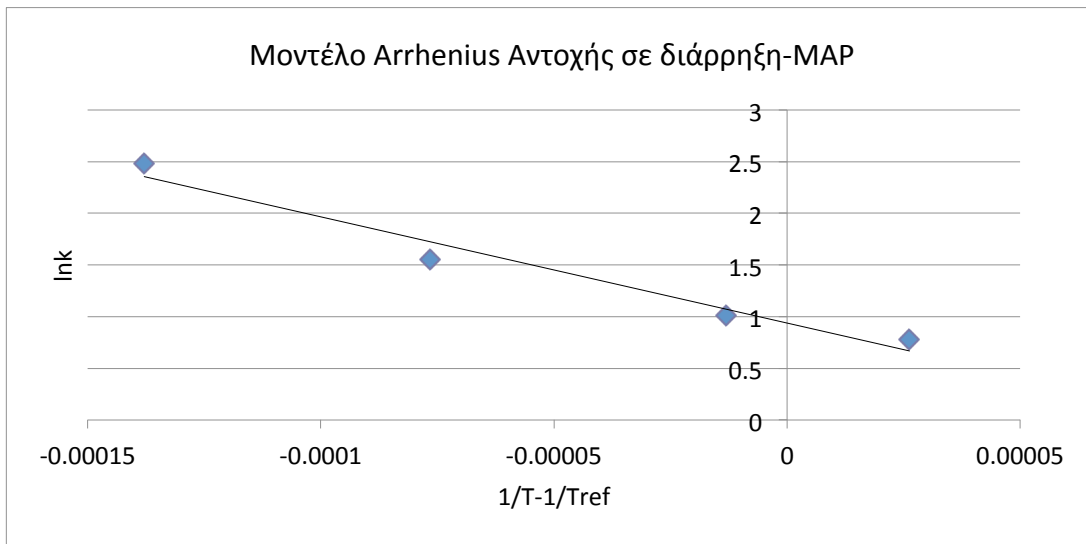
Δευτερογενής μοντελοποίηση της μεταβολής υφής των δειγμάτων

Οι ρυθμοί μεταβολής της αντοχής σε διάρρηξη (burst strength) που υπολογίστηκαν στην πρωτογενή μοντελοποίηση προηγουμένως, προσαρμόζονται σε εξίσωση της μορφής  $y=ax+b$ , η οποία αντιστοιχείται με την γραμμικοποιημένη μορφή της εξίσωσης που προκύπτει από την εξίσωση Arrhenius(67). Έτσι, η εξάρτηση της μεταβολής της αντοχής σε διάρρηξη από την θερμοκρασία μπορεί να ποσοτικοποιηθεί, με την εφαρμογή της εξίσωσης Arrhenius και με τον τρόπο αυτό υπολογίζεται η ενέργεια ενεργοποίησης για την μεταβολή της αντοχής σε διάρρηξη για τα δείγματα ραδικιού που εξετάστηκαν.

Ακολούθως παρουσιάζονται τα διαγράμματα των ρυθμών μεταβολής της αντοχής σε διάρρηξη συναρτήσει της θερμοκρασίας συντήρησης, όπως επίσης και οι ενέργειες ενεργοποίησης και οι σταθερές των ρυθμών, υπολογιζόμενες βάσει του μοντέλου Arrhenius, για τα δείγματα ραδικιού και για τα 2 είδη συσκευασίας. (Σχήματα 7.5.6-7.5.7, Πίνακες 7.5.8-7.5.9)



Σχήμα 7.5.6: Διάγραμμα Arrhenius για την μεταβολή της αντοχής σε διάρρηξη(burst strength) συναρτήσει της θερμοκρασίας συντήρησης ( $T_{ref}=4^{\circ}\text{C}$ ), για τα συσκευασμένα σε αερόβιες συσκευασίες διάτρητου φιλμ, δείγματα ραδικιού



Σχήμα 7.5.7: Διάγραμμα Arrhenius για την μεταβολή της αντοχής σε διάρρηξη(burst strength) συναρτήσει της θερμοκρασίας συντήρησης ( $T_{ref}=4^{\circ}\text{C}$ ), για τα συσκευασμένα σε συνθήκες τροποποιημένης ατμόσφαιρας 5% $\text{O}_2$ -15% $\text{CO}_2$ , δείγματα ραδικιού

Πίνακας 7.5.8: Ενέργειες ενεργοποίησης και σταθερές ρυθμού στην θερμοκρασία αναφοράς(4°C)για την μεταβολή της αντοχής σε διάρρηξη(burst strength) σε συσκευασίες αερόβιες διάτρητου φιλμ

	$E_A$ (kJ/mol)	Σταθερά $k_{ref}$ (days <sup>-1</sup> )	ρυθμού $R^2$
Αντοχή σε διάρρηξη (burst strength)	69,5±12,6	2,638±0,056	0,9829

Πίνακας 7.5.9: Ενέργειες ενεργοποίησης και σταθερές ρυθμού στην θερμοκρασία αναφοράς (4°C) για την μεταβολή της αντοχής σε διάρρηξη (burst strength) σε συσκευασίες τροποποιημένης ατμόσφαιρας 5%O<sub>2</sub>-15%CO<sub>2</sub>

	$E_A$ (kJ/mol)	Σταθερά $k_{ref}$ (days <sup>-1</sup> )	ρυθμού $R^2$
Αντοχή σε διάρρηξη (burst strength)	85,4±15,7	2,557±0,073	0,9699

Από την δευτερογενή μοντελοποίηση της υφής, προκύπτει όπως φαίνεται στους παραπάνω πίνακες, ότι η ενέργεια ενεργοποίησης για τα δείγματα συσκευασμένα σε τροποποιημένες συνθήκες συσκευασίας παρουσιάζει μεγαλύτερη τιμή σε σχέση με τις αερόβιες συνθήκες συσκευασίας. Από τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στα διαγράμματα της πρωτογενούς μοντελοποίησης, προκύπτει ότι το μέγεθος της αντοχής σε διάρρηξη μειώνεται γραμμικά συναρτήσει του χρόνου και επιπλέον, ότι η θερμοκρασία συντήρησης επηρεάζει ιδιαίτερα την μείωση του ρυθμού αντοχής σε διάρρηξη. Συγκεκριμένα, όσο χαμηλότερες είναι οι θερμοκρασίες αποθήκευσης, τόσο μικρότερος είναι ο ρυθμός μείωσης της αντοχής σε διάρρηξη και το αντίστροφο.

#### 7.6 Αξιολόγηση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των δειγμάτων

Είναι ιδιαίτερα σημαντικό τα δείγματα ραδικιού να παρουσιάζουν αποδεκτά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά(εμφάνιση, χρώμα, γεύση, οσμή), εκτός από την διατήρηση άλλων ποιοτικών παραμέτρων όπως είναι η υφή, διάφορα θρεπτικά συστατικά(βιταμίνη C, ένζυμα, κινόνες), το χρώμα. Προκειμένου να μπορεί να ποσοτικοποιηθεί η μεταβολή των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των δειγμάτων που εξετάστηκαν πραγματοποιήθηκαν οργανοληπτικές δοκιμές, όπως περιγράφησαν στο Κεφάλαιο 6.5, των οποίων τα αποτελέσματα επεξεργάζονται τόσο μέσω πρωτογενούς, όσο και μέσω δευτερογενούς μοντελοποίησης, σύμφωνα με το μοντέλο Arrhenius.



Τα δείγματα ραδικιού εξετάστηκαν οργανοληπτικά ως προς το χρώμα, την οπτική εμφάνιση, την οσμή, την γεύση, την υφή(συνολική υφή), την συνολική εντύπωση, την διαχωριστότητα των φύλλων ραδικιού, την ευθραυστότητα των φύλλων ραδικιού, την φρεσκάδα και το περιεχόμενο τους σε μαύρισμα.

Στα διαγράμματα που ακολουθούν παρουσιάζονται επιλεκτικά ορισμένα από τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των δειγμάτων σε όλες τις θερμοκρασίες αποθήκευσης και στα 2 είδη συσκευασίας, τα οποία(η συνολική εντύπωση, η οσμή, η υφή, η γεύση, το χρώμα, η φρεσκάδα)ακολουθούν κινητική 1<sup>ης</sup> τάξης, η οποία εκφράζεται μέσω της εξίσωσης 7.6.1:

$$S = S_0 e^{-k_{sensory}t} \quad \text{εξ. 7.6.1}$$

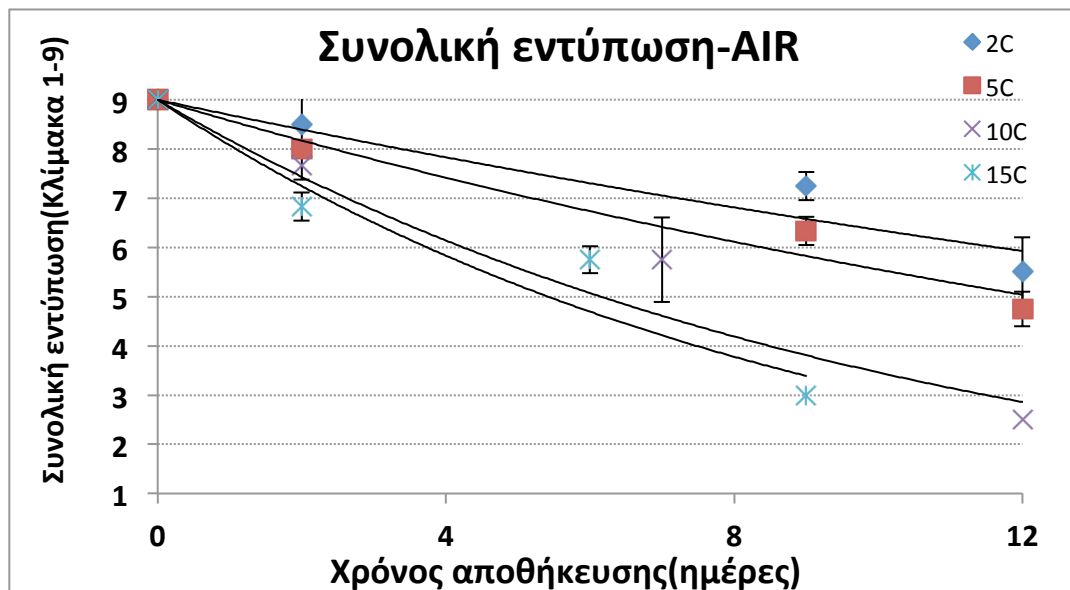
ενώ το οργανοληπτικό χαρακτηριστικό του μαυρίσματος ακολουθεί κινητική μηδενικής τάξης, η οποία εκφράζεται μέσω της εξίσωσης 7.6.2:

$$S = S_0 - k_{sensory}t \quad \text{εξ. 7.6.2}$$

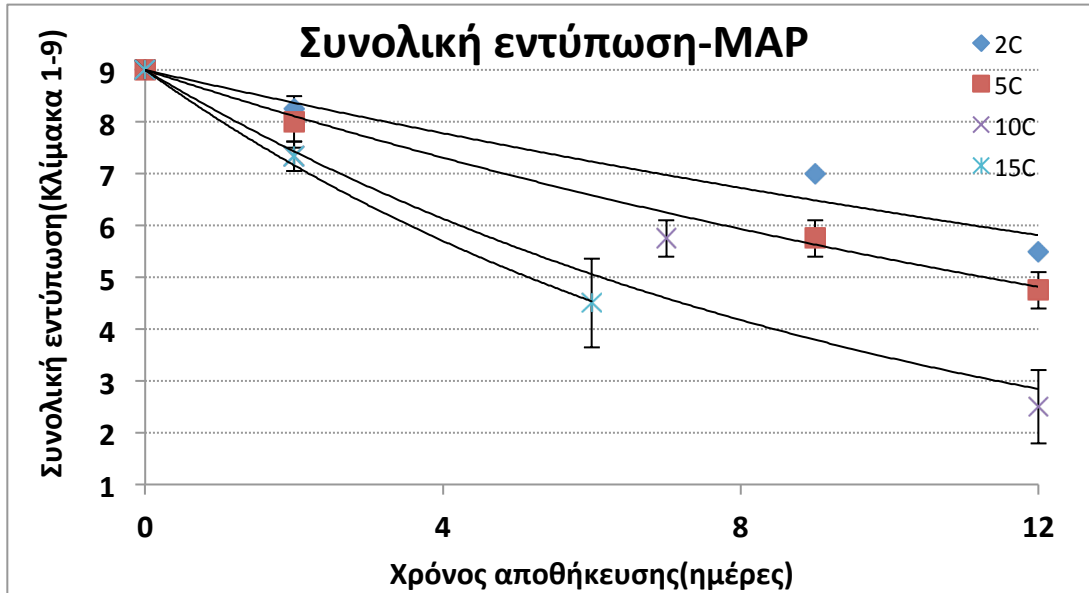
- Συνολική εντύπωση δειγμάτων ραδικιού(overall impression)

Η συνολική εντύπωση των δειγμάτων τροφίμου είναι ένα από τα βασικότερα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά που αντιλαμβάνονται οι δοκιμαστές και αξιολογούν την αποδοχή ή την απόρριψη του τροφίμου, βάσει των προτιμήσεων τους.

Στα επόμενα διαγράμματα παρουσιάζεται η εξέλιξη της συνολικής εντύπωσης για τα δείγματα, συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης τους, για τα 2 είδη συσκευασίας(αερόβιας και τροποποιημένης ατμόσφαιρας 5%O<sub>2</sub>-15%CO<sub>2</sub>). (Σχήματα 7.6.3 και 7.6.4)



Σχήμα 7.6.3: Εξέλιξη της συνολικής εντύπωσης των δειγμάτων ραδικιού συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης (ημέρες)για τις αερόβιες συνθήκες συσκευασίας διάτρητου φιλμ

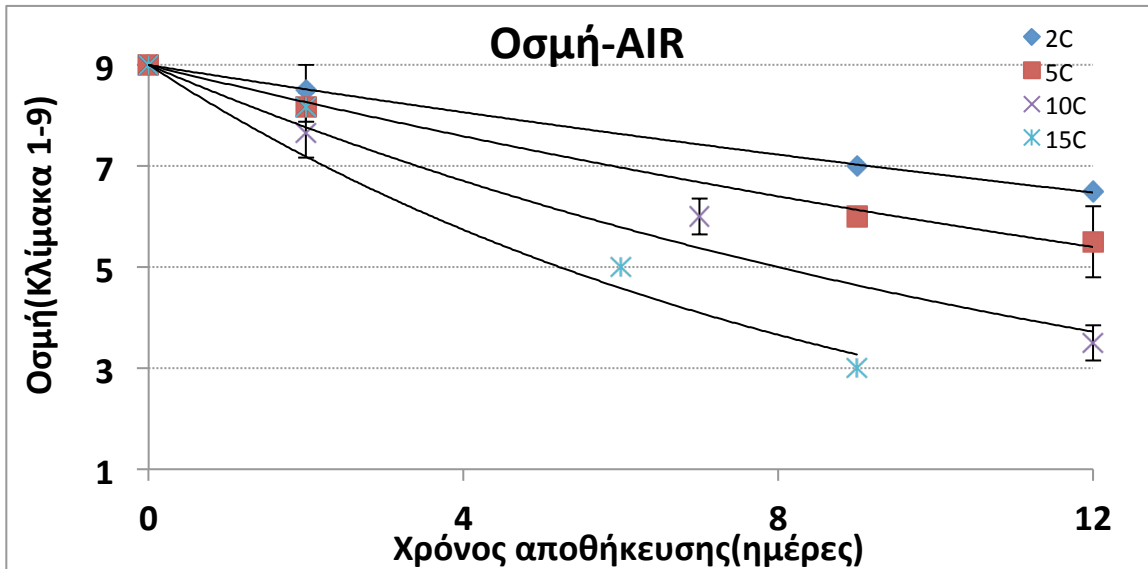


Σχήμα 7.6.4: Εξέλιξη της συνολικής εντύπωσης των δειγμάτων ραδικιού συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης (ημέρες) για τις συνθήκες τροποποιημένης ατμόσφαιρας 5%O<sub>2</sub>-15%CO<sub>2</sub>

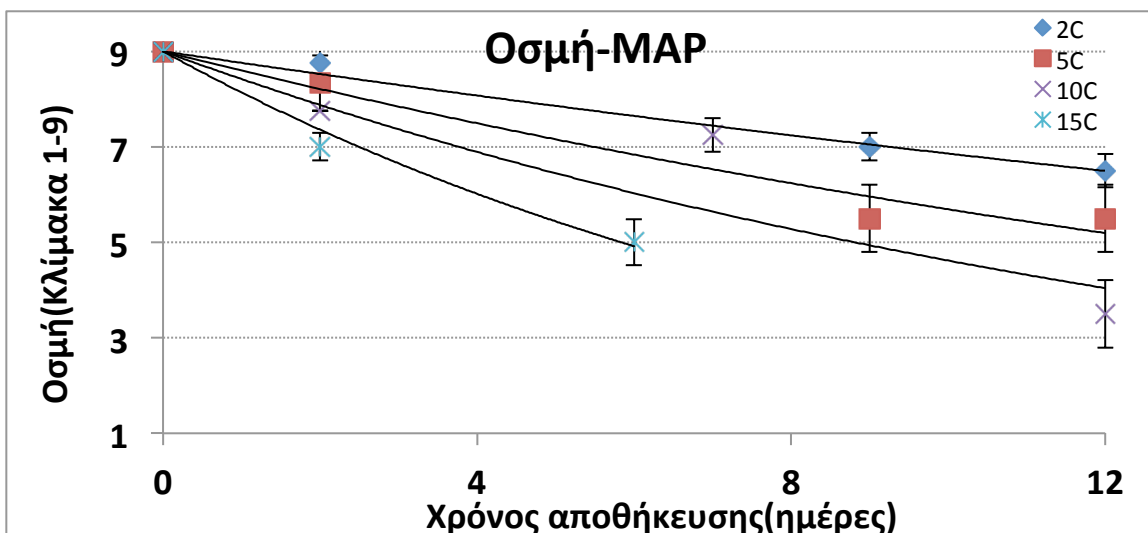
- Οσμή δειγμάτων ραδικιού(odour)

Ενδεχομένως η οσμή να αποτελεί εκείνο το οργανοληπτικό χαρακτηριστικό που να μπορεί να γίνει αντιληπτή η πιθανή μικροβιακή αλλοίωση του προϊόντος. Η δυσάρεστη οσμή των δειγμάτων ραδικιού έχει σαν αποτέλεσμα την απόρριψη τους από τους δοκιμαστές κατά τον οργανοληπτικό έλεγχο.

Στα επόμενα διαγράμματα παρουσιάζεται η εξέλιξη της οσμής για τα δείγματα, συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης τους, για τα 2 είδη συσκευασίας(αερόβιας και τροποποιημένης ατμόσφαιρας 5%O<sub>2</sub>-15%CO<sub>2</sub>). (Σχήματα 7.6.5 και 7.6.6)



Σχήμα 7.6.5: Εξέλιξη της οσμής των δειγμάτων ραδικιού συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης (ημέρες) για τις αερόβιες συνθήκες συσκευασίας διάτρητου φιλμ



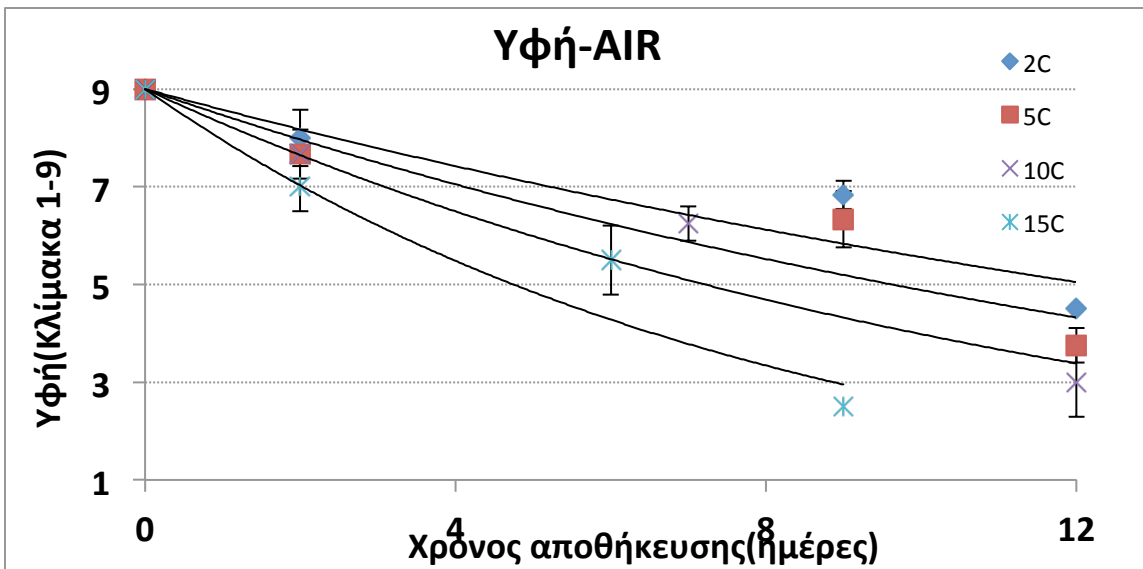
Σχήμα 7.6.6: Εξέλιξη της οσμής των δειγμάτων ραδικιού συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης (ημέρες) για τις συνθήκες τροποποιημένης ατμόσφαιρας 5%O<sub>2</sub>-15%CO<sub>2</sub>

- Υφή δειγμάτων ραδικιού(texture)

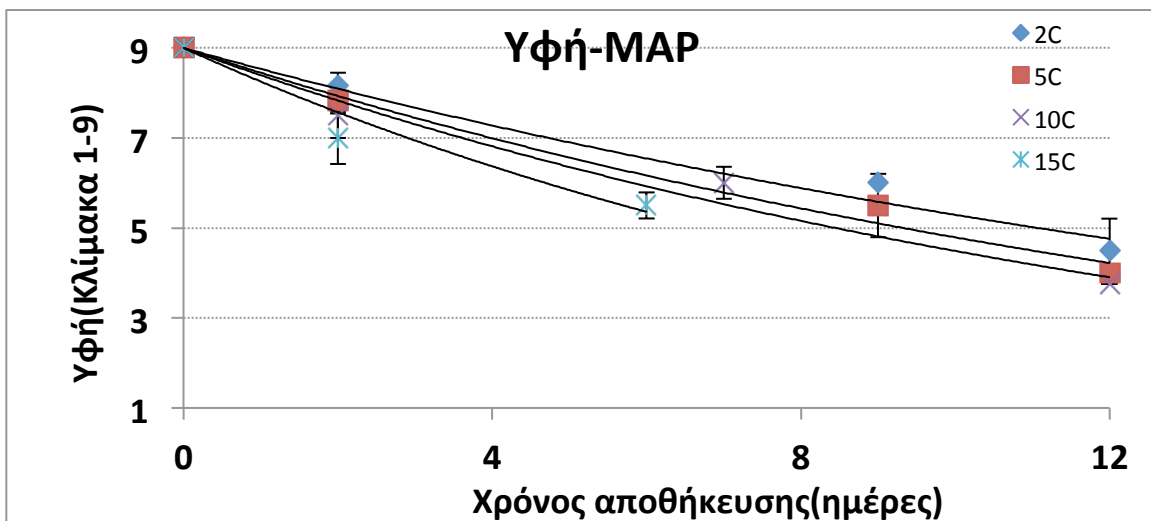
Η υφή αποτελεί ένα οργανοληπτικό χαρακτηριστικό που γίνεται άμεσα αντιληπτό από τους δοκιμαστές και στον εν προκειμένω οργανοληπτικό έλεγχο αξιολογείται ως συνολικά

παρατηρούμενη υφή, που ενδεχομένως να περιλαμβάνει χαρακτηριστικά σκληρότητας, μασητικότητας, διαχωριστότητας και ευθραυστότητας των φύλλων ραδικιού. Η αλλοίωση της οργανοληπτικής υφής δεν είναι αρεστή για τους καταναλωτές και έτσι οδηγεί σε πιθανή απόρριψη του προϊόντος.

Στα επόμενα διαγράμματα παρουσιάζεται η εξέλιξη της υφής για τα δείγματα, συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης τους, για τα 2 είδη συσκευασίας(αερόβιας και τροποποιημένης ατμόσφαιρας 5%O<sub>2</sub>-15%CO<sub>2</sub>). (Σχήματα 7.6.7 και 7.6.8)



Σχήμα 7.6.7: Εξέλιξη της υφής των δειγμάτων ραδικιού συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης (ημέρες) για τις αερόβιες συνθήκες συσκευασίας διάτρητου φιλμ

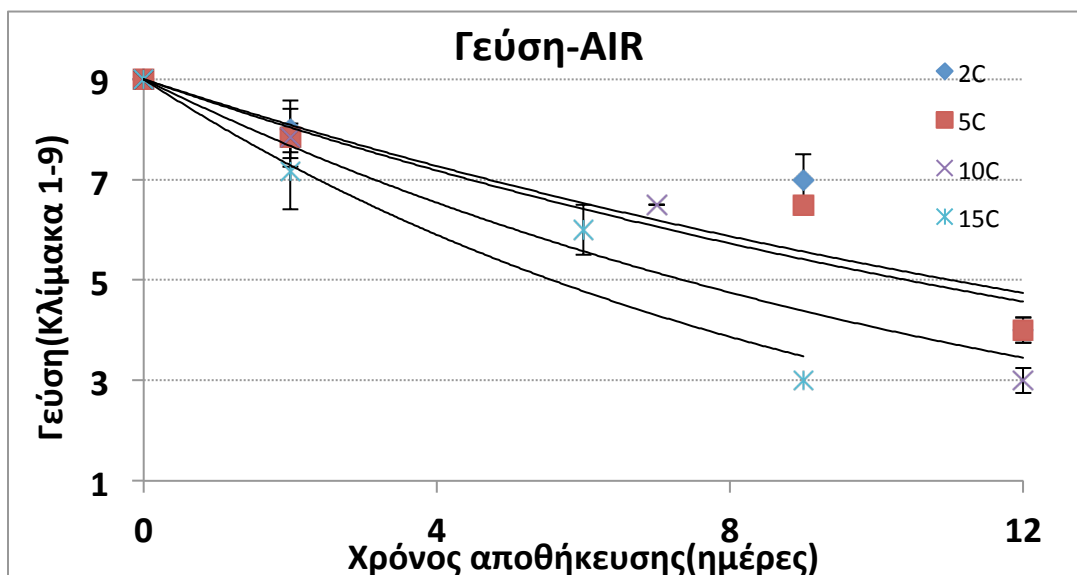


Σχήμα 7.6.8: Εξέλιξη της υφής των δειγμάτων ραδικιού συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης (ημέρες) για τις συνθήκες τροποποιημένης ατμόσφαιρας 5%O<sub>2</sub>-15%CO<sub>2</sub>

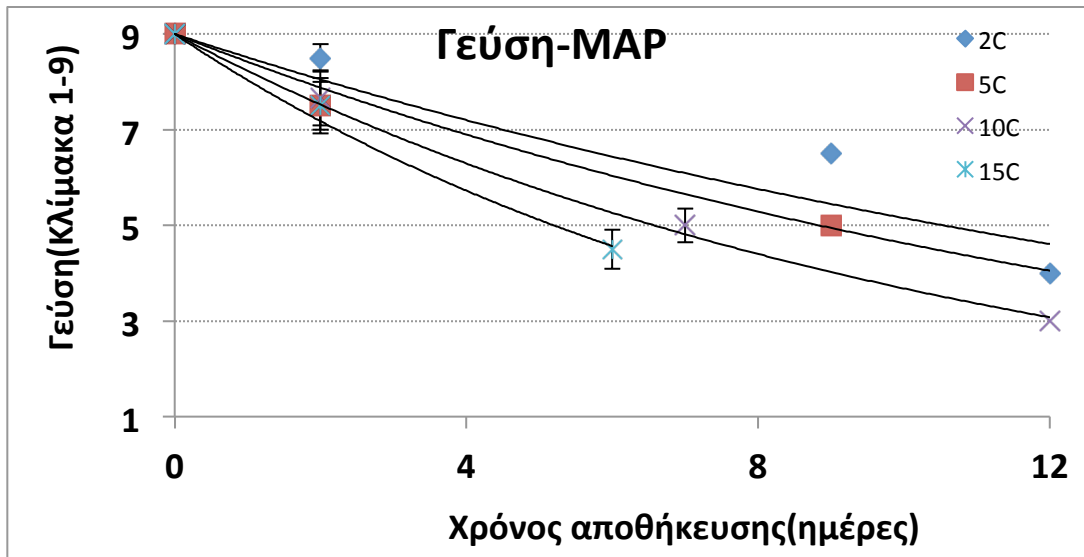
- Γεύση δειγμάτων ραδικιού(taste)

Το οργανοληπτικό χαρακτηριστικό της γεύσης αξιοποιείται ιδιαίτερα κατά τον οργανοληπτικό έλεγχο των τροφίμων. Οι πληροφορίες που αντιλαμβάνονται οι δοκιμαστές μέσω του χαρακτηριστικού της γεύσης είναι ταχύτατες και για τον λόγο αυτό αποτελεί ιδιαίτερα σημαντική οργανοληπτική παράμετρο.

Στα επόμενα διαγράμματα παρουσιάζεται η εξέλιξη της γεύσης για τα δείγματα, συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης τους, για τα 2 είδη συσκευασίας(αερόβιας και τροποποιημένης ατμόσφαιρας 5%O<sub>2</sub>-15%CO<sub>2</sub>). (Σχήματα 7.6.9 και 7.6.10)



Σχήμα 7.6.9: Εξέλιξη της γεύσης των δειγμάτων ραδικιού συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης (ημέρες)για τις αερόβιες συνθήκες συσκευασίας διάτρητου φιλμ

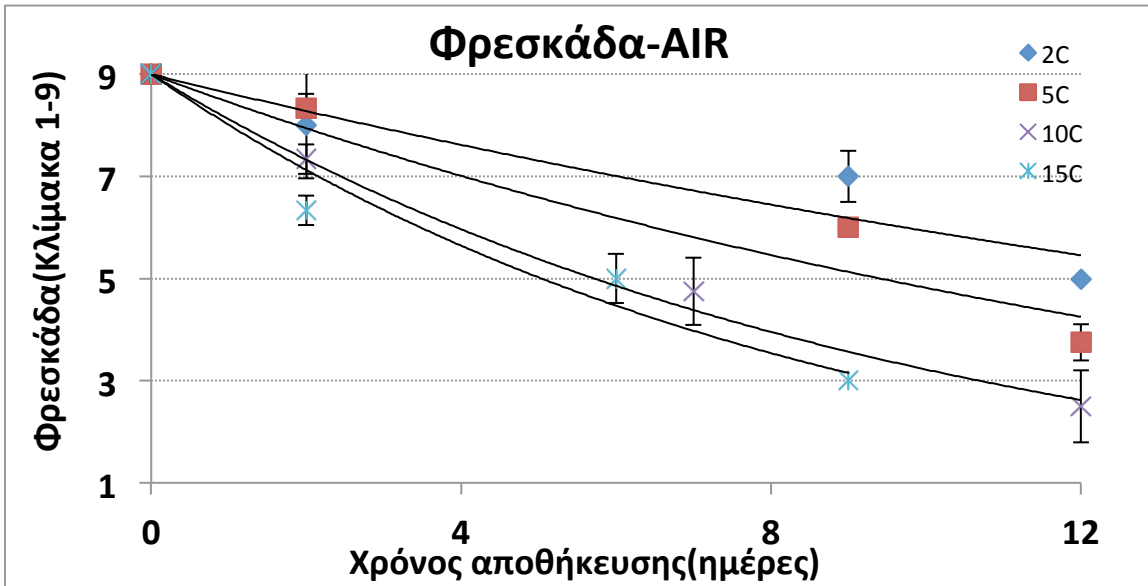


Σχήμα 7.6.10: Εξέλιξη της γεύσης των δειγμάτων ραδικιού συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης (ημέρες) για τις συνθήκες τροποποιημένης ατμόσφαιρας 5%O<sub>2</sub>-15%CO<sub>2</sub>

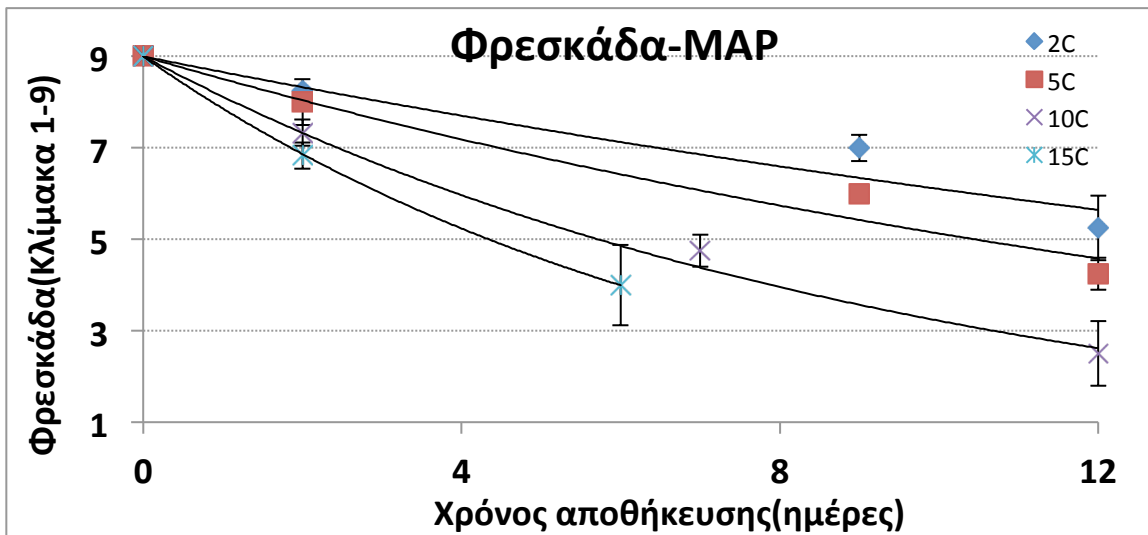
- Φρεσκάδα δειγμάτων ραδικιού(freshness)

Η φρεσκάδα των δειγμάτων ραδικιού αποτελεί μια επίσης σημαντική οργανοληπτική παράμετρο που αξιολογούν οι δοκιμαστές και περιλαμβάνει πληθώρα οπτικών και γευστικών ερεθισμάτων, αλλά και ερεθισμάτων υφής.

Στα επόμενα διαγράμματα παρουσιάζεται η εξέλιξη της φρεσκάδας για τα δείγματα, συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης τους, για τα 2 είδη συσκευασίας(αερόβιας και τροποποιημένης ατμόσφαιρας 5%O<sub>2</sub>-15%CO<sub>2</sub>). (Σχήματα 7.6.11 και 7.6.12)



Σχήμα 7.6.11: Εξέλιξη της φρεσκάδας των δειγμάτων ραδικιού συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης (ημέρες) για τις αερόβιες συνθήκες συσκευασίας διάτρητου φιλμ

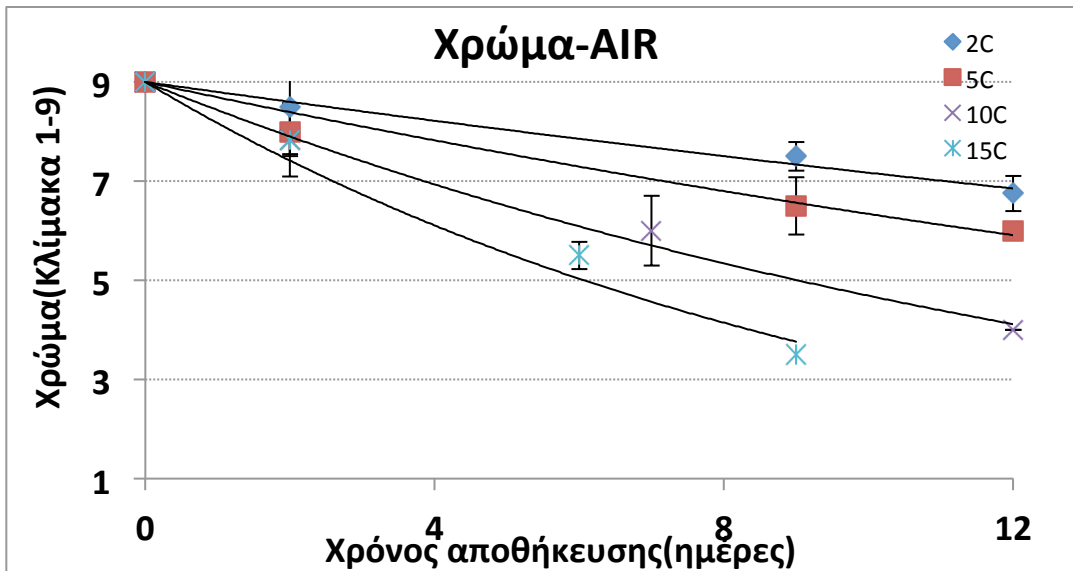


Σχήμα 7.6.12: Εξέλιξη της φρεσκάδας των δειγμάτων ραδικιού συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης (ημέρες) για τις συνθήκες τροποποιημένης ατμόσφαιρας 5%O<sub>2</sub>-15%CO<sub>2</sub>

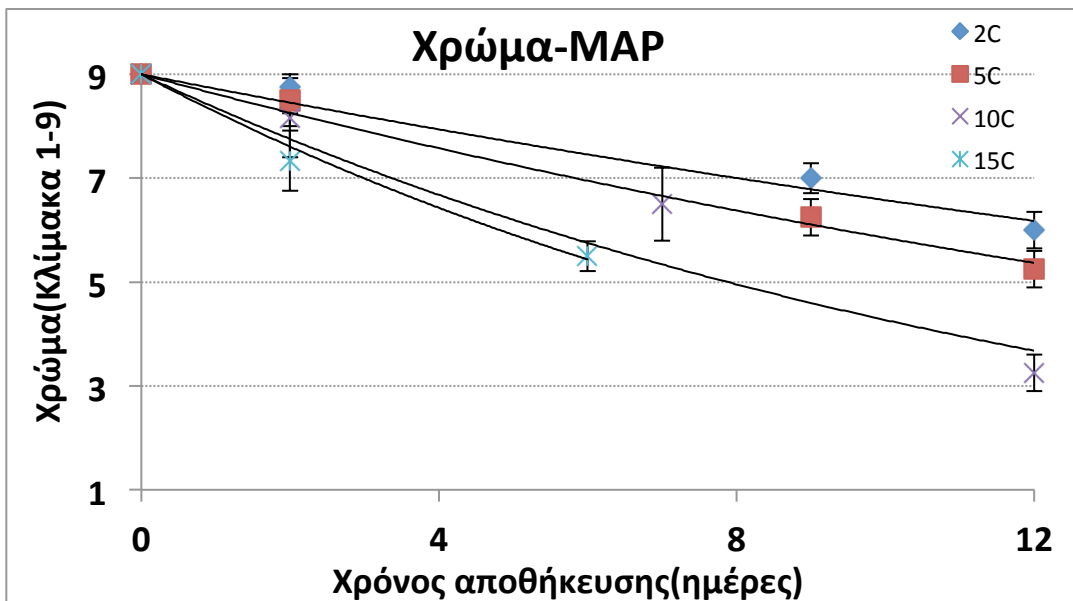
- Χρώμα των δειγμάτων ραδικιού

Το χρώμα των δειγμάτων αποτελεί πολύ σημαντικό οργανοληπτικό χαρακτηριστικό για την απόρριψη ή την αποδοχή του προϊόντος από τον καταναλωτή, καθώς είναι άμεσα αντιληπτό και οι χρωματικές μεταβολές συνδέονται με την αλλοίωση του προϊόντος.

Στα επόμενα διαγράμματα παρουσιάζεται η εξέλιξη του χρώματος για τα δείγματα, συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης τους, για τα 2 είδη συσκευασίας(αερόβιας και τροποποιημένης ατμόσφαιρας 5%O<sub>2</sub>-15%CO<sub>2</sub>). (Σχήματα 7.6.13 και 7.6.14)



Σχήμα 7.6.13: Εξέλιξη του χρώματος των δειγμάτων ραδικιού συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης (ημέρες) για τις αερόβιες συνθήκες συσκευασίας διάτρητου φιλμ



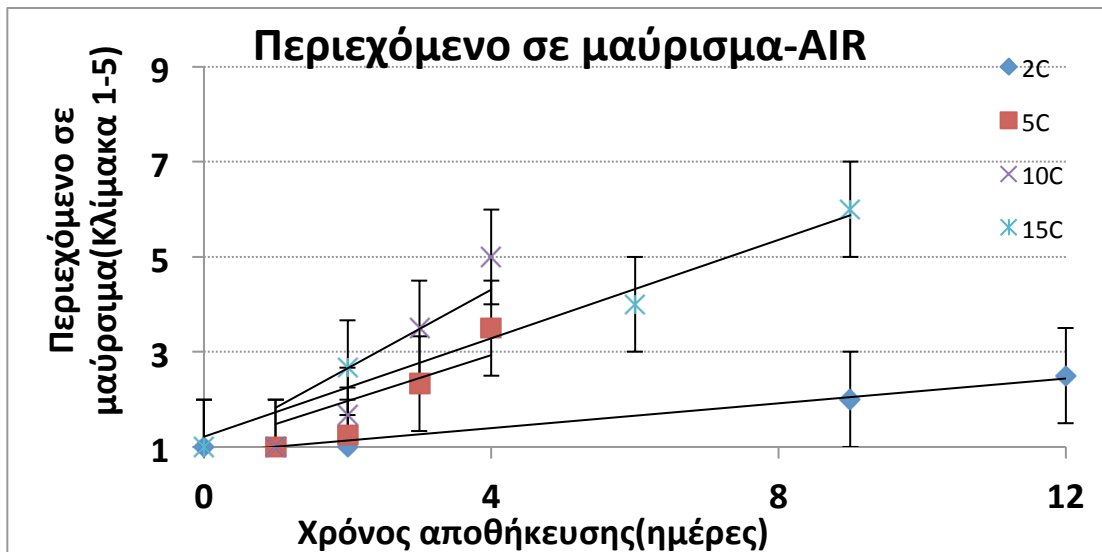


Σχήμα 7.6.14: Εξέλιξη του χρώματος των δειγμάτων ραδικιού συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης (ημέρες) για τις συνθήκες τροποποιημένης ατμόσφαιρας 5%O<sub>2</sub>-15%CO<sub>2</sub>

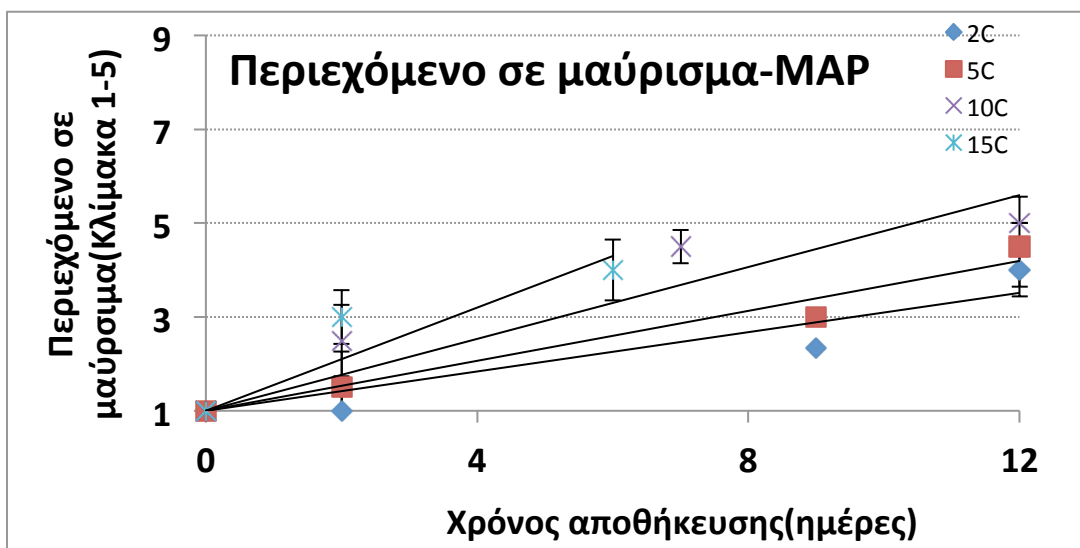
- Περιεχόμενο σε μαύρισμα των δειγμάτων ραδικιού(browning index)

Το περιεχόμενο σε μαύρισμα των δειγμάτων ραδικιού, έχει άμεση σχέση με το χρώμα των φύλλων του ραδικιού και ως οργανοληπτικό συστατικό και σχετίζεται με οπτικά ερεθίσματα, όπως είναι χρωματισμένα σημάδια στον φυτικό ιστό ή την επιφάνεια του φύλλου του ραδικιού (spots).

Στα επόμενα διαγράμματα παρουσιάζεται η εξέλιξη του μαυρίσματος για τα δείγματα, συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης τους, για τα 2 είδη συσκευασίας(αερόβιας και τροποποιημένης ατμόσφαιρας 5%O<sub>2</sub>-15%CO<sub>2</sub>). (Σχήματα 7.6.15 και 7.6.16)



Σχήμα 7.6.15: Εξέλιξη του μαυρίσματος των δειγμάτων ραδικιού συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης (ημέρες) για τις αερόβιες συνθήκες συσκευασίας διάτρητου φιλμ



Σχήμα 7.6.16: Εξέλιξη του μαυρίσματος των δειγμάτων ραδικιού συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης (ημέρες) για τις συνθήκες τροποποιημένης ατμόσφαιρας 5%O<sub>2</sub>-15%CO<sub>2</sub>

Στους παρακάτω πίνακες 7.6.17 και 7.6.18, παρουσιάζονται τα δεδομένα που προκύπτουν για τους ρυθμούς μεταβολής των παραπάνω οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των δειγμάτων ραδικιού που εξετάστηκαν,  $k_{\text{sensory}}(\text{days}^{-1})$ , για όλες τις θερμοκρασίες αποθήκευσης και τα είδη συσκευασίας που χρησιμοποιήθηκαν.

Πίνακας 7.6.17: Δεδομένα ρυθμών μεταβολής των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών  $k_{\text{sensory}}(\text{days}^{-1})$  για τα δείγματα ραδικιού που συσκευάζονται στην εμπορική αερόβια συσκευασία διάτρητου φιλμ. Οι τιμές στις παρενθέσεις αντιπροσωπεύουν τα  $R^2$  που έχουν υπολογιστεί.

Οργανοληπτική Παράμετρος/T(°C)	2	5	10	15
Συνολική εντύπωση	0,035±0,002 (0,8961)	0,048±0,001 (0,9542)	0,096±0,007 (0,9305)	0,108±0,099 (0,9089)
Φρεσκάδα	0,042±0,002 (0,8751)	0,062±0,003 (0,9102)	0,103±0,003 (0,9909)	0,117±0,008 (0,9097)
Χρώμα	0,023±0,002 (0,9828)	0,035±0,002 (0,9750)	0,065±0,008 (0,9909)	0,097±0,008 (0,9697)
Οσμή	0,027±0,001 (0,9995)	0,043±0,003 (0,9942)	0,074±0,006 (0,9688)	0,112±0,098 (0,9051)
Γεύση	0,053±0,003 (0,7888)	0,056±0,004 (0,8622)	0,080±0,006 (0,8965)	0,106±0,007 (0,8897)
Υφή	0,048±0,004	0,061±0,005	0,082±0,007	0,124±0,009

	(0,8593)	(0,8595)	(0,9194)	(0,9275)
Μαύρισμα	0,131±0,009	0,196±0,002	0,336±0,010	0,518±0,030
	(0,9763)	(0,9535)	(0,9980)	(0,7521)

Πίνακας 7.6.18: Δεδομένα ρυθμών μεταβολής των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών  $k_{\text{sensory}}$  ( $\text{days}^{-1}$ ) για τα δείγματα ραδικιού που συσκευάζονται στην συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας 5%O<sub>2</sub>-15%CO<sub>2</sub>. Οι τιμές στις παρενθέσεις αντιπροσωπεύουν τα R<sup>2</sup> που έχουν υπολογιστεί.

Οργανοληπτική Παράμετρος/T(°C)	2	5	10	15
Συνολική εντύπωση	0,036±0,002	0,052±0,001	0,096±0,008	0,114±0,099
	(0,9352)	(0,9969)	(0,9294)	(0,7954)
Φρεσκάδα	0,039±0,002	0,056±0,003	0,103±0,004	0,135±0,008
	(0,9108)	(0,9528)	(0,9999)	(0,8735)
Χρώμα	0,031±0,002	0,043±0,002	0,075±0,008	0,084±0,008
	(0,9730)	(0,9905)	(0,9106)	(0,9879)
Οσμή	0,027±0,001	0,046±0,003	0,072±0,006	0,101±0,009
	(0,9907)	(0,9525)	(0,9179)	(0,9841)
Γεύση	0,056±0,003	0,067±0,004	0,089±0,006	0,113±0,007
	(0,8680)	(0,9859)	(0,9966)	(0,9917)
Υφή	0,053±0,004	0,063±0,005	0,070±0,007	0,086±0,009
	(0,9715)	(0,9781)	(0,9763)	(0,9436)
Μαύρισμα	0,209±0,009	0,266±0,002	0,383±0,010	0,550±0,030
	(0,8822)	(0,9665)	(0,8473)	(0,8071)

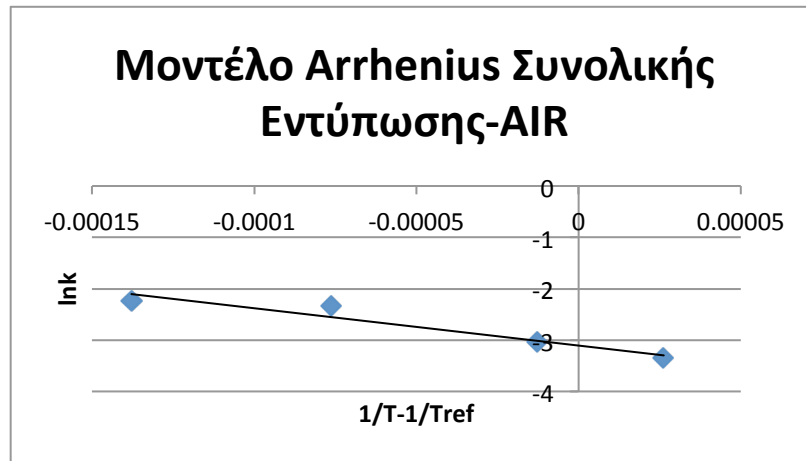
Δευτερογενής μοντελοποίηση της μεταβολής των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των δειγμάτων

Οι ρυθμοί μεταβολής των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των δειγμάτων που υπολογίστηκαν στην πρωτογενή μοντελοποίηση προηγουμένως, προσαρμόζονται σε εξίσωση της μορφής  $y=ax+b$ , η οποία αντιστοιχείται με την γραμμικοποιημένη μορφή της εξίσωσης που προκύπτει από την εξίσωση Arrhenius. Έτσι, η εξάρτηση της μεταβολής των παραπάνω οργανοληπτικών χαρακτηριστικών από την θερμοκρασία μπορεί να ποσοτικοποιηθεί, με την εφαρμογή της εξίσωσης Arrhenius και με τον τρόπο αυτό υπολογίζεται η ενέργεια ενεργοποίησης για την μεταβολή των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών για τα δείγματα ραδικιού που εξετάστηκαν.

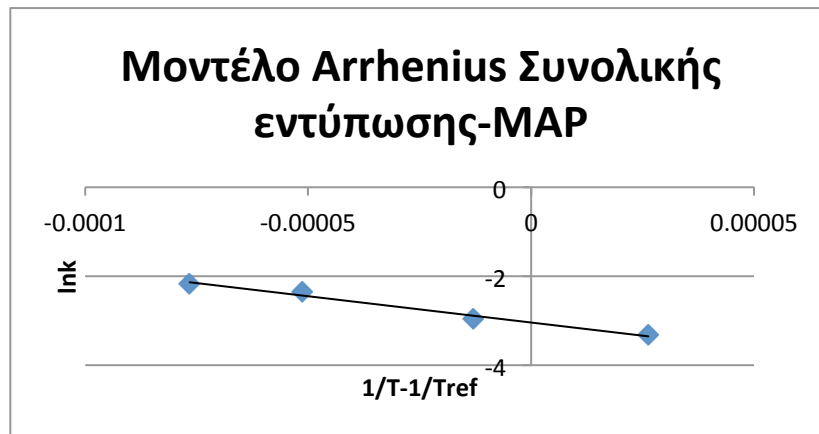
Ακολούθως παρουσιάζονται τα διαγράμματα των ρυθμών μεταβολής των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών συναρτήσει της θερμοκρασίας συντήρησης, όπως επίσης και οι ενέργειες

ενεργοποίησης και οι σταθερές των ρυθμών, υπολογιζόμενες βάσει του μοντέλου Arrhenius, για τα δείγματα ραδικιού και για τα 2 είδη συσκευασίας.(Σχήματα 7.6.19-7.6.32, Πίνακες 7.6.33 και 7.6.34)

- Συνολική εντύπωση δειγμάτων ραδικιού(overall impression)

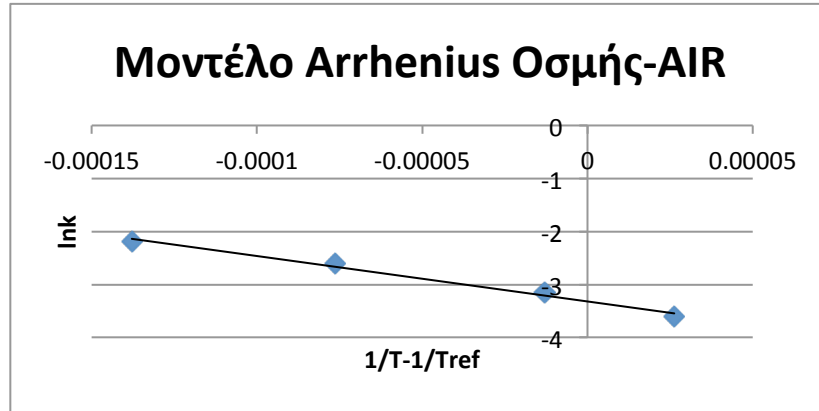


Σχήμα 7.6.19: Διάγραμμα Arrhenius για την μεταβολή της συνολικής εντύπωσης συναρτήσει της θερμοκρασίας συντήρησης ( $T_{ref}=4^{\circ}\text{C}$ ), για τα συσκευασμένα σε αερόβιες συσκευασίες διάτρητου φιλμ, δείγματα ραδικιού

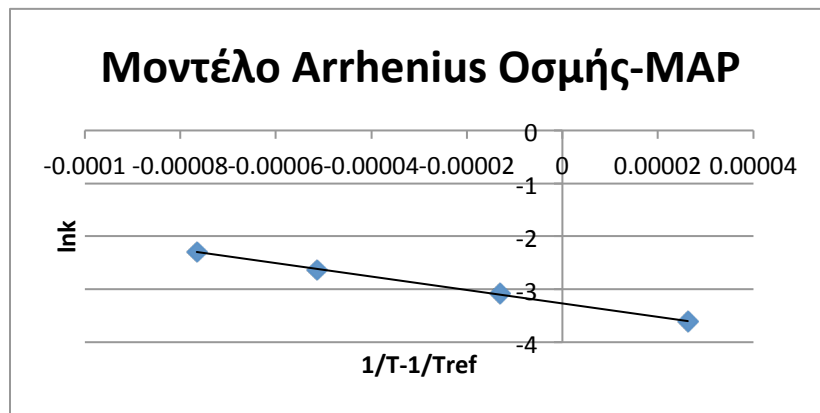


Σχήμα 7.6.20: Διάγραμμα Arrhenius για την μεταβολή της συνολικής εντύπωσης συναρτήσει της θερμοκρασίας συντήρησης ( $T_{ref}=4^{\circ}\text{C}$ ), για τα συσκευασμένα σε συνθήκες τροποποιημένης ατμόσφαιρας 5%O<sub>2</sub>-15%CO<sub>2</sub>, δείγματα ραδικιού

- Οσμή δειγμάτων ραδικιού(odour)

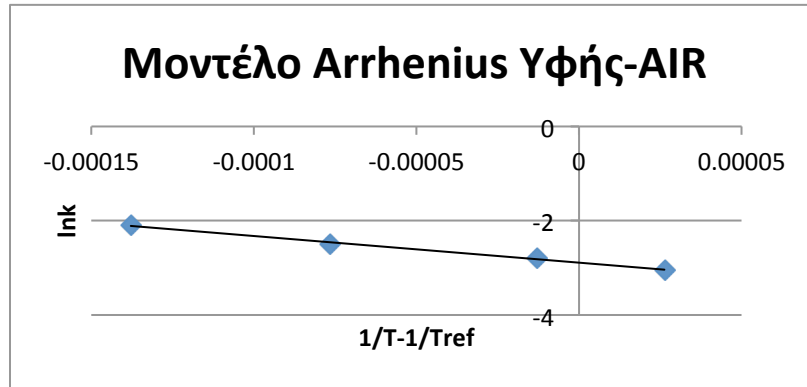


Σχήμα 7.6.21: Διάγραμμα Arrhenius για την μεταβολή της οσμής συναρτήσει της θερμοκρασίας συντήρησης ( $T_{ref}=4^{\circ}\text{C}$ ), για τα συσκευασμένα σε αερόβιες συσκευασίες διάτρητου φιλμ, δείγματα ραδικιού

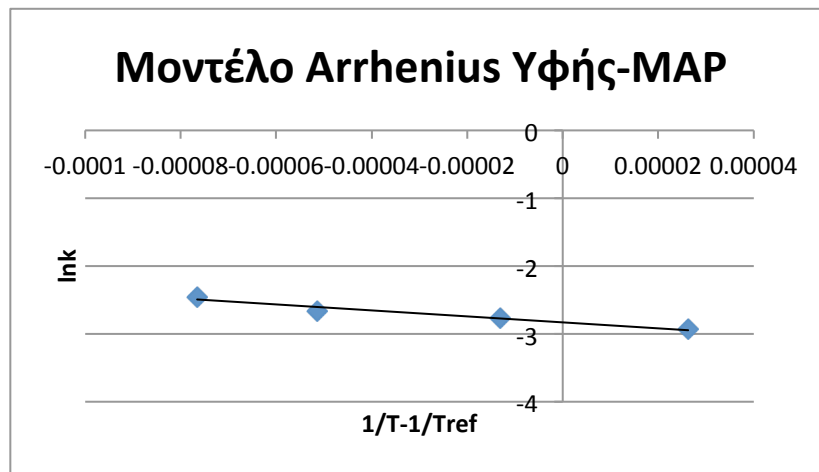


Σχήμα 7.6.22: Διάγραμμα Arrhenius για την μεταβολή της οσμής συναρτήσει της θερμοκρασίας συντήρησης ( $T_{ref}=4^{\circ}\text{C}$ ), για τα συσκευασμένα σε συνθήκες τροποποιημένης ατμόσφαιρας 5%O<sub>2</sub>-15%CO<sub>2</sub>, δείγματα ραδικιού

- Υφή δειγμάτων ραδικιού(texture)

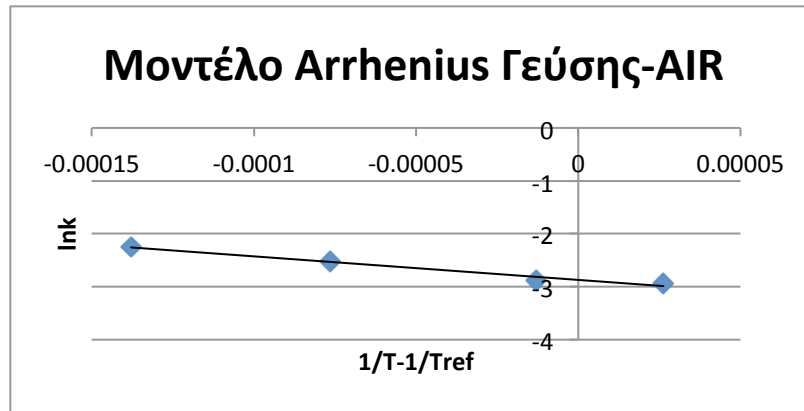


Σχήμα 7.6.23: Διάγραμμα Arrhenius για την μεταβολή της υφής συναρτήσει της θερμοκρασίας συντήρησης ( $T_{ref}=4^{\circ}\text{C}$ ), για τα συσκευασμένα σε αερόβιες συσκευασίες διάτρητου φιλμ, δείγματα ραδικιού

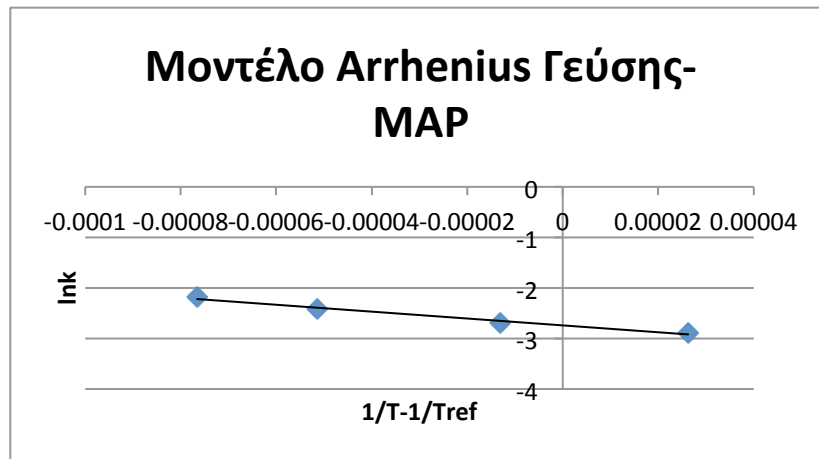


Σχήμα 7.6.24: Διάγραμμα Arrhenius για την μεταβολή της υφής συναρτήσει της θερμοκρασίας συντήρησης ( $T_{ref}=4^{\circ}\text{C}$ ), για τα συσκευασμένα σε συνθήκες τροποποιημένης ατμόσφαιρας 5%O<sub>2</sub>-15%CO<sub>2</sub>, δείγματα ραδικιού

- Γεύση δειγμάτων ραδικιού (taste)

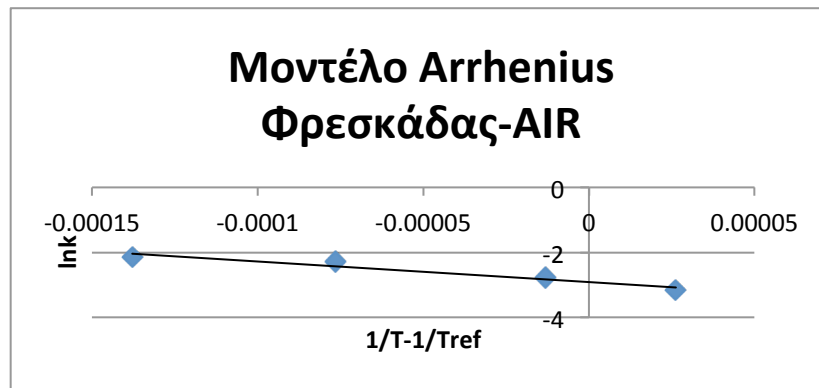


Σχήμα 7.6.25: Διάγραμμα Arrhenius για την μεταβολή της γεύσης συναρτήσει της θερμοκρασίας συντήρησης ( $T_{ref}=4^{\circ}\text{C}$ ), για τα συσκευασμένα σε αερόβιες συσκευασίες διάτρητου φιλμ, δείγματα ραδικιού

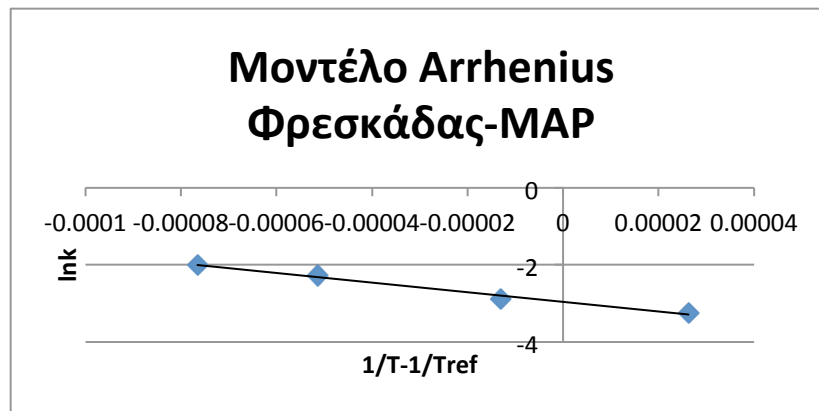


Σχήμα 7.6.26: Διάγραμμα Arrhenius για την μεταβολή της γεύσης συναρτήσει της θερμοκρασίας συντήρησης ( $T_{ref}=4^{\circ}\text{C}$ ), για τα συσκευασμένα σε συνθήκες τροποποιημένης ατμόσφαιρας 5%O<sub>2</sub>-15%CO<sub>2</sub>, δείγματα ραδικιού

- Φρεσκάδα δειγμάτων ραδικιού(freshness)

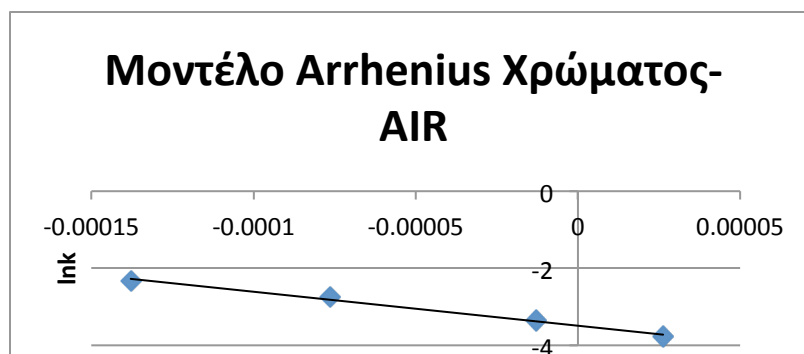


Σχήμα 7.6.27: Διάγραμμα Arrhenius για την μεταβολή της φρεσκάδας συναρτήσει της θερμοκρασίας συντήρησης ( $T_{ref}=4^{\circ}\text{C}$ ), για τα συσκευασμένα σε αερόβιες συσκευασίες διάτρητου φιλμ, δείγματα ραδικιού



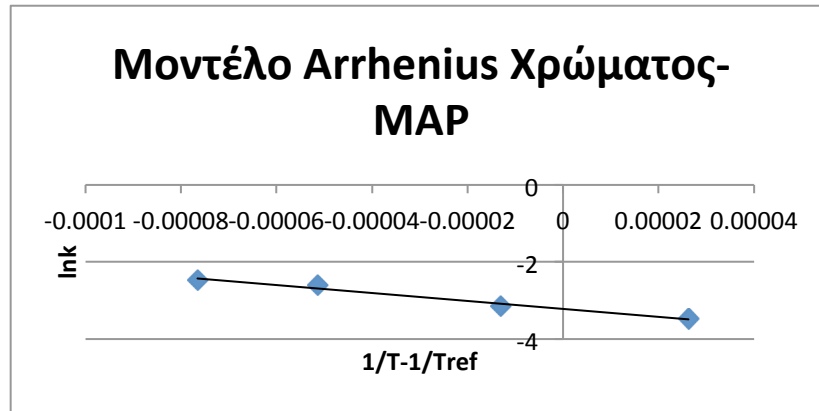
Σχήμα 7.6.28: Διάγραμμα Arrhenius για την μεταβολή της φρεσκάδας συναρτήσει της θερμοκρασίας συντήρησης ( $T_{ref}=4^{\circ}\text{C}$ ), για τα συσκευασμένα σε συνθήκες τροποποιημένης ατμόσφαιρας 5% $\text{O}_2$ -15% $\text{CO}_2$ , δείγματα ραδικιού

- Χρώμα των δειγμάτων ραδικιού



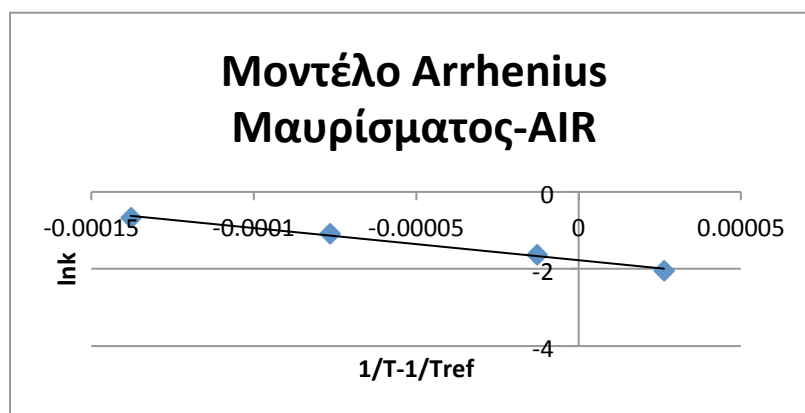


Σχήμα 7.6.29: Διάγραμμα Arrhenius για την μεταβολή του χρώματος συναρτήσει της θερμοκρασίας συντήρησης ( $T_{ref}=4^{\circ}\text{C}$ ), για τα συσκευασμένα σε αερόβιες συσκευασίες διάτρητου φιλμ, δείγματα ραδικιού

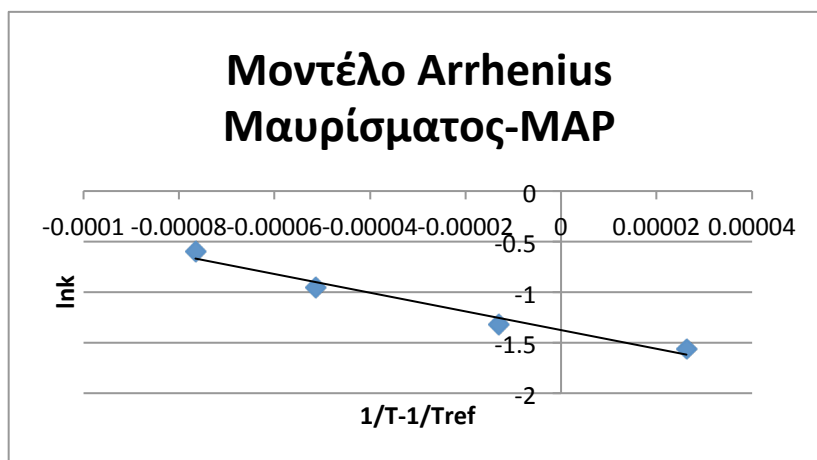


Σχήμα 7.6.30: Διάγραμμα Arrhenius για την μεταβολή του χρώματος συναρτήσει της θερμοκρασίας συντήρησης ( $T_{ref}=4^{\circ}\text{C}$ ), για τα συσκευασμένα σε συνθήκες τροποποιημένης ατμόσφαιρας 5%O<sub>2</sub>-15%CO<sub>2</sub>, δείγματα ραδικιού

- Περιεχόμενο σε μαύρισμα των δειγμάτων ραδικιού (browning index)



Σχήμα 7.6.31: Διάγραμμα Arrhenius για την μεταβολή του μαυρίσματος συναρτήσει της θερμοκρασίας συντήρησης ( $T_{ref}=4^{\circ}\text{C}$ ), για τα συσκευασμένα σε αερόβιες συσκευασίες διάτρητου φιλμ, δείγματα ραδικιού



Σχήμα 7.6.32: Διάγραμμα Arrhenius για την μεταβολή του μαυρίσματος συναρτήσει της θερμοκρασίας συντήρησης ( $T_{ref}=4^{\circ}C$ ), για τα συσκευασμένα σε συνθήκες τροποποιημένης ατμόσφαιρας 5%O<sub>2</sub>-15%CO<sub>2</sub>, δείγματα ραδικιού

Πίνακας 7.6.33: Ενέργειες ενεργοποίησης και σταθερές ρυθμού στην θερμοκρασία αναφοράς(4°C)για την μεταβολή των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών σε συσκευασίες αερόβιες διάτρητου φιλμ

Οργανοληπτική Παράμετρος	$E_A$ (kJ/mol)	$k_{ref}$ (days <sup>-1</sup> )	$R^2$
Συνολική εντύπωση	60,4±21,6	0,045±0,012	0,9310
Φρεσκάδα	70,4±14,2	0,054±0,009	0,9314
Χρώμα	73,3±7,7	0,030±0,003	0,9892
Οσμή	71,2±4,3	0,036±0,002	0,9981
Γεύση	37,0±2,5	0,057±0,002	0,9306
Υφή	47,0±5,0	0,056±0,003	0,9606
Μαύρισμα	71,1±3,5	0,170±0,007	0,9938

Πίνακας 7.6.34: Ενέργειες ενεργοποίησης και σταθερές ρυθμού στην θερμοκρασία αναφοράς (4°C) για την μεταβολή των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών σε συσκευασίες τροποποιημένης ατμόσφαιρας 5%O<sub>2</sub>-15%CO<sub>2</sub>

Οργανοληπτική Παράμετρος	E <sub>A</sub> (kJ/mol)	k <sub>ref</sub> (days <sup>-1</sup> )	R <sup>2</sup>
Συνολική εντύπωση	98,2±20,7	0,048±0,007	0,9828
Φρεσκάδα	103,9±11,6	0,052±0,004	0,9884
Χρώμα	85,8±22,6	0,040±0,006	0,9758
Οσμή	105,6±4,1	0,038±0,001	0,9990
Γεύση	56,6±4,8	0,064±0,002	0,9781
Υφή	36,7±12,3	0,059±0,005	0,9611
Μαύρισμα	76,9±11,1	0,253±0,019	0,9701

Από τις παραπάνω υπολογιζόμενες ενέργειες ενεργοποίησης, φαίνεται ότι όσον αφορά το χαρακτηριστικό της συνολικής εντύπωσης, παρουσιάζεται μεγαλύτερη ενέργεια ενεργοποίησης για τα δείγματα ραδικιού που είναι συσκευασμένα σε συνθήκες τροποποιημένης ατμόσφαιρας, σε σχέση με αυτά που συσκευάζονται σε αερόβιες συνθήκες. Μάλιστα, στα υπόλοιπα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και ιδιαίτερα στην φρεσκάδα, το χρώμα και την οσμή, παρατηρείται ακριβώς το ίδιο φαινόμενο, γεγονός που εξηγεί την αυξημένη ενέργεια ενεργοποίησης της συνολικής εντύπωσης στις συσκευασίες τροποποιημένης ατμόσφαιρας. Όσον αφορά τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά της υφής και του μαυρίσματος, δεν εμφανίζεται κάποια σημαντική διαφορά στις τιμές των ενεργειών ενεργοποίησης ανάμεσα στα 2 είδη συσκευασίας.

## 7.7 Κινητική μελέτη ενζυμικής υποβάθμισης των δειγμάτων

Υπολογισμός της ενεργότητας των πολυφαινολικών οξειδασών(PPO)

Η απορρόφηση του τελικού προς μέτρηση διαλύματος ( $A_{420\text{ nm}}$ ) σχεδιάζεται σε συνάρτηση με τον χρόνο αντίδρασης προκειμένου να προσδιοριστεί η ενζυμική κινητική. Η απορρόφηση όπως φαίνεται από τα αποτελέσματα, αυξάνει γραμμικά μέσα στα πρώτα 180 s. Στα ακόλουθα διαγράμματα παρουσιάζονται οι τιμές της ενεργότητας PPO (U/g) συναρτήσει των συνθηκών συσκευασίας όπως επίσης και οι τιμές της ενεργότητας PPO (U/g) συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης(ημέρες). (Σχήματα 7.7.2-7.7.9)

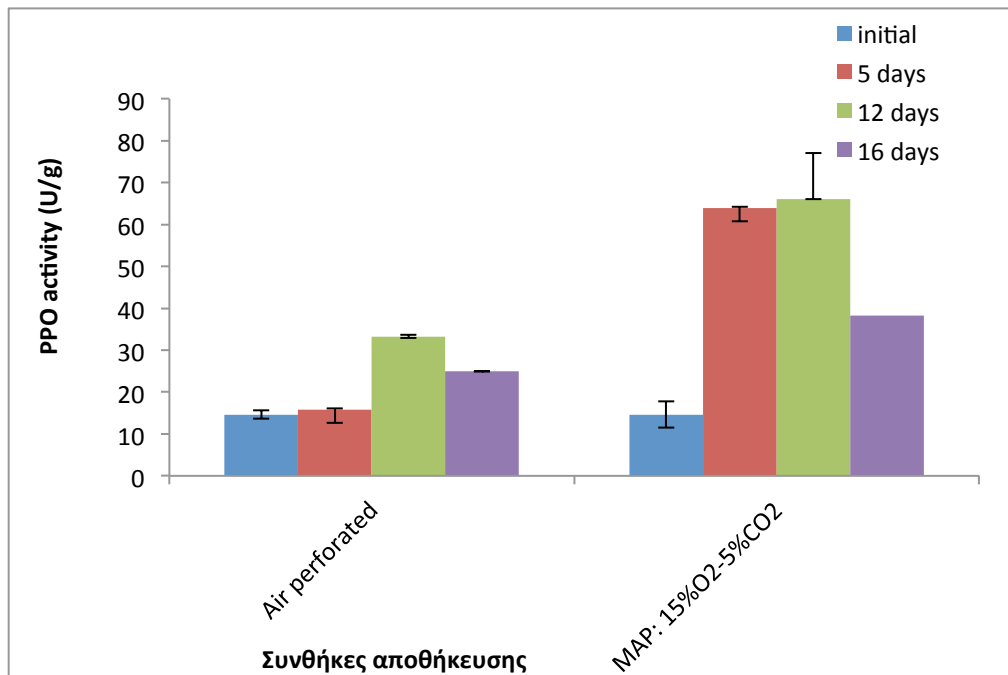
Μέσω της καμπύλης βαθμονόμησης, όπως αυτή παρουσιάζεται στο Σχήμα 45, μπορεί να εκφραστεί η ενεργότητα PPO στο ακατέργαστο εκχύλισμα ενζύμου, σε U/mL. Συγκεκριμένα, η ενζυμική ενεργότητα υπολογίζεται μέσω της εξίσωσης 7.7.1:

$$A = \frac{r + 0,0055986}{0,0018607} \quad \text{εξ. 7.7.1}$$

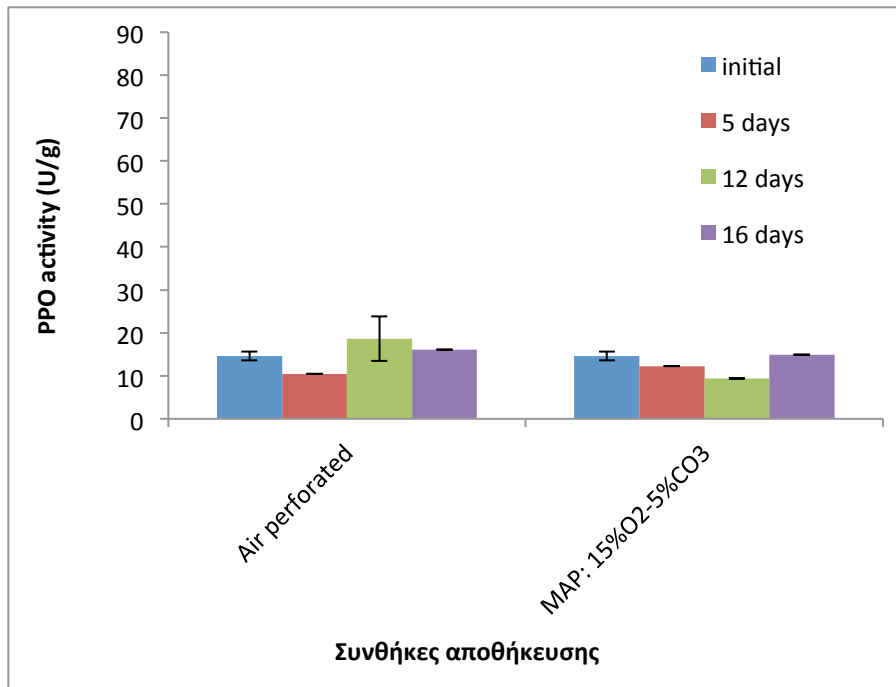
όπου

A είναι η ενεργότητα της πολυφαινολικής οξειδάσης(U/mL),

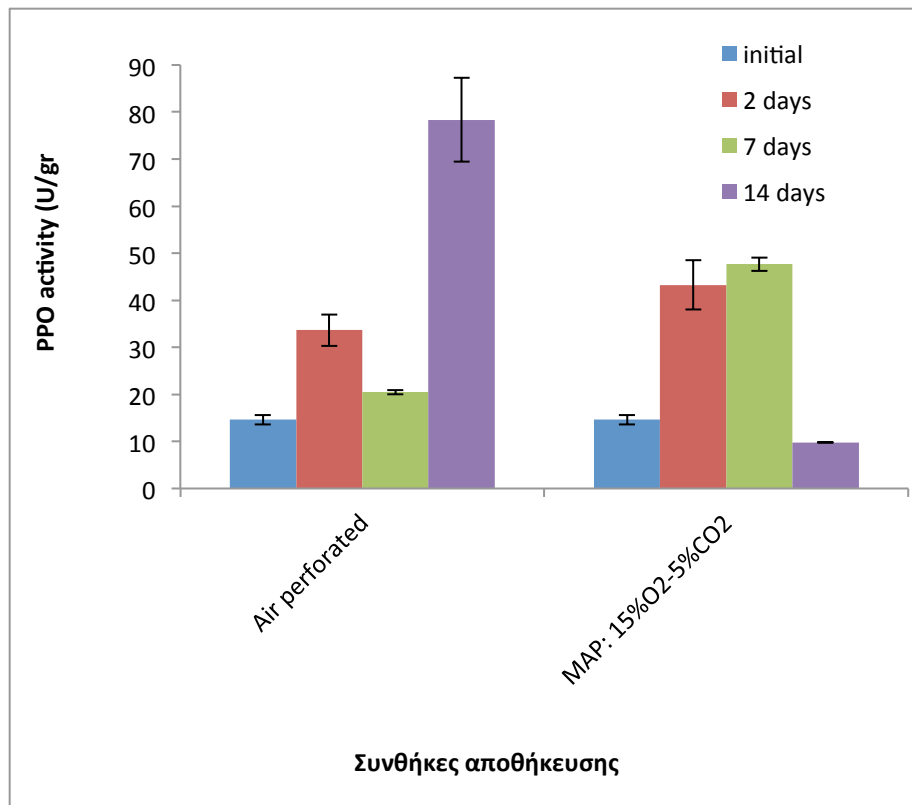
r είναι ο ρυθμός αυξανόμενης απορρόφησης( $\text{min}^{-1}$ )



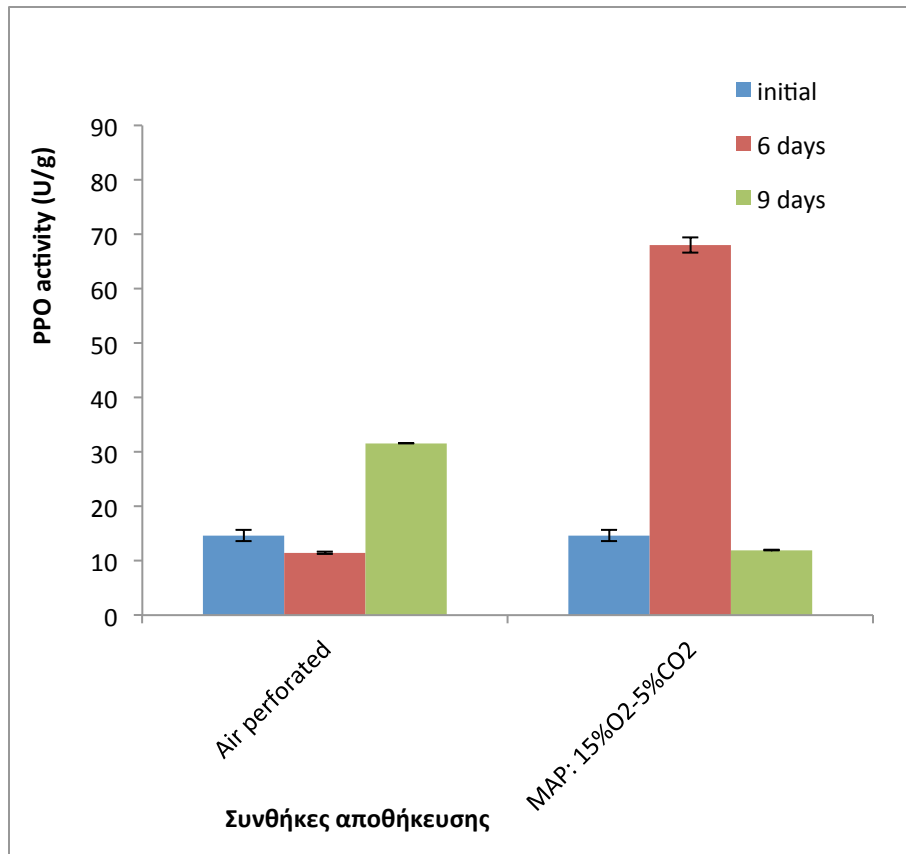
Σχήμα 7.7.2: Ενζυμική ενεργότητα PPO συναρτήσει των συνθηκών συσκευασίας στους 2°C



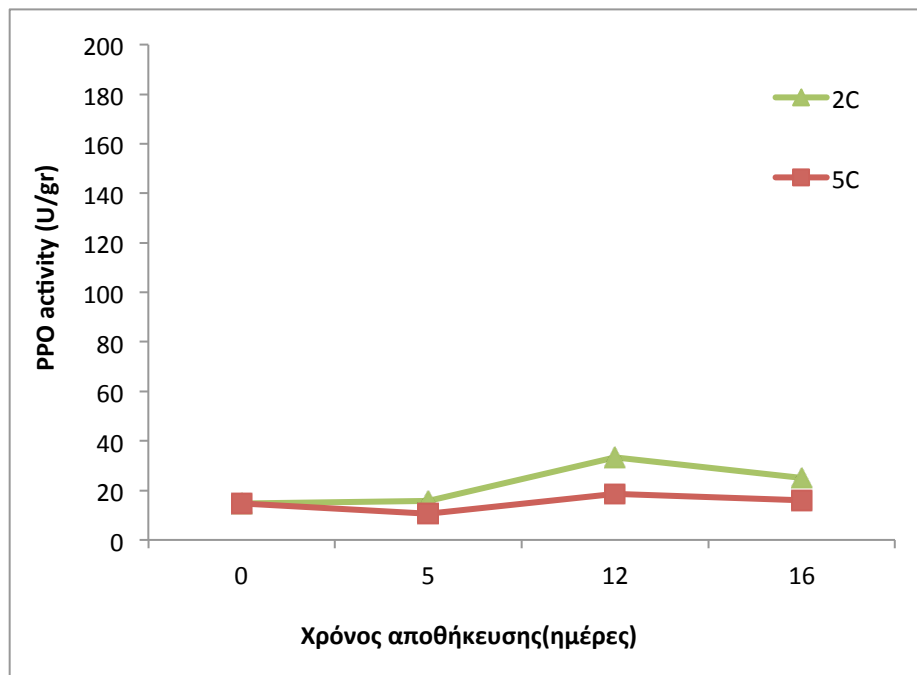
Σχήμα 7.7.3: Ενζυμική ενεργότητα PPO συναρτήσει των συνθηκών συσκευασίας στους 5°C



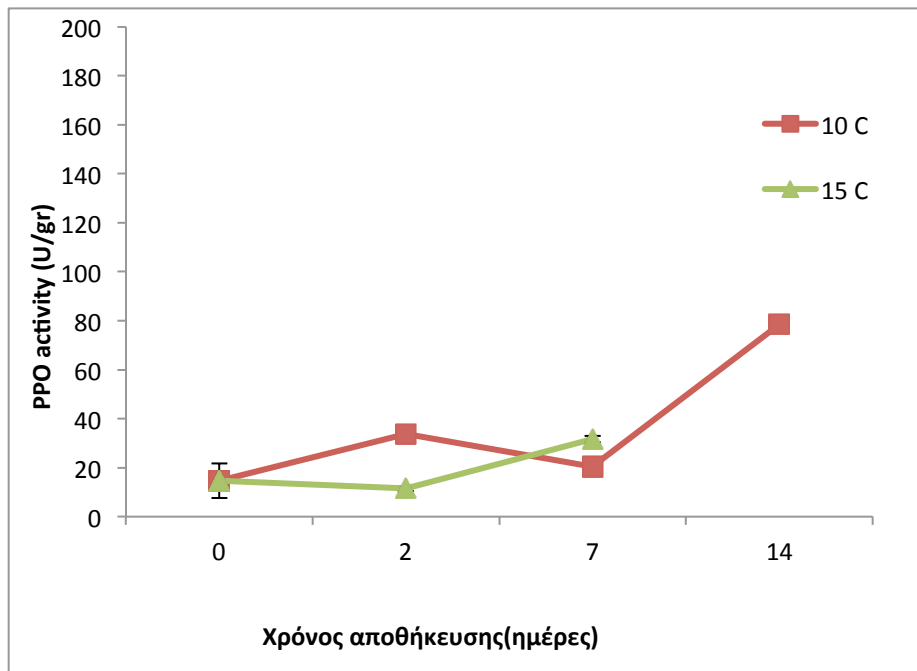
Σχήμα 7.7.4: Ενζυμική ενεργότητα PPO συναρτήσει των συνθηκών συσκευασίας στους 10°C



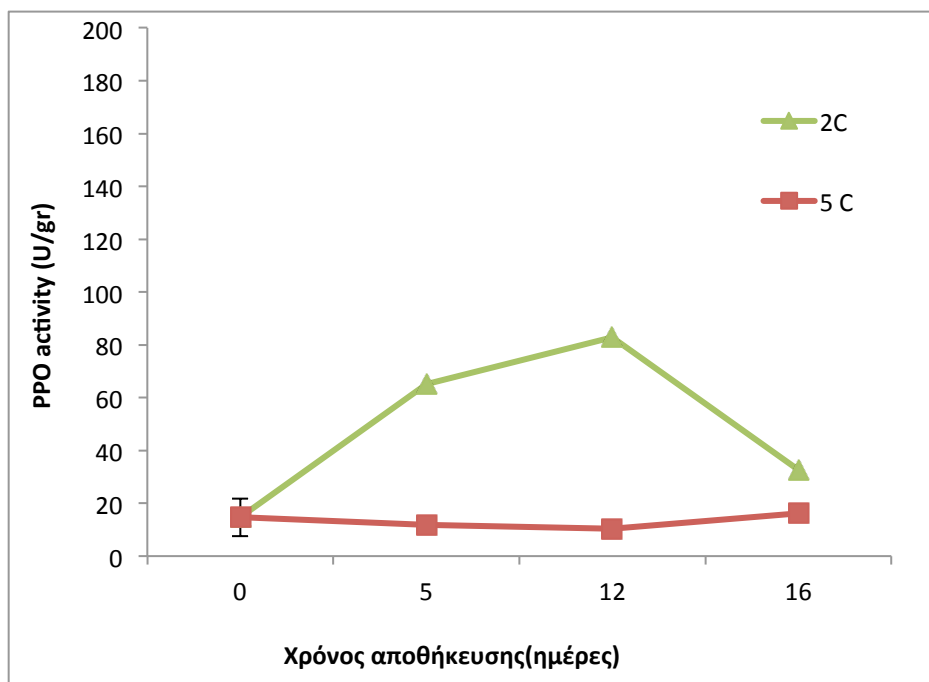
Σχήμα 7.7.5: Ενζυμική ενεργότητα PPO συναρτήσει των συνθηκών συσκευασίας στους 15°C



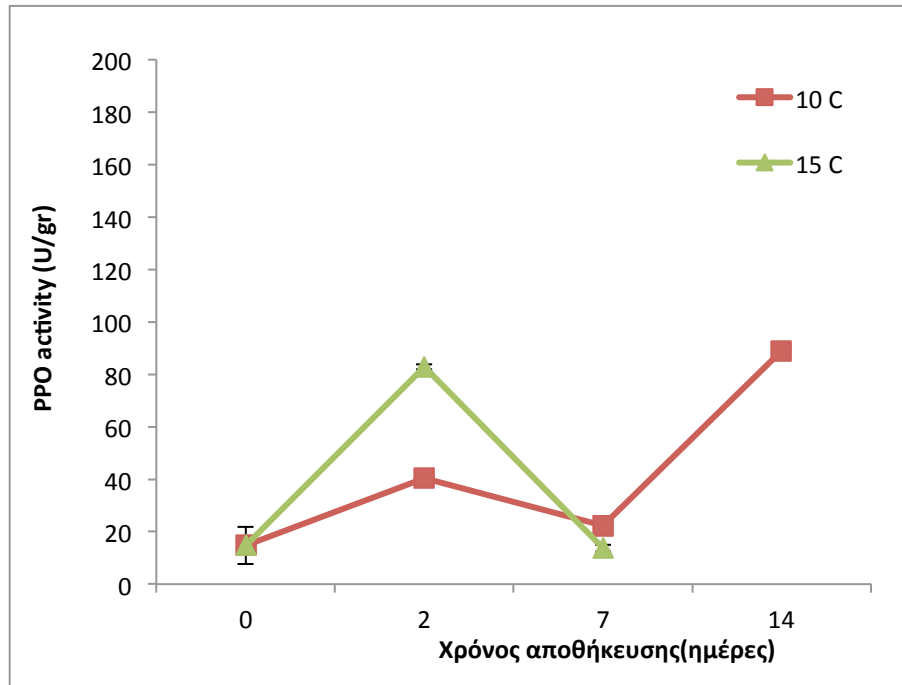
Σχήμα 7.7.6: Ενζυμική ενεργότητα PPO συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης(ημέρες) για αερόβιες συσκευασίες διάτρητου φιλμ και θερμοκρασίες 2 και 5°C



Σχήμα 7.7.7: Ενζυμική ενεργότητα PPO συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης(ημέρες) για αερόβιες συσκευασίες διάτρητου φιλμ και θερμοκρασίες 10 και 15°C



Σχήμα 7.7.8: Ενζυμική ενεργότητα PPO συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης(ημέρες) για συσκευασίες τροποποιημένης ατμόσφαιρας 5%O<sub>2</sub>-15%CO<sub>2</sub> και θερμοκρασίες 2 και 5°C

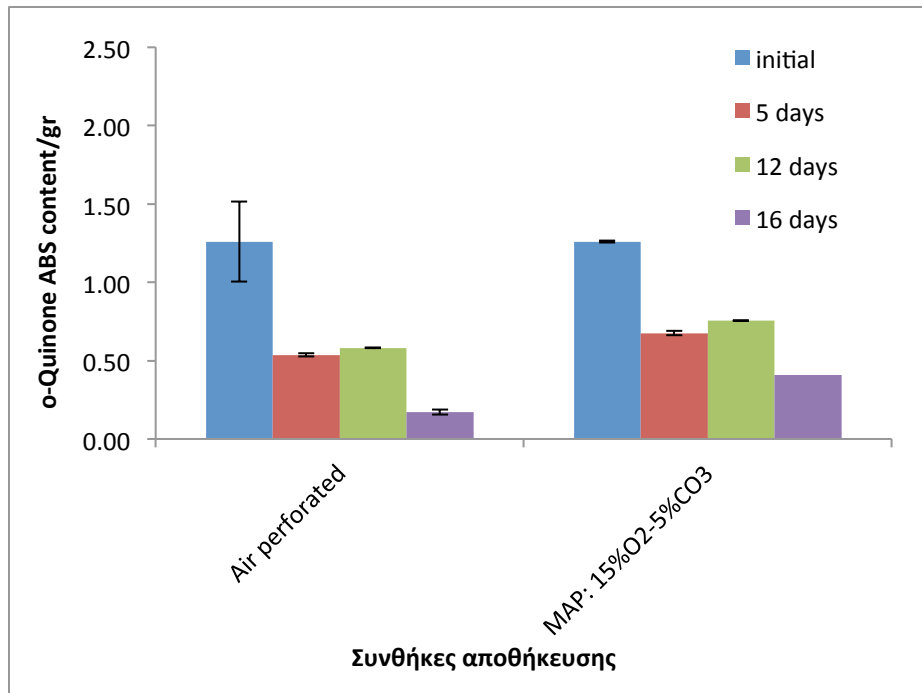


Σχήμα 7.7.9: Ενζυμική ενεργότητα PPO συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης(ημέρες) για συσκευασίες τροποποιημένης ατμόσφαιρας 5%O<sub>2</sub>-15%CO<sub>2</sub> και θερμοκρασίες 10 και 15°C

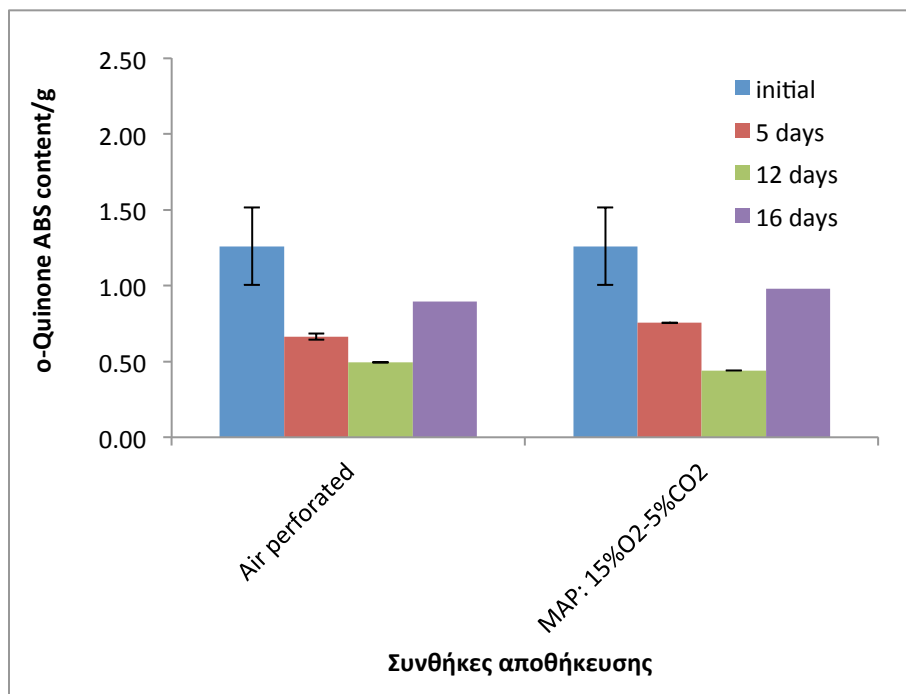
#### Υπολογισμός περιεχομένου σε ο-κινόνες

Η γραμμικότητα της αυξανόμενης απορρόφησης υπολογίζεται μέσω του σχεδιασμού της απορρόφησης( $A_{437\text{ nm}}$ ) του τελικού προς μέτρηση διαλύματος συναρτήσει της συγκέντρωσης. Σχεδιάζονται οι τιμές του περιεχομένου ABS σε ο-κινόνες συναρτήσει των συνθηκών συσκευασίας και επίσης οι τιμές του υπολειπόμενου περιεχομένου σε ο-κινόνες( $A/A_0$ ) συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης. (Σχήματα 7.7.10-7.7.17)

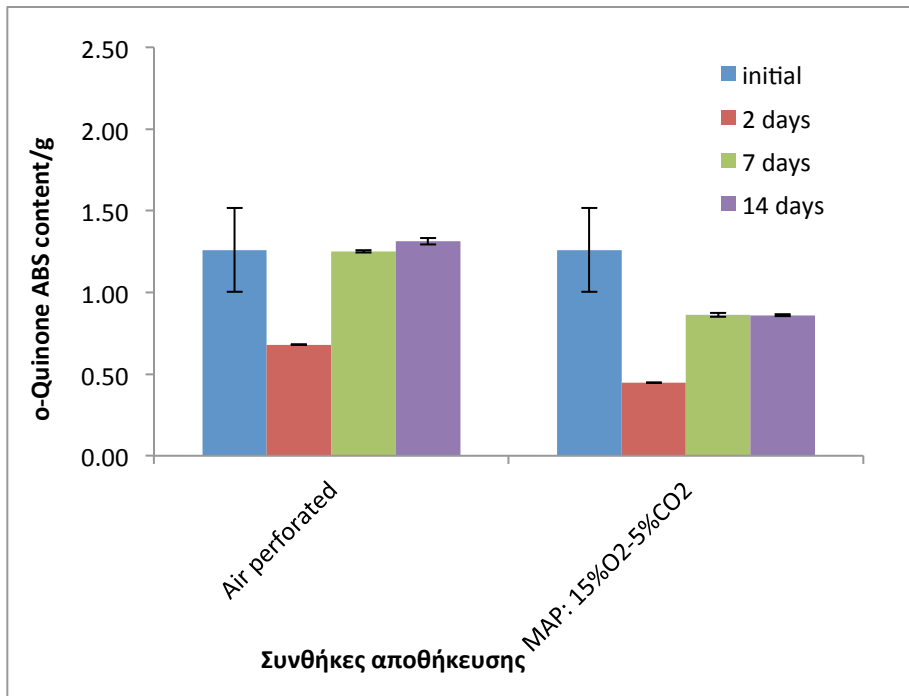




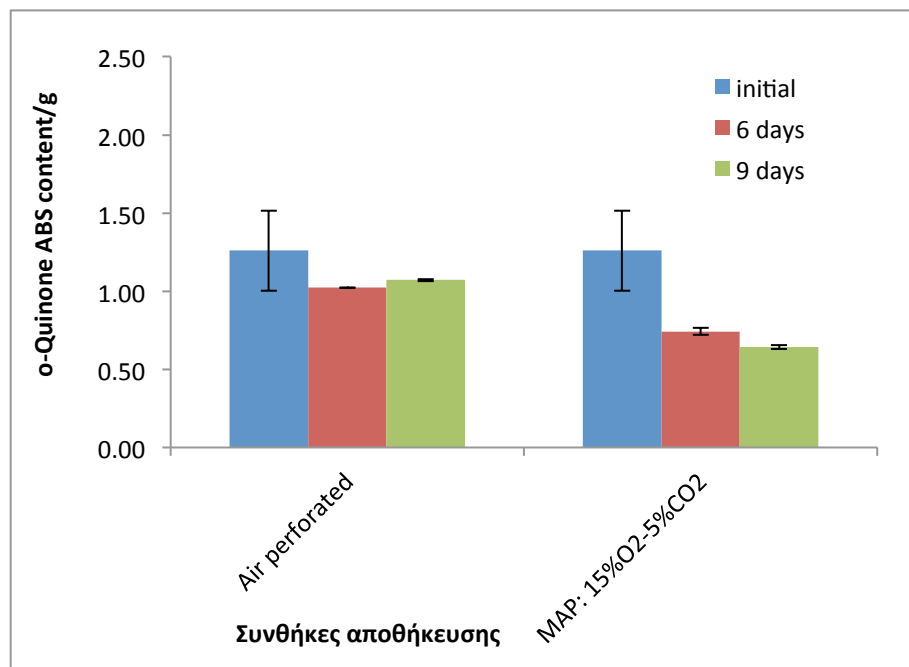
Σχήμα 7.7.10: Περιεχόμενο ABS σε ο-κινόνες συναρτήσει των συνθηκών συσκευασίας στους 2°C



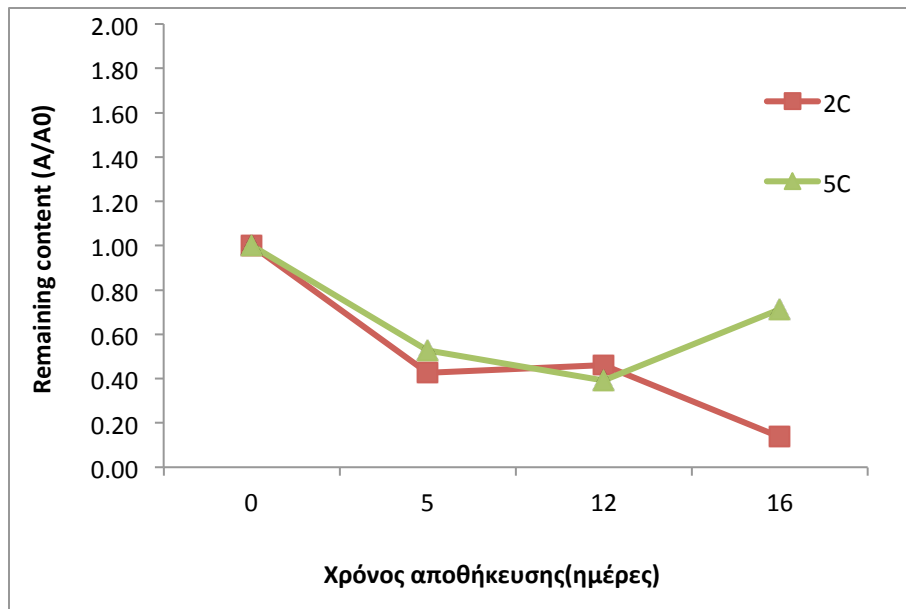
Σχήμα 7.7.11: Περιεχόμενο ABS σε ο-κινόνες συναρτήσει των συνθηκών συσκευασίας στους 5°C



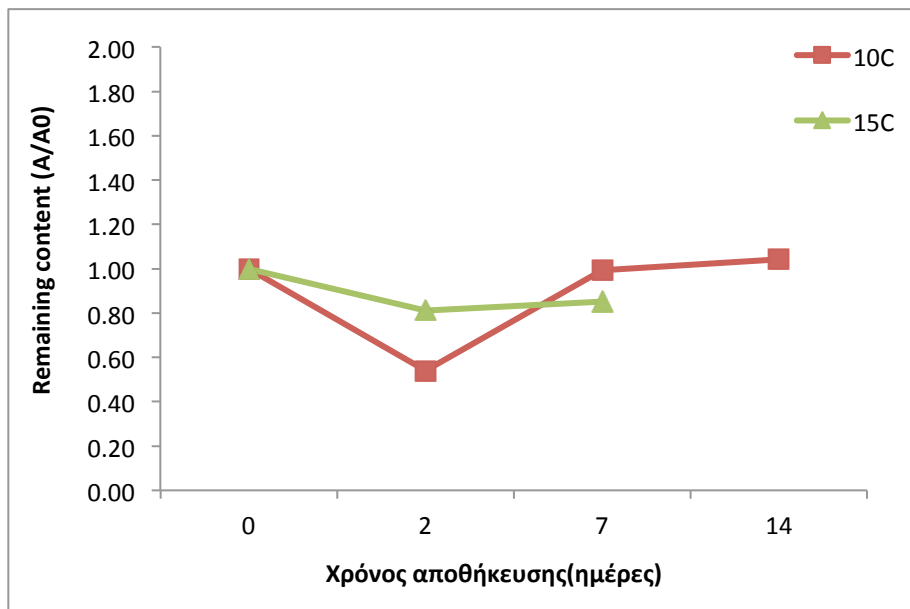
Σχήμα 7.7.12: Περιεχόμενο ABS σε ο-κινόνες συναρτήσει των συνθηκών συσκευασίας στους 10°C



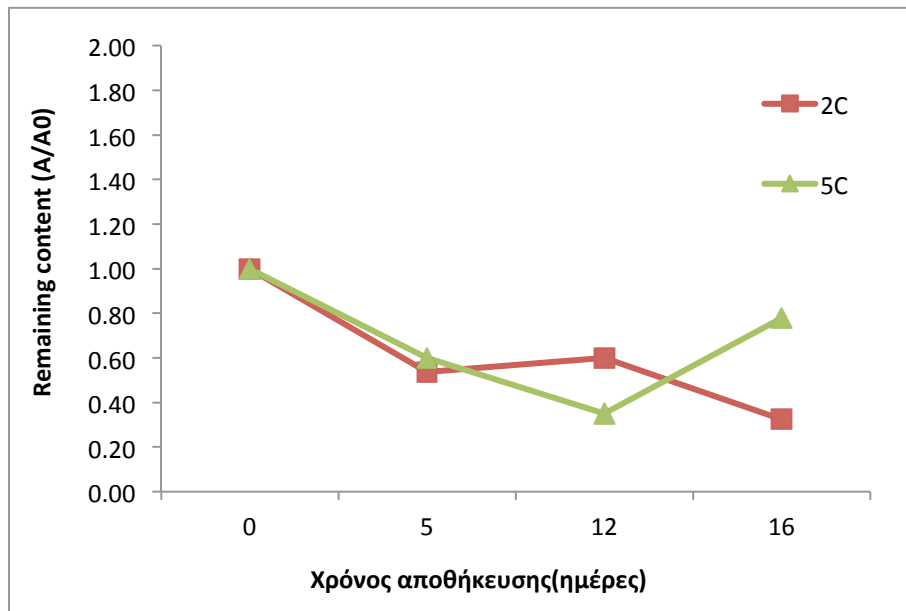
Σχήμα 7.7.13: Περιεχόμενο ABS σε ο-κινόνες συναρτήσει των συνθηκών συσκευασίας στους 15°C



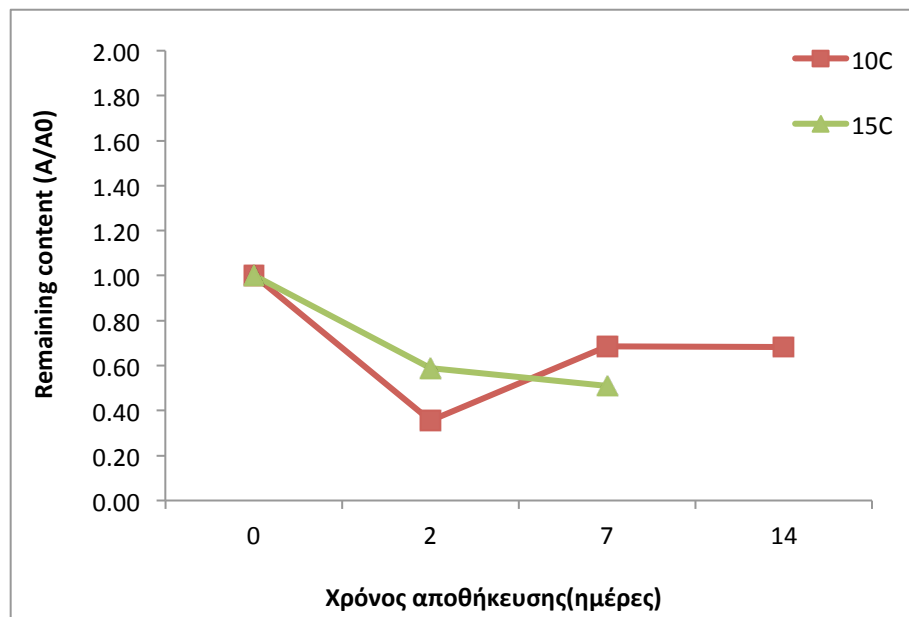
Σχήμα 7.7.14: Υπολειπόμενο περιεχόμενο σε ο-κινόνες συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης(ημέρες) για αερόβιες συσκευασίες διάτρητου φιλμ και θερμοκρασίες 2 και 5°C



Σχήμα 7.7.15: Υπολειπόμενο περιεχόμενο σε ο-κινόνες συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης(ημέρες) για αερόβιες συσκευασίες διάτρητου φιλμ και θερμοκρασίες 10 και 15°C



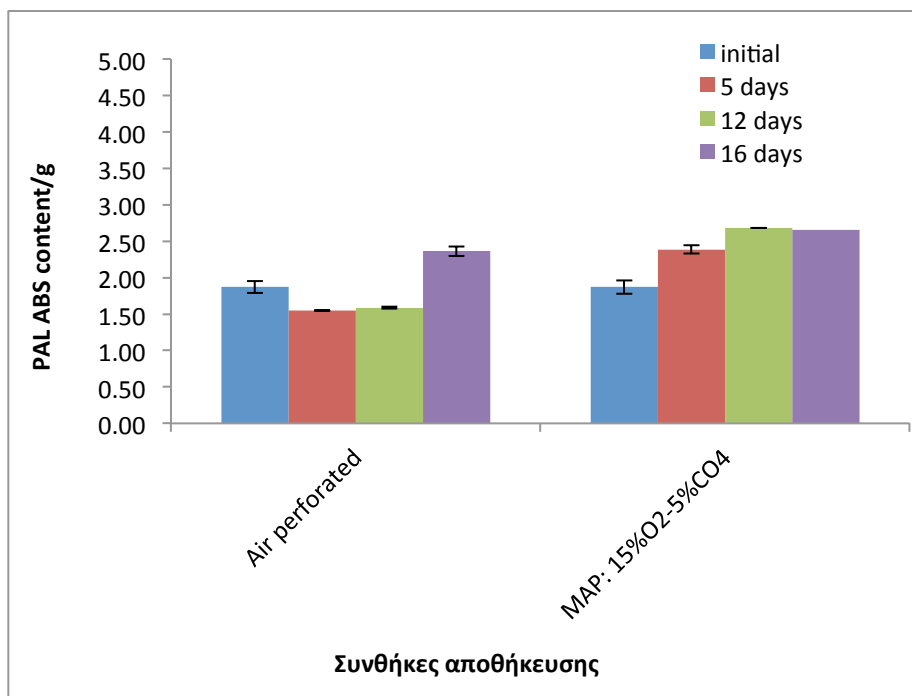
Σχήμα 7.7.16: Υπολειπόμενο περιεχόμενο σε ο-κινόνες συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης(ημέρες) για συσκευασίες τροποποιημένης ατμόσφαιρας 5%O<sub>2</sub>-15%CO<sub>2</sub> και θερμοκρασίες 2 και 5°C



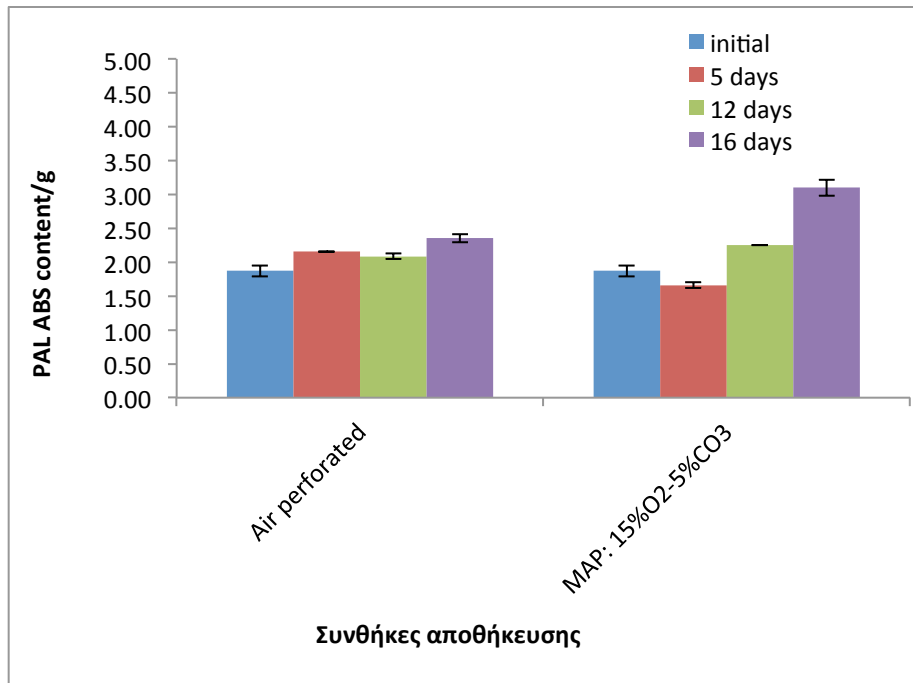
Σχήμα 7.7.17: Υπολειπόμενο περιεχόμενο σε ο-κινόνες συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης(ημέρες) για συσκευασίες τροποποιημένης ατμόσφαιρας 5%O<sub>2</sub>-15%CO<sub>2</sub> και θερμοκρασίες 10 και 15°C

## Υπολογισμός ενζυμικής ενεργότητας αμμωνιακής λύσης της φαινυλαλανίνης(PAL)

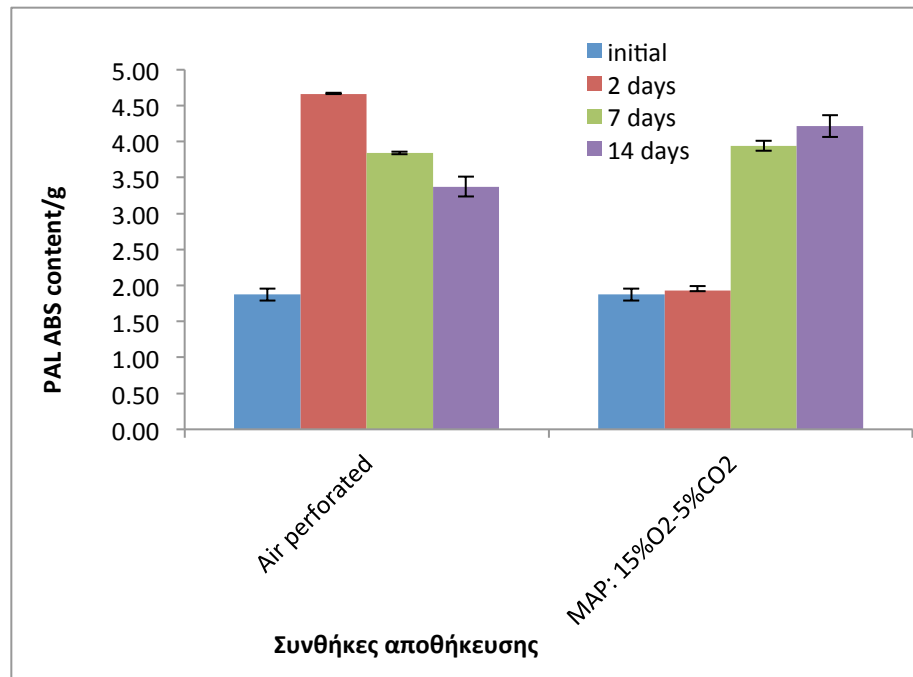
Η γραμμικότητα της απορρόφησης υπολογίζεται μέσω του σχεδιασμού της απορρόφησης( $A_{290\text{nm}}$ ) του τελικού προς μέτρηση διαλύματος, συναρτήσει της συγκέντρωσης. Σχεδιάζονται οι τιμές της ενεργότητας ABS της PAL/g δείγματος συναρτήσει των συνθηκών συσκευασίας και οι τιμές της εναπομείνουσας ενζυμικής ενεργότητας PAL ( $A/A_0$ ) συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης(ημέρες). (Σχήματα 7.7.18-7.7.25)



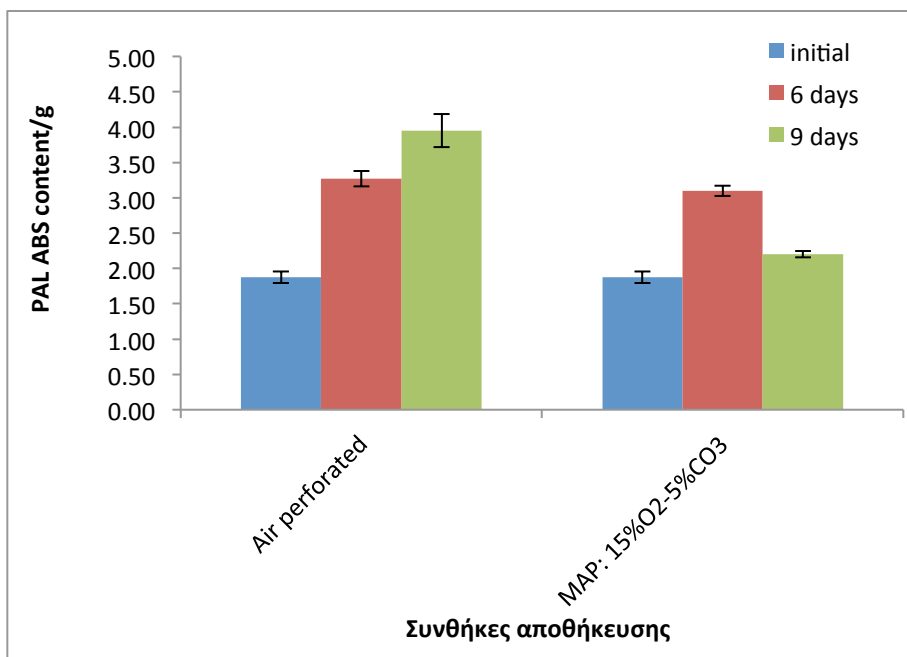
Σχήμα 7.7.18: Περιεχόμενο ABS σε αμμωνιακή λύση της φαινυλαλανίνης/g συναρτήσει των συνθηκών συσκευασίας στους 2°C



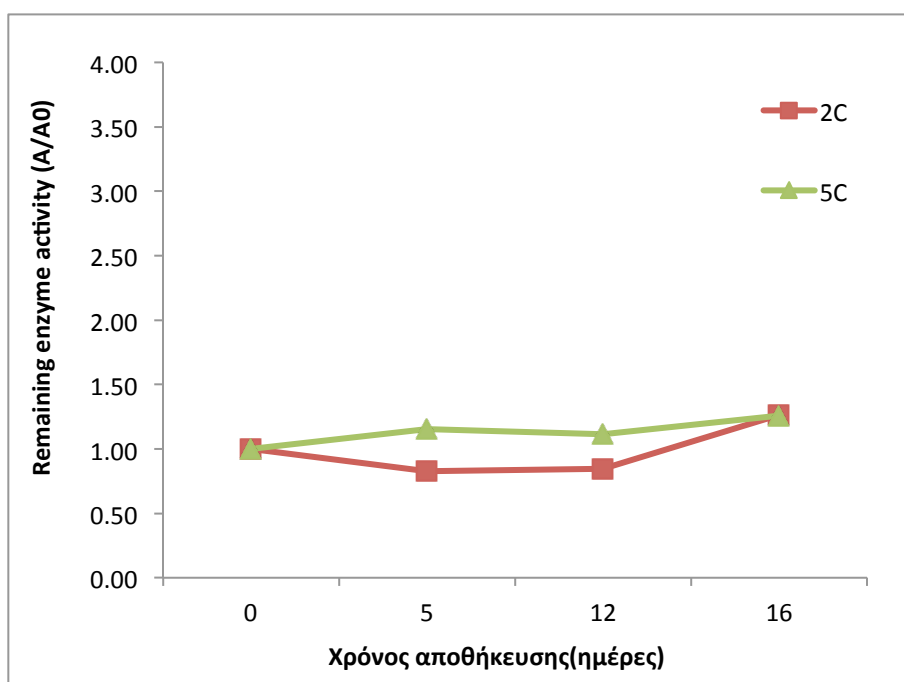
Σχήμα 7.7.19: Περιεχόμενο ABS σε αμμωνιακή λύαση της φαινυλαλανίνης/g συναρτήσεϊ των συνθηκών συσκευασίας στους 5°C



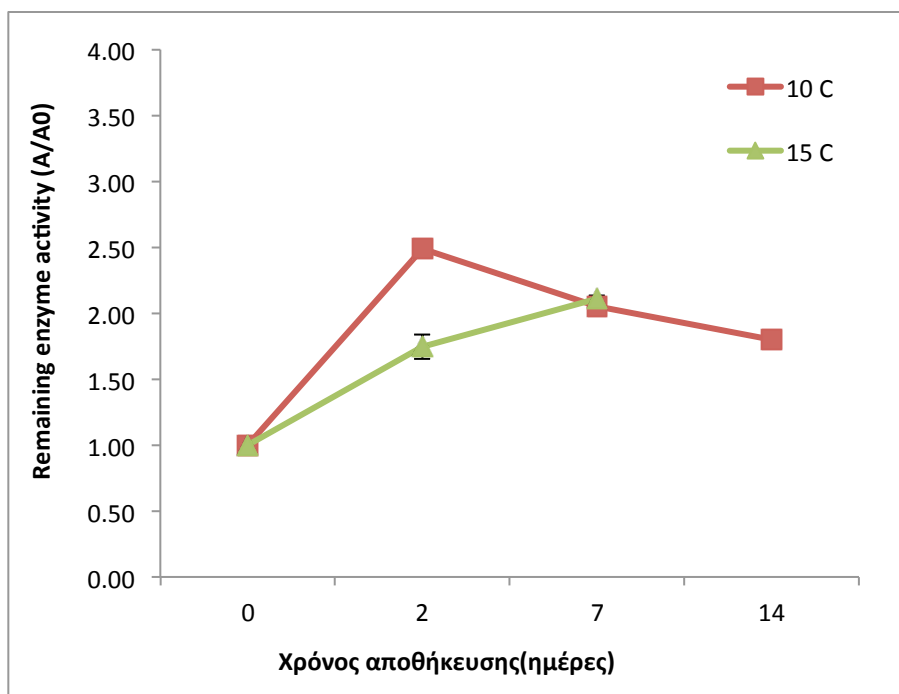
Σχήμα 7.7.20: Περιεχόμενο ABS σε αμμωνιακή λύαση της φαινυλαλανίνης/g συναρτήσεϊ των συνθηκών συσκευασίας στους 10°C



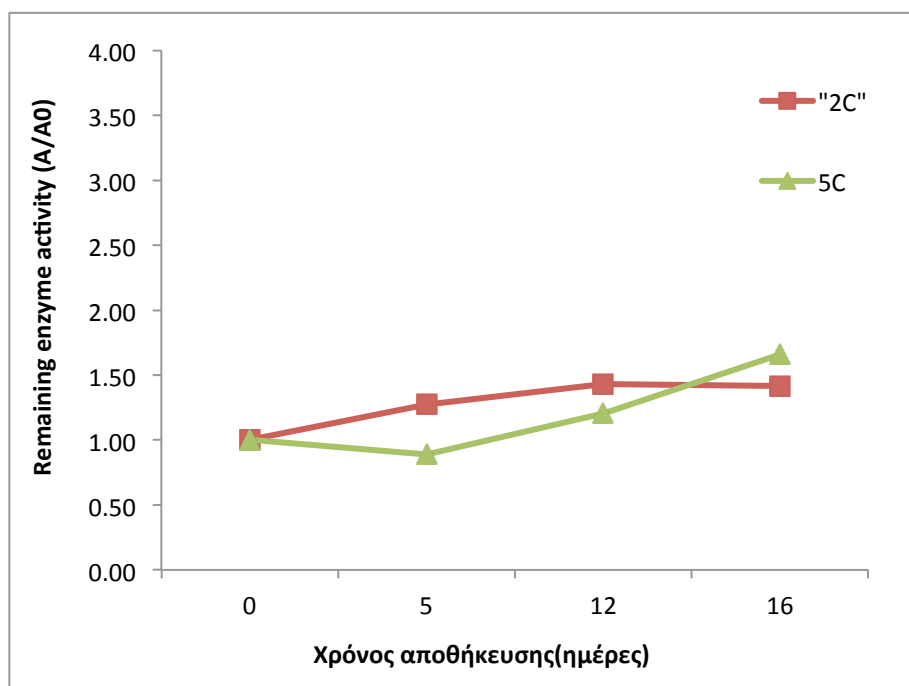
Σχήμα 7.7.21: Περιεχόμενο ABS σε αμμωνιακή λύση της φαινυλαλανίνης/g συναρτήσει των συνθηκών συσκευασίας στους 15°C



Σχήμα 7.7.22: Υπολειπόμενη ενζυμική ενεργότητα της αμμωνιακής λύσης της φαινυλαλανίνης συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης(ημέρες) για αερόβιες συσκευασίες διάτρητου φιλμ και θερμοκρασίες 2 και 5°C

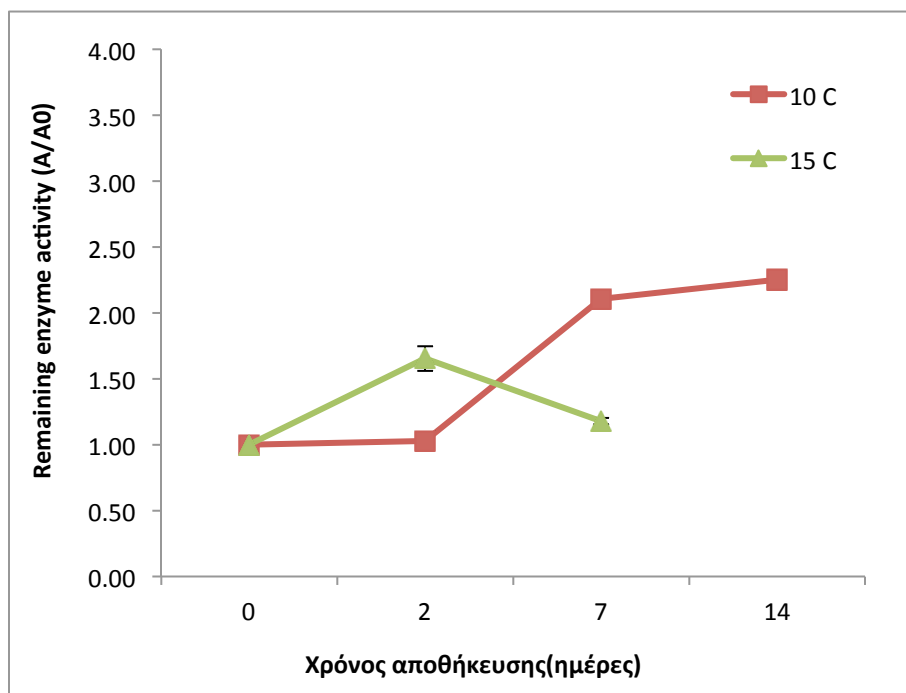


Σχήμα 7.7.23: Υπολειπόμενη ενζυμική ενεργότητα της αμμωνιακής λύσης της φαινυλαλάνινης συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης(ημέρες) για αερόβιες συσκευασίες διάτρητου φιλμ και θερμοκρασίες 10 και 15°C



Σχήμα 7.7.24: Υπολειπόμενη ενζυμική ενεργότητα της αμμωνιακής λύσης της φαινυλαλάνινης συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης(ημέρες) για συσκευασίες τροποποιημένης ατμόσφαιρας 5%O<sub>2</sub>-15%CO<sub>2</sub> και θερμοκρασίες 2 και 5°C





Σχήμα 7.7.25: Υπολειπόμενη ενζυμική ενεργότητα της αμμωνιακής λύασης της φαινυλαανίνης συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης(ημέρες) για συσκευασίες τροποποιημένης ατμόσφαιρας 5%O<sub>2</sub>-15%CO<sub>2</sub> και θερμοκρασίες 10 και 15°C

Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζονται τα δεδομένα που προκύπτουν για τους ρυθμούς της μεταβολής της αμμωνιακής λύασης της φαινυλαανίνης ( $\text{days}^{-1}$ ), κατά την πρωτογενή μοντελοποίηση για τις αερόβιες συνθήκες συσκευασίας και όλες τις θερμοκρασίες συντήρησης.

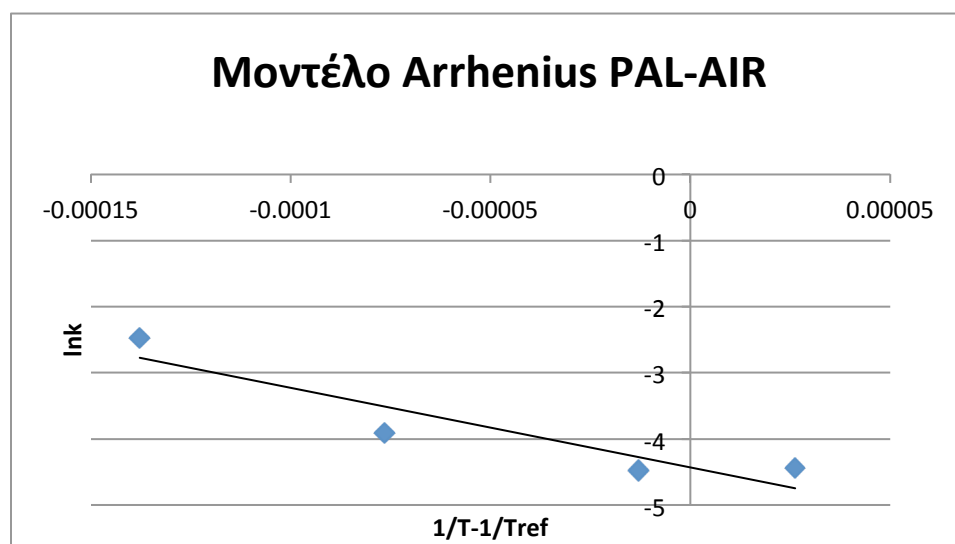
Πίνακας 7.7.26: Δεδομένα ρυθμών μεταβολής της αμμωνιακής λύασης της φαινυλαανίνης  $k_{PAL}(\text{days}^{-1})$  για τα δείγματα ραδικιού που συσκευάζονται στην εμπορική αερόβια συσκευασία διάτρητου φιλμ. Οι τιμές στις παρενθέσεις αντιπροσωπεύουν τα  $R^2$  που έχουν υπολογιστεί.

Ποιοτική παράμετρος	2°C	5°C	10°C	15°C
Ρυθμός μεταβολής αμμωνιακής λύασης της φαινυλαανίνης $k_{PAL}(\text{days}^{-1})$	0.0118±0.0022 (0.9995)	0.0113±0.0019 (0.9345)	0.0200±0.0045 (0.9289)	0.0844±0.0078 (0.9931)

## Δευτερογενής μοντελοποίηση της αμμωνιακής λυάσης της φαινυλαλανίνης(PAL)

Οι ρυθμοί μεταβολής της αμμωνιακής λυάσης της φαινυλαλανίνης των δειγμάτων που υπολογίστηκαν στην πρωτογενή μοντελοποίηση προηγουμένως, προσαρμόζονται σε εξίσωση της μορφής  $y=ax+b$ , η οποία αντιστοιχείται με την γραμμικοποιημένη μορφή της εξίσωσης που προκύπτει από την εξίσωση Arrhenius. Έτσι, η εξάρτηση της μεταβολής της αμμωνιακής λυάσης της φαινυλαλανίνης από την θερμοκρασία μπορεί να ποσοτικοποιηθεί, με την εφαρμογή της εξίσωσης Arrhenius και με τον τρόπο αυτό υπολογίζεται η ενέργεια ενεργοποίησης για την μεταβολή της αμμωνιακής λυάσης της φαινυλαλανίνης για τα δείγματα ραδικιού που εξετάστηκαν.

Ακολούθως παρουσιάζεται το διάγραμμα των ρυθμών μεταβολής της αμμωνιακής λυάσης της φαινυλαλανίνης συναρτήσει της θερμοκρασίας συντήρησης, όπως επίσης και η ενέργεια ενεργοποίησης και η σταθερά του ρυθμού υπολογιζόμενες βάσει του μοντέλου Arrhenius, για τα δείγματα ραδικιού και για τις αερόβιες συσκευασίες διάρτητου φιλμ. (Σχήμα 7.7.27, Πίνακας 7.7.28)



Σχήμα 7.7.27: Διάγραμμα Arrhenius για την μεταβολή της αμμωνιακής λυάσης της φαινυλαλανίνης συναρτήσει της θερμοκρασίας συντήρησης ( $T_{ref}=4^{\circ}C$ ), για τα συσκευασμένα σε αερόβιες συσκευασίες διάρτητου φιλμ, δείγματα ραδικιού

Πίνακας 7.7.28: Ενέργεια ενεργοποίησης και σταθερά ρυθμού στην θερμοκρασία αναφοράς(4°C)για την μεταβολή της αμμωνιακής λύσης της φαινυλαλανίνης σε συσκευασίες αερόβιες διάτρητου φιλμ

	$E_A$ (kJ/mol)	Σταθερά ρυθμού $k_{ref}$ (days <sup>-1</sup> )	$R^2$
Αμμωνιακή λύση της φαινυλαλανίνης(PAL)	100,1±34,8	0,012±0,006	0,9859

### 7.8 Κινητική μελέτη απώλειας σε βιταμίνη C των δειγμάτων

Βάσει των πειραματικών μετρήσεων επιβεβαιώνεται το γεγονός ότι η φύση των ωμών λαχανικών είναι ιδιαίτερα ανομοιογενής και συγκεκριμένα αντανακλάται στην σημαντική μεταβλητότητα της αρχικής θρεπτικής αξίας. Επομένως, χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή στην εξαγωγή αποκλειστικά μίας μοναδικής τιμής για το αρχικό περιεχόμενο σε βιταμίνη C( $C_0$ ).

Η κινητική μεταβολής της απώλειας σε βιταμίνη C, ακολουθεί κινητική 1<sup>ης</sup> τάξης, η οποία εκφράζεται μέσω της εξίσωσης 7.8.1:

$$C = C_0 e^{-k_{vitC}t} \quad \text{εξ. 7.8.1}$$

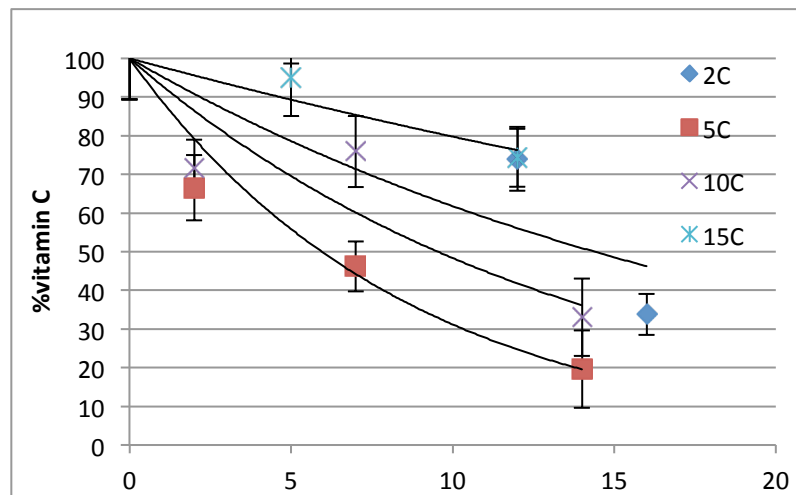
όπου

C η συγκέντρωση της βιταμίνης C(mg/100 g) σε χρόνο t

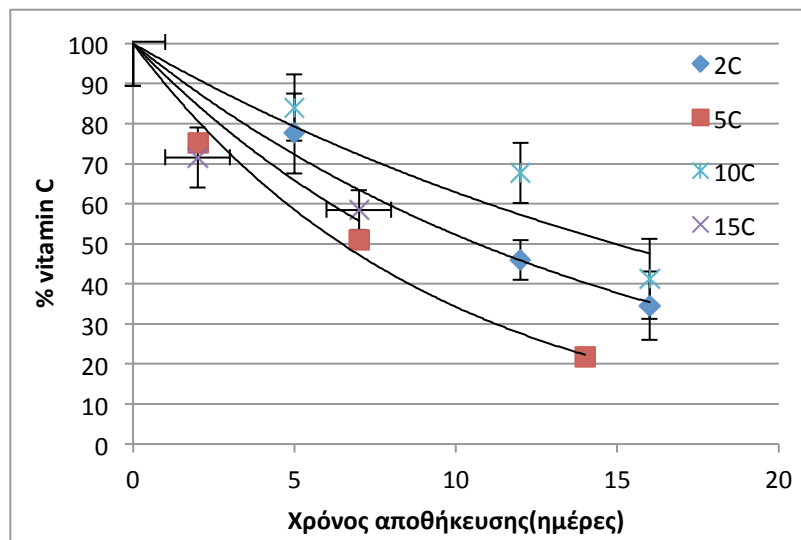
$C_0$  η αρχική συγκέντρωση της βιταμίνης C(mg/100 g) σε χρόνο 0

$k_{vitC}$  η σταθερά του ρυθμούς της απώλειας σε βιταμίνη C(days<sup>-1</sup>)

Στα ακόλουθα διαγράμματα παρουσιάζεται η κινητική μεταβολής της απώλειας σε βιταμίνης C συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης, και στον πίνακα παρουσιάζονται οι ρυθμοί που υπολογίζονται μέσω των διαγραμμάτων. (Σχήματα 7.8.2-7.8.3, Πίνακες 7.8.4 και 7.8.5)



Σχήμα 7.8.2: Εξέλιξη του ρυθμού μεταβολής της απώλειας σε βιταμίνη C του ραδικιού συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης (ημέρες) για τις αερόβιες συνθήκες συσκευασίας διάτρητου φιλμ



Σχήμα 7.8.3: Εξέλιξη του ρυθμού απώλειας σε βιταμίνη C των δειγμάτων ραδικιού συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης (ημέρες) για τις συνθήκες τροποποιημένης ατμόσφαιρας 5%O<sub>2</sub>-15%CO<sub>2</sub>

Πίνακας 7.8.4: Δεδομένα ρυθμών μεταβολής της απώλειας σε βιταμίνη C  $k_{vitC}(\text{days}^{-1})$  για τα δείγματα ραδικιού που συσκευάζονται στην εμπορική αερόβια συσκευασία διάτρητου φιλμ. Οι τιμές στις παρενθέσεις αντιπροσωπεύουν τα  $R^2$  που έχουν υπολογιστεί.

Ποιοτική παράμετρος	2°C	5°C	10°C	15°C
Ρυθμός μεταβολής απώλειας σε βιταμίνη C $k_{vitC}(\text{days}^{-1})$	0.0230±0.0018 (0.9795)	0.0453±0.0037 (0.9395)	0.1170±0.0088 (0.9989)	0.1830±0.0190 (0.9631)

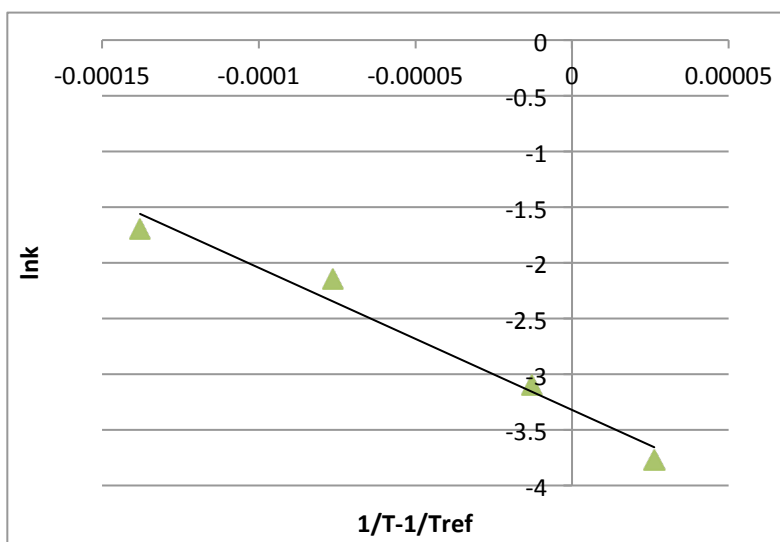
Πίνακας 7.8.5: Δεδομένα ρυθμών μεταβολής της απώλειας σε βιταμίνη C  $k_{vitc}$  ( $days^{-1}$ ) για τα δείγματα ραδικιού που συσκευάζονται στην συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας 5%O<sub>2</sub>-5%CO<sub>2</sub>. Οι τιμές στις παρενθέσεις αντιπροσωπεύουν τα R<sup>2</sup> που έχουν υπολογιστεί.

Ποιοτική παράμετρος	2°C	5°C	10°C	15°C
Ρυθμός μεταβολής αντοχής σε διάρρηξη ( $k_{texture}$ ) ( $days^{-1}$ )	0.0461±0.0032 (0.9291)	0.0655±0.0055 (0.9143)	0.1070±0.0088 (0.9357)	0.1781±0.0095 (0.9999)

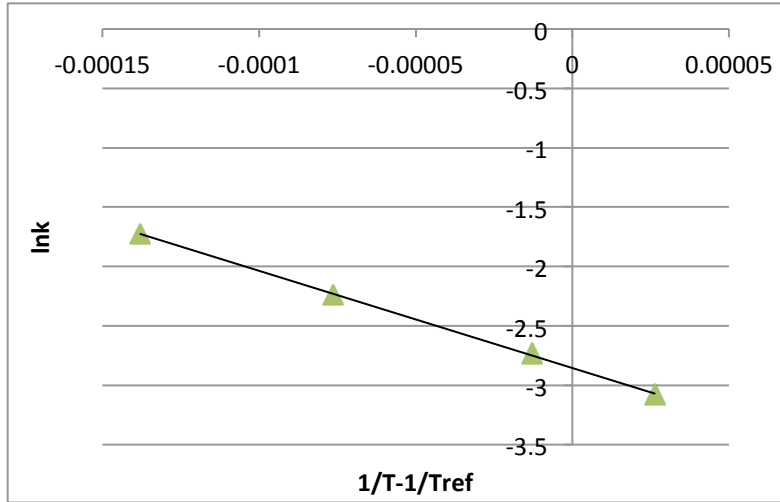
Δευτερογενής μοντελοποίηση της απώλειας σε βιταμίνη C

Οι ρυθμοί μεταβολής της απώλειας σε βιταμίνη C των δειγμάτων που υπολογίστηκαν στην πρωτογενή μοντελοποίηση προηγουμένως, προσαρμόζονται σε εξίσωση της μορφής  $y=ax+b$ , η οποία αντιστοιχείται με την γραμμικοποιημένη μορφή της εξίσωσης που προκύπτει από την εξίσωση Arrhenius. Έτσι, η εξάρτηση της μεταβολής της απώλειας σε βιταμίνη C από την θερμοκρασία μπορεί να ποσοτικοποιηθεί, με την εφαρμογή της εξίσωσης Arrhenius και με τον τρόπο αυτό υπολογίζεται η ενέργεια ενεργοποίησης για την μεταβολή της απώλειας σε βιταμίνη C για τα δείγματα ραδικιού που εξετάστηκαν.

Ακολούθως παρουσιάζεται το διάγραμμα των ρυθμών μεταβολής της απώλειας σε βιταμίνη C συναρτήσεως της θερμοκρασίας συντήρησης, όπως επίσης και η ενέργεια ενεργοποίησης και η σταθερά του ρυθμού υπολογιζόμενες βάσει του μοντέλου Arrhenius, για τα δείγματα ραδικιού και για τα 2 είδη συσκευασίας. (Σχήμα 7.8.6-7.8.7 Πίνακας 7.8.8-7.8.9)



Σχήμα 7.8.6: Διάγραμμα Arrhenius για την μεταβολή της απώλειας σε βιταμίνη C συναρτήσει της θερμοκρασίας συντήρησης ( $T_{ref}=4^{\circ}C$ ), για τα συσκευασμένα σε αερόβιες συσκευασίες διάτρητου φιλμ, δείγματα ραδικιού



Σχήμα 7.8.7: Διάγραμμα Arrhenius για την μεταβολή της απώλειας σε βιταμίνη C συναρτήσει της θερμοκρασίας συντήρησης ( $T_{ref}=4^{\circ}C$ ), για τα συσκευασμένα σε συνθήκες τροποποιημένης ατμόσφαιρας 5%O<sub>2</sub>-15%CO<sub>2</sub>, δείγματα ραδικιού

Πίνακας 7.8.8: Ενέργειες ενεργοποίησης και σταθερές ρυθμού στην θερμοκρασία αναφοράς(4°C)για την μεταβολή της απώλειας σε βιταμίνη C σε συσκευασίες αερόβιες διάτρητου φιλμ

	$E_A(kJ/mol)$	Σταθερά ρυθμού $k_{ref}(days^{-1})$	$R^2$
Απώλεια σε βιταμίνη C	106,1±12,8	0,0361±0,0006	0,9715

Πίνακας 7.8.9: Ενέργειες ενεργοποίησης και σταθερές ρυθμού στην θερμοκρασία αναφοράς (4°C) για την μεταβολή της απώλειας σε βιταμίνη C σε συσκευασίες τροποποιημένης ατμόσφαιρας 5%O<sub>2</sub>-15%CO<sub>2</sub>

	E <sub>A</sub> (kJ/mol)	Σταθερά k <sub>ref</sub> (days <sup>-1</sup> )	ρυθμού R <sup>2</sup>
Απώλεια σε βιταμίνη C	68,05±8,2	0,0575±0,0004	0,9996

Από τα αποτελέσματα της δευτερογενούς μοντελοποίησης της απώλειας σε βιταμίνη C, προκύπτει ότι τα δείγματα που συσκευάζονται σε αερόβιες συσκευασίες εμφανίζουν μεγαλύτερη τιμή ενέργειας ενεργοποίησης σε σχέση με αυτά στις συσκευασίες τροποποιημένης ατμόσφαιρας, δηλαδή ο ρυθμός τους για την απώλεια σε βιταμίνη C είναι περισσότερο ευαίσθητος ως προς την θερμοκρασία.

### 7.9 Σύγκριση Πειραματικών και Προβλεπόμενων τιμών

Τα παραπάνω κινητικά μοντέλα που υπολογίζονται μέσω της τροποποιημένης εξίσωσης Arrhenius, επικυρώνονται σε δυναμικές συνθήκες αποθήκευσης. Προκειμένου να αποδειχθεί η ολοκληρωμένη επίδραση της μεταβλητότητας της θερμοκρασίας στην ποιότητα του προϊόντος, εισάγεται ο όρος της «δραστηκής θερμοκρασίας»(T<sub>eff</sub>)(Giannakourou and Taoukis, 2003). Το T<sub>eff</sub> που ορίζεται ως η σταθερή θερμοκρασία που έχει σαν αποτέλεσμα την ίδια τιμή ποιότητας με την μεταβαλλόμενη κατανομή της θερμοκρασίας κατά την ίδια χρονική περίοδο, βασίζεται στο μοντέλο Arrhenius και ενσωματώνει σε μια τιμή την επίδραση του μεταβαλλόμενου θερμοκρασιακού προφίλ. Η ποιοτική αλλαγή υπό μεταβαλλόμενες θερμοκρασιακές συνθήκες T(t) για χρόνο t<sub>tot</sub> μπορεί να υπολογιστεί μέσω των εξισώσεων 7.9.1 και 7.9.2:

$$\ln \frac{C_{i,t_{tot}}}{C_{0,i}} = \int_0^{t_{tot}} k_i(T(t))dt = k_{i,eff}t_{tot} \quad \text{εξ. 7.9.1}$$

$$C_{i,t_{tot}} = \int_0^{t_{tot}} C_{0,i} - k_i(T(t))dt \quad \text{εξ. 7.9.2}$$

η πρώτη εξίσωση χρησιμοποιείται για όσα δεδομένα εφαρμόζεται εκθετική εξίσωση και η δεύτερη για όσα εφαρμόζεται γραμμική εξίσωση, όπου

C<sub>i, tot</sub> η τιμή της ποιοτικής παραμέτρου σε χρόνο t

C<sub>0,i</sub> η τιμή της παραμέτρου σε χρόνο 0

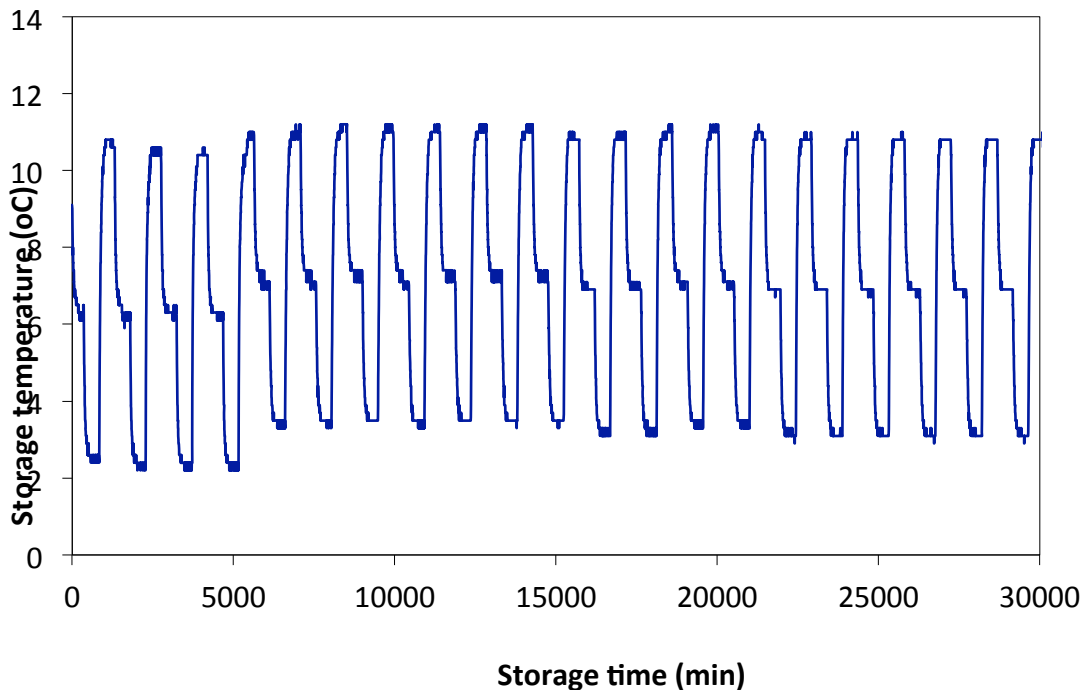
k<sub>i</sub> ο υπολογιζόμενος ρυθμός μεταβολής της ποιοτικής παραμέτρου

$k_{eff}$  η τιμή του ρυθμού μεταβολής της ποιοτικής παραμέτρου στην δραστική θερμοκρασία

Εάν το προφίλ της θερμοκρασίας είναι βηματική αλληλουχία, όπως στα συγκεκριμένα πειράματα, ή διακριτοποιείται σε μικρά χρονικά διαστήματα  $t_i$  της σταθερής θερμοκρασίας  $T_i$ , όπου  $\sum t_i = t_{tot}$ , τότε η εξίσωση 89 μπορεί ισοδύναμα να μετατραπεί στην εξής εξίσωση:

$$k_{i,ref} \sum_i \left[ \exp \left( \frac{-E_A}{R} \left( \frac{1}{T_i} - \frac{1}{T_{ref}} \right) \right) t_i \right] = k_{i,eff} t_{tot} \quad \text{εξ. 7.9.3}$$

μέσω της οποίας μπορεί να υπολογιστεί η τιμή της  $k_{eff}$ . Για  $k = k_{eff}$  η τιμή της δραστικής θερμοκρασίας  $T_{eff}$  μπορεί να υπολογιστεί μέσω της εξίσωσης Arrhenius. Στο συγκεκριμένο μεταβαλλόμενο θερμοκρασιακό προφίλ που χρησιμοποιείται, τα βήματα είναι τα εξής: 1<sup>ο</sup> βήμα: 2 h → 12°C, 2<sup>ο</sup> βήμα: 5 h → 5°C, 3<sup>ο</sup> βήμα: 5 h → 8°C. Βάσει των βημάτων αυτών, προκύπτει ότι η  $T_{eff}$  είναι ίση με 7,8 °C.

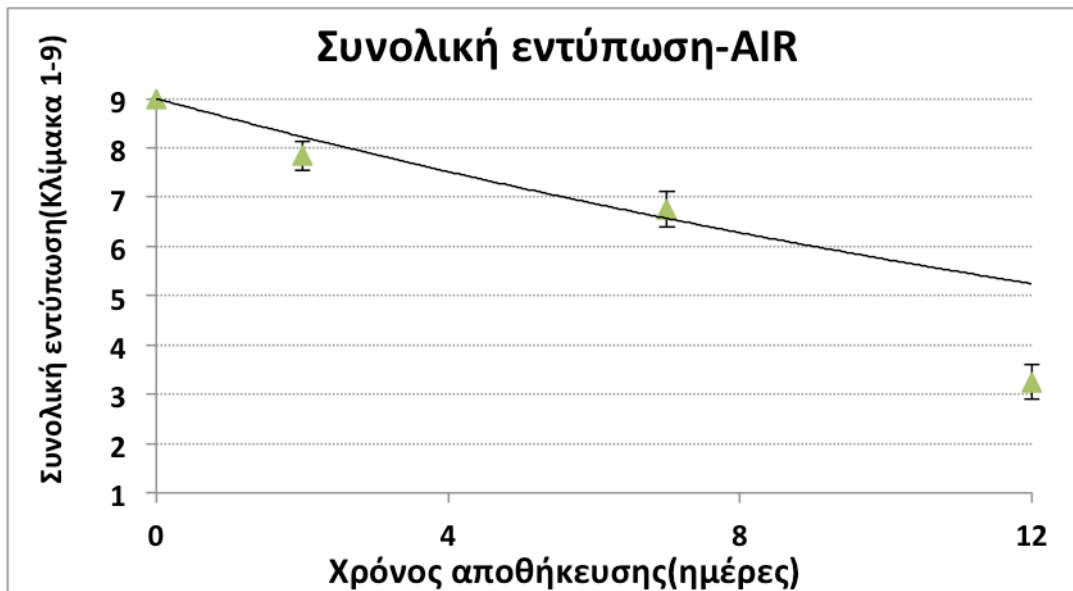


Σχήμα 7.9.4: Διάγραμμα μεταβαλλόμενου θερμοκρασιακού προφίλ(VAR) για τα δείγματα ραδικιού που εξετάστηκαν(1<sup>ο</sup> βήμα: 2 h → 12°C, 2<sup>ο</sup> βήμα: 5 h → 5°C, 3<sup>ο</sup> βήμα: 5 h → 8°C)

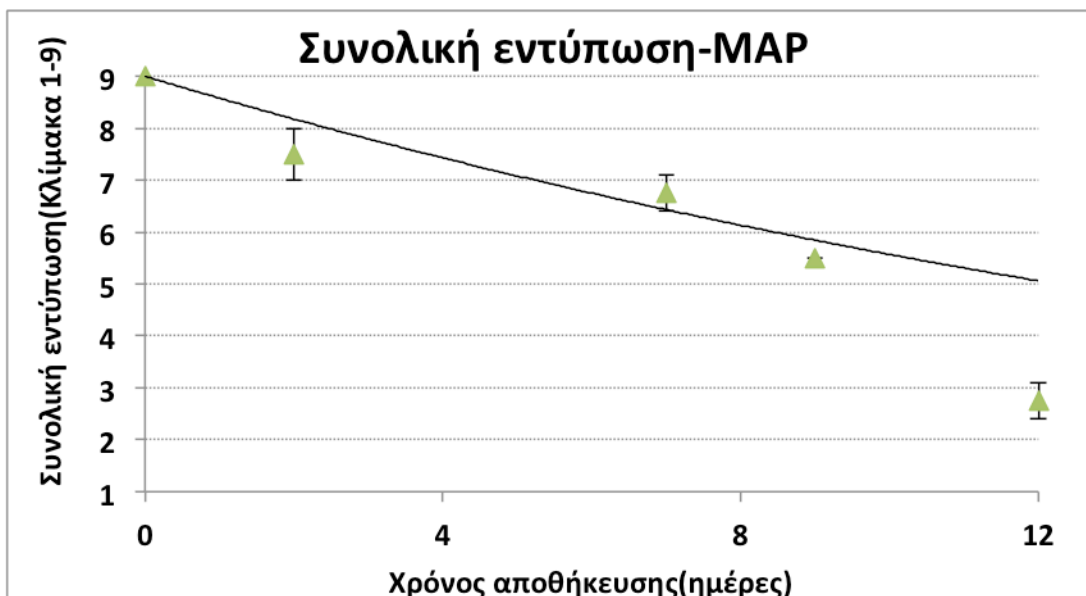
Στα επόμενα διαγράμματα, παρουσιάζεται η σύγκριση των πειραματικών τιμών με τις προβλεπόμενες τιμές που προκύπτουν από το μεταβαλλόμενο θερμοκρασιακό προφίλ, προκειμένου να εξεταστεί η επικύρωση τους. Συγκεκριμένα, εξετάζεται η επικύρωση των



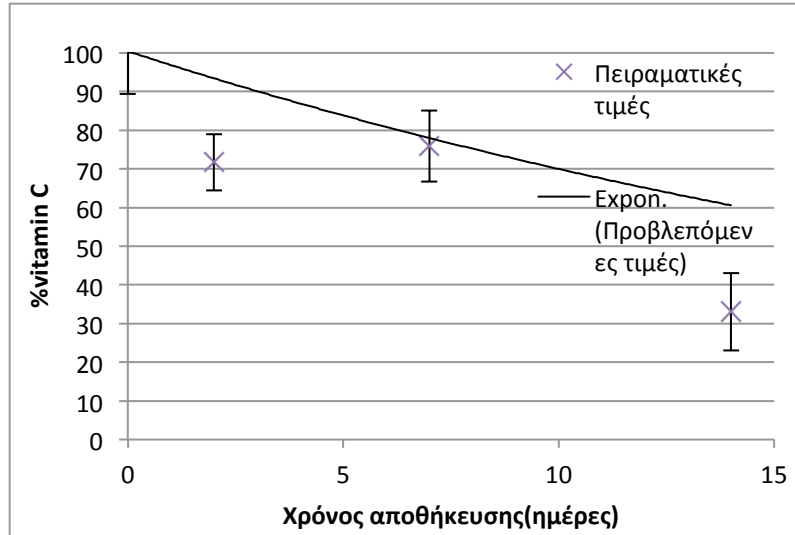
ποιοτικών παραμέτρων της συνολικής εντύπωσης(οργανοληπτική παράμετρος), της απώλειας σε βιταμίνη C και της αντοχής σε διάρρηξη(παράμετρος υφής). (Σχήματα 7.9.5-7.9.10)



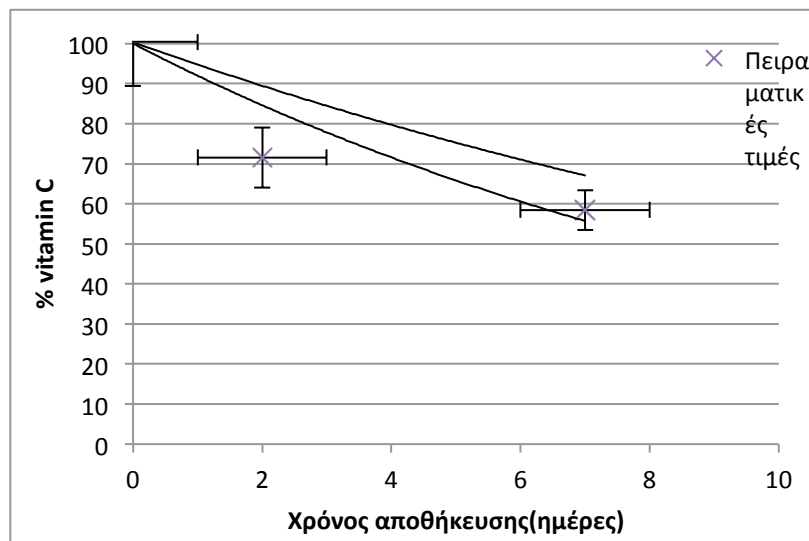
Σχήμα 7.9.5: Διάγραμμα σύγκρισης των πειραματικών μετρήσεων για το μεταβαλλόμενο θερμοκρασιακό προφίλ με τις προβλεπόμενες, από τις εξισώσεις πρόρρησης της μεταβολής της ποιοτικής παραμέτρου της συνολικής εντύπωσης. Τα σημεία αφορούν τις πειραματικές τιμές και η συνεχής γραμμή τις προβλεπόμενες για αερόβιες συνθήκες συσκευασίας



Σχήμα 7.9.6: Διάγραμμα σύγκρισης των πειραματικών μετρήσεων για το μεταβαλλόμενο θερμοκρασιακό προφίλ με τις προβλεπόμενες, από τις εξισώσεις πρόρρησης της μεταβολής της ποιοτικής παραμέτρου της συνολικής εντύπωσης. Τα σημεία αφορούν τις πειραματικές τιμές και η συνεχής γραμμή τις προβλεπόμενες για συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας

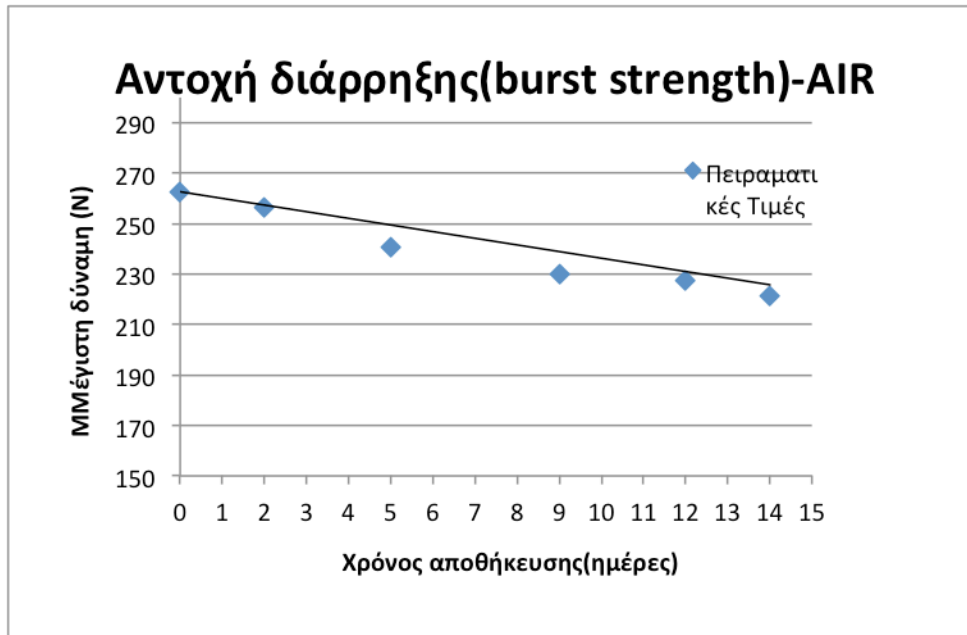


Σχήμα 7.9.7: Διάγραμμα σύγκρισης των πειραματικών μετρήσεων για το μεταβαλλόμενο θερμοκρασιακό προφίλ με τις προβλεπόμενες, από τις εξισώσεις πρόρρησης της μεταβολής της ποιοτικής παραμέτρου της απώλειας σε βιταμίνη C. Τα σημεία αφορούν τις πειραματικές τιμές και η συνεχής γραμμή τις προβλεπόμενες για αερόβιες συνθήκες συσκευασίας

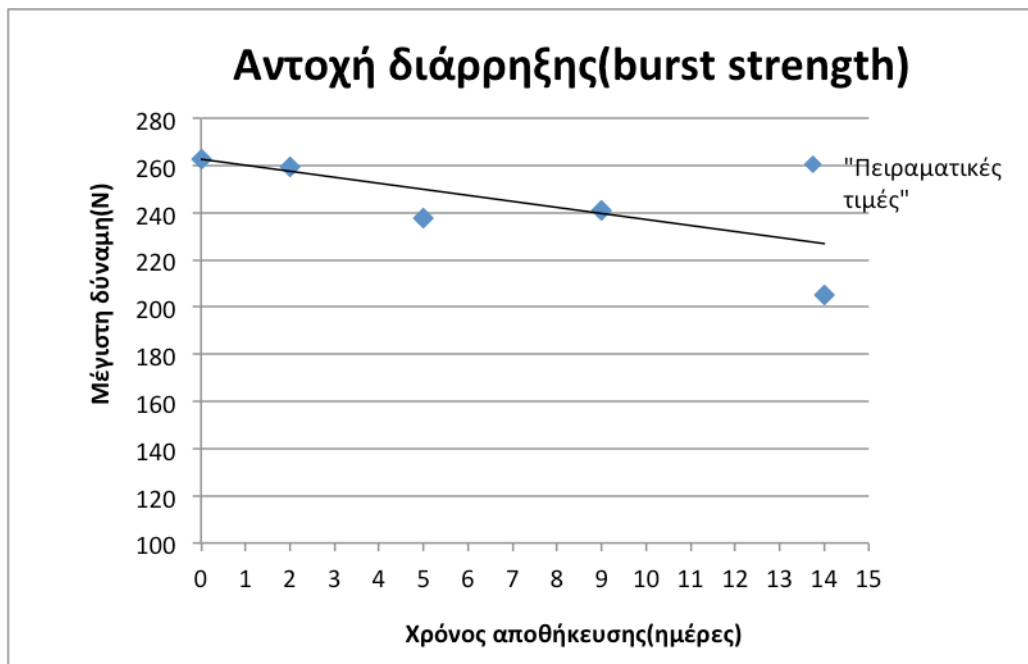


Σχήμα 7.9.8: Διάγραμμα σύγκρισης των πειραματικών μετρήσεων για το μεταβαλλόμενο

Θερμοκρασιακό προφίλ με τις προβλεπόμενες, από τις εξισώσεις πρόρρησης της μεταβολής της ποιοτικής παραμέτρου της απώλειας σε βιταμίνη C. Τα σημεία αφορούν τις πειραματικές τιμές και η συνεχής γραμμή τις προβλεπόμενες για συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας



Σχήμα 7.9.9: Διάγραμμα σύγκρισης των πειραματικών μετρήσεων για το μεταβαλλόμενο θερμοκρασιακό προφίλ με τις προβλεπόμενες, από τις εξισώσεις πρόρρησης της μεταβολής της ποιοτικής παραμέτρου αντοχής σε διάρρηξη. Τα σημεία αφορούν τις πειραματικές τιμές και η συνεχής γραμμή τις προβλεπόμενες για αερόβιες συνθήκες συσκευασίας



Σχήμα 7.9.10: Διάγραμμα σύγκρισης των πειραματικών μετρήσεων για το μεταβαλλόμενο θερμοκρασιακό προφίλ με τις προβλεπόμενες, από τις εξισώσεις πρόρρησης της μεταβολής της ποιοτικής παραμέτρου της αντοχής σε διάρρηξη. Τα σημεία αφορούν τις πειραματικές τιμές και η συνεχής γραμμή τις προβλεπόμενες για συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας

Από τα παραπάνω διαγράμματα, προκύπτει ότι τόσο για τον οργανοληπτικό δείκτη(συνολική εντύπωση)όσο και για την απώλεια σε βιταμίνη C, όσο και για τον δείκτη υφής(αντοχή σε διάρρηξη), τα προβλεπόμενα σημεία που προκύπτουν μέσω του μεταβαλλόμενου θερμοκρασιακού προφίλ, είναι καλά συσχετιζόμενα με τα πειραματικά σημεία του εν λόγω πειράματος και για τα 2 είδη συσκευασίας των δειγμάτων.

Τέλος, υπολογίζονται επίσης οι ρυθμοί μεταβολής της ολικής μικροβιακής χλωρίδας και των ψευδομονάδων στην δραστική θερμοκρασία 7,8°C και για τα δύο είδη συσκευασίας και συγκρίνονται με τους αντίστοιχους ρυθμούς που προκύπτουν από το μεταβαλλόμενο θερμοκρασιακό προφίλ. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα 7.9.10:

	$k_{\text{eff}}(T_{\text{eff}}=7,8^{\circ}\text{C})(\text{days}^{-1})$	$k_{\text{πειρ}}(\text{days}^{-1})$
<b>Ολική μικροβιακή χλωρίδα (αερόβια συσκευασία)</b>	0,1778	0,3567
<b>Ολική μικροβιακή χλωρίδα (τροποποιημένη συσκευασία)</b>	0,1525	0,4478
<b>Ψευδομονάδες (αερόβια συσκευασία)</b>	0,3457	0,5012
<b>Ψευδομονάδες (τροποποιημένη συσκευασία)</b>	0,2533	0,2899

Από τα παραπάνω αποτελέσματα, προκύπτει ότι η καλύτερη συσχέτιση μεταξύ των προβλεπόμενων τιμών από το μεταβαλλόμενο θερμοκρασιακό προφίλ και των πειραματικών τιμών για τους παραπάνω ρυθμούς, προκύπτει για τις ψευδομονάδες, και μάλιστα για τα δείγματα που είναι συσκευασμένα σε αερόβιες συνθήκες συσκευασίας.

Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζονται τα συνολικά αποτελέσματα που προκύπτουν βάσει των πειραματικών μετρήσεων και αφορούν τις ποιοτικές παραμέτρους της συνολικής εντύπωσης(οργανοληπτική παράμετρος), της απώλειας σε βιταμίνη C και της αντοχής σε διάρρηξη(παράμετρος υφής). Συγκεκριμένα, παρουσιάζονται οι εξισώσεις που προσαρμόζονται στην πρωτογενή μοντελοποίηση, οι ενέργειες ενεργοποίησης( $E_A$ ) και οι σταθερές των ρυθμών μεταβολής( $k_{ref}$ ) που προκύπτουν από την δευτερογενή μοντελοποίηση μέσω Arrhenius , οι δραστικοί ρυθμοί μεταβολής( $k_{eff}$ )που αναφέρονται στην δραστική θερμοκρασία  $T_{eff}$  και οι πειραματικοί ρυθμοί ( $k_{πειρ}$ ) που αναφέρονται στους ρυθμούς μεταβολής που προκύπτουν από τα πειραματικά σημεία τα οποία υπολογίζονται για την δραστική θερμοκρασία  $T_{eff}$ .

Πίνακας 7.9.11: Παρουσίαση συγκεντρωτικών αποτελεσμάτων για τις ποιοτικές παραμέτρους της συνολικής εντύπωσης (οργανοληπτική παράμετρος), της απώλειας σε βιταμίνη C και της αντοχής σε διάρρηξη (παράμετρος υφής), για τα δείγματα ραδικιού που είναι συσκευασμένα σε συσκευασίες αερόβιες, διάτρητου φιλμ

Ποιοτική Παράμετρος	Εξίσωση προσαρμογής πρωτογενούς μοντελοποίησης	$E_A$ (kJ/mol)	$k_{ref}$ (days <sup>-1</sup> )	$k_{eff}(T_{eff}=7,8^{\circ}C)$ (days <sup>-1</sup> )	$k_{πειρ}$ (days <sup>-1</sup> )
Οργανοληπτική Παράμετρος	$S = S_0 e^{-kt}$	60,4±21,6	0,045±0,012	0,0448	0,0800
Συνολική εντύπωση(κλίμακα 1-9)					
Απώλεια σε βιταμίνη C	$C = C_0 e^{-kt}$	106,1±12,8	0,0361±0,0006	0,0361	0,0360
$C_0$ (mg/100 g)					
Παράμετρος υφής	$F = F_0 - kt$	69,5±12,6	2,638±0,056	2,6379	2,9119
Αντοχή σε διάρρηξη(N)					

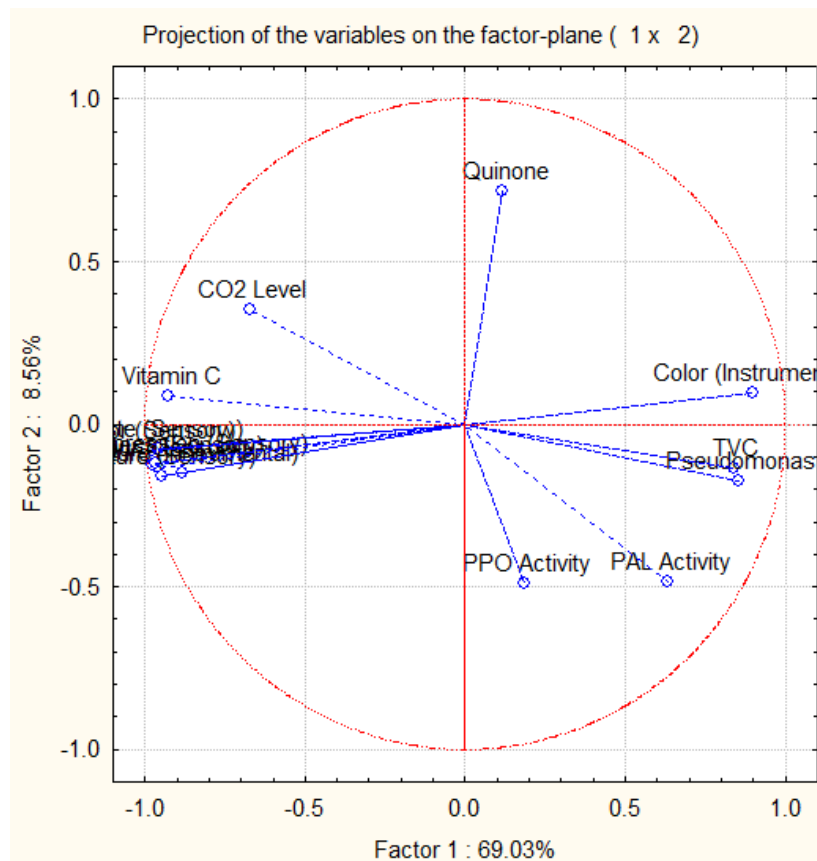
Πίνακας 7.9.12: Παρουσίαση συγκεντρωτικών αποτελεσμάτων για τις ποιοτικές παραμέτρους της συνολικής εντύπωσης (οργανοληπτική παράμετρος), της απώλειας σε βιταμίνη C και της αντοχής σε διάρρηξη(παράμετρος υφής), για τα δείγματα ραδικιού που είναι συσκευασμένα σε συσκευασίες τροποποιημένης ατμόσφαιρας, 5%O<sub>2</sub>-15%CO<sub>2</sub>

Ποιοτική Παράμετρος	Εξίσωση προσαρμογής πρωτογενούς μοντελοποίησης	E <sub>A</sub> (kJ/mol)	k <sub>ref</sub> (days <sup>-1</sup> )	k <sub>eff</sub> (T <sub>eff</sub> =7,8°C) (days <sup>-1</sup> )	k <sub>πειρ</sub> (days <sup>-1</sup> )
Οργανοληπτική Παράμετρος	$S = S_0 e^{-kt}$	98,2±20,7	0,048±0,007	0,0479	0,0830
Συνολική εντύπωση(κλίμακα 1-9)					
Απώλεια σε βιταμίνη C	$C = C_0 e^{-kt}$	68,05±8,2	0,0575±0,0004	0,0575	0,0700
C <sub>0</sub> (mg/100 g)					
Παράμετρος υφής	$F = F_0 - kt$	85,4±15,7	2,557±0,073	2,5566	3,8813
Αντοχή σε διάρρηξη(N)					

### 7.10 Ανάλυση Κυρίων Συνιστωσών(PCA, Principal Component Analysis)

Στην συνέχεια της επεξεργασίας των αποτελεσμάτων, πραγματοποιήθηκε η ανάλυση των κύριων συνιστωσών(PCA), μέσω του λογισμικού προγράμματος Statistica, για τις προς μελέτη ποιοτικές παραμέτρους που έχουν αναφερθεί στις προηγούμενες παραγράφους. Η ανάλυση κυρίων συνιστωσών είναι μια μαθηματική διαδικασία, που στόχο έχει τον εντοπισμό των μη συσχετίσιμων δεδομένων μέσα από ένα σύνολο συσχετίσιμων δεδομένων. Πραγματοποιείται με την μετατροπή πιθανώς συσχετίσιμων δεδομένων σε μη συσχετίσιμες μεταβλητές(κύριες συνιστώσες). Ο αριθμός των κύριων συνιστωσών είναι μικρότερος ή το πολύ ίσος με τον αριθμό των αρχικών μεταβλητών. Ο μετασχηματισμός γίνεται ώστε η πρώτη κύρια συνιστώσα να εμφανίζει την μέγιστη διακύμανση(δηλαδή να αντιστοιχεί στην μέγιστη ποικιλία δεδομένων)και η κάθε επόμενη να εμφανίζει συνεχώς χαμηλότερη διακύμανση και ταυτόχρονα να μην εμφανίζει συσχέτιση με τις προηγούμενες τις.

Βάσει των πειραματικών δεδομένων που εισάχθηκαν στο πρόγραμμα, προέκυψαν τα ακόλουθα διαγράμματα(Σχήματα 7.10.1 και 7.10.2):



Σχήμα 7.10.1: Διάγραμμα παραγοντικής ανάλυσης κύριων συνιστωσών για τα δείγματα ραδικιού

Στο διάγραμμα της παραγοντικής ανάλυσης κύριων συνιστωσών διακρίνεται ένας κύριος παράγοντας που επιδρά στις μελετώμενες μεταβλητές σε ποσοστό 69.03% και ένας παράγοντας που επιδρά σε ποσοστό 8.56%. Παρατηρείται ότι το άθροισμα των ποσοστών των δύο κύριων παραγόντων ανέρχεται περίπου στο 78%, δίνοντας ένα ιδιαίτερα ικανοποιητικό ποσοστό συσχέτισης των ποιοτικών παραμέτρων που εξετάστηκαν, από τις 2 αυτές συνιστώσες.

Η ολική μικροβιακή χλωρίδα συσχετίζεται ισχυρά θετικά με τις ψευδομονάδες και αρνητικά με την περιεκτικότητα CO<sub>2</sub> στη συσκευασία την κάθε χρονική στιγμή. Επίσης, μπορεί να παρατηρηθεί ότι η μεταβολή του χρώματος ΔΕ συσχετίζεται ισχυρά αρνητικά με την βαθμολόγηση του χρώματος κατά την οργανοληπτική αξιολόγηση (δηλαδή η αύξηση της

μεταβολής του χρώματος ΔΕ οδηγεί σε μείωση της βαθμολόγησης του χρώματος κατά την οργανοληπτική αξιολόγηση). Όσον αφορά την μεταβολή της υφής, παρατηρείται ότι τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την ενόργανη μέθοδο μέτρησης της αντοχής σε διάρρηξη, συσχετίζονται θετικά με τα οργανοληπτικά αποτελέσματα. Επιπλέον γίνεται φανερό ότι τα επιμέρους οργανοληπτικά χαρακτηριστικά που αξιολογήθηκαν κατά τον οργανοληπτικό έλεγχο, συσχετίζονται ισχυρά θετικά μεταξύ τους. Τέλος, όσον αφορά το περιεχόμενο σε κινόνες, αυτό συσχετίζεται με την ενεργότητα PPO.



Σχήμα 7.10.2: Διάγραμμα παραγοντικής ανάλυσης κυρίων συνιστωσών για τα δείγματα ραδικιού

Το παραπάνω διάγραμμα προέκυψε μετά από κωδικοποίηση των περιπτώσεων με τον εξής τρόπο: με το γράμμα α ή m συμβολίζεται η αερόβια συσκευασία ή η συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας, αντίστοιχα, το επόμενο νούμερο δηλώνει την θερμοκρασία αποθήκευσης(2-15°C)και το επόμενο νούμερο δηλώνει τον χρόνο αποθήκευσης(2-12 ημέρες). Από το διάγραμμα αυτό, παρατηρείται μια ομαδοποίηση των δεδομένων, ανάλογα με τον χρόνο αποθήκευσης. Ωστόσο, δεν έγινε δυνατή η ομαδοποίηση των δεδομένων βάσει της συνθήκης συσκευασίας, με αποτέλεσμα να επιβεβαιώνεται το συμπέρασμα ότι η συσκευασία δεν επηρέασε σημαντικά τα μελετώμενα ποιοτικά χαρακτηριστικά.



### 7.11 Διάρκεια ζωής δειγμάτων ραδικιού

Στις προηγούμενες ενότητες τα δείγματα ραδικιού εξετάστηκαν ως προς διάφορες ποιοτικές παραμέτρους, όσον αφορά τους ρυθμούς μεταβολής τους. Βάσει λοιπόν της κινητικής μελέτης που προηγήθηκε για τις μεταβολές των χαρακτηριστικών δεικτών ποιότητας, όπως είναι μικροβιολογικοί δείκτες, οργανοληπτικοί δείκτες και θρεπτικοί δείκτες, μπορούν να υπολογιστούν οι χρόνοι διατηρησιμότητας για τα προϊόντα ανά περίπτωση.

Η διάρκεια ζωής των φυτικών προϊόντων καθορίζεται με βάση συγκεκριμένα όρια αποδοχής, τα οποία προσδιορίζονται είτε από μια ομάδα εκπαιδευμένων δοκιμαστών βάσει οργανοληπτικών κριτηρίων όπως το χρώμα και η υφή, είτε με ορισμένα κριτήρια θρεπτικότητας, όπως η βιταμίνη C, είτε με βάση μικροβιολογικά κριτήρια, που αφορούν επί παραδείγματι του κυριάρχους μικροοργανισμούς της μικροχλωρίδας του τροφίμου.

Στους επόμενους πίνακες παρουσιάζονται οι τιμές για την διάρκεια ζωής των εξεταζόμενων δειγμάτων ραδικιού, με βάση συγκεκριμένα όρια αποδοχής που βασίζονται σε μικροβιολογικά κριτήρια και συγκεκριμένα στην κινητική ανάπτυξης των ψευδομονάδων(επικρατών μικροοργανισμός και επιλεκτικό υπόστρωμα), σε οργανοληπτικά κριτήρια και συγκεκριμένα στην συνολική εντύπωση των δοκιμαστών και σε κριτήρια υφής, σε 4 θερμοκρασίες συντήρησης 2, 5, 10, 15°C και στην θερμοκρασία αναφοράς  $T_{ref}=4$  °C για τα συσκευασμένα δείγματα ραδικιού που αποτελεί πρακτικό ενδιαφέρον(πρόρρηση βάσει των κινητικών εξισώσεων που αναπτύχθηκαν).

Πίνακας 7.11.1: Διάρκεια ζωής σε ημέρες δειγμάτων ραδικιού συσκευασμένα σε αερόβιες συνθήκες διάτρητου φιλμ με βάση συγκεκριμένα όρια απόδοχής για το μικροβιακό φορτίο σε ψευδομονάδες, την συνολική εντύπωση και την υφή, στις θερμοκρασίες συντήρησης 2, 5, 10,

15°C και στην θερμοκρασία αναφοράς  $T_{ref}=4^{\circ}\text{C}$

**Διάρκεια ζωής(ημέρες)**

Θερμοκρασία συντήρησης( $^{\circ}\text{C}$ )/Ποιοτική παράμετρος	Pseudomonads (log CFU/g) <sub>final</sub> =8,5	Συνολική εντύπωση 6/9	Αντοχή σε διάρρηξη (<240 N)
<b>2</b>	11	11	9,5
<b>5</b>	7	8	7
<b>10</b>	5	4,5	5
<b>15</b>	4	4	2
<b>4(<math>T_{ref}</math>)</b>	8,5	9	8

Πίνακας 7.11.2: Διάρκεια ζωής σε ημέρες δειγμάτων ραδικιού συσκευασμένα σε τροποποιημένες συνθήκες συσκευασίας με βάση συγκεκριμένα όρια απόδοχής για το μικροβιακό φορτίο σε ψευδομονάδες, την συνολική εντύπωση και την υφή, στις θερμοκρασίες συντήρησης 2, 5, 10, 15°C και στην θερμοκρασία αναφοράς  $T_{ref}=4^{\circ}\text{C}$

**Διάρκεια ζωής(ημέρες)**

Θερμοκρασία συντήρησης( $^{\circ}\text{C}$ )/Ποιοτική παράμετρος	Pseudomonads (log CFU/g) <sub>final</sub> =8,5	Συνολική εντύπωση 6/9	Αντοχή σε διάρρηξη (<240 N)
<b>2</b>	9	11	8,5
<b>5</b>	7,5	8	6
<b>10</b>	4,5	4,5	4
<b>15</b>	2	3	2
<b>4(<math>T_{ref}</math>)</b>	8	9	8

## 8<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ

### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία περιλαμβάνει την κινητική μελέτη της υποβάθμισης της ποιότητας των φυλασσομένων υπό ψύξη δειγμάτων ραδικιού και την εξαγωγή κινητικών μοντέλων εξάρτησης των ποιοτικών τους παραμέτρων από τις 2 συνθήκες συσκευασίας (διατηρημένα σε εμπορικές συσκευασίες αέρα με διάτρητη μεμβράνη και σε συσκευασίες τροποποιημένης ατμόσφαιρας, σύστασης 5% O<sub>2</sub> και 15% CO<sub>2</sub>) και τις θερμοκρασίες αποθήκευσης (2, 5, VAR, 10, 15 και 0 °C), με στόχο τον προσδιορισμό της διατηρησιμότητας των υπό εξέταση προϊόντων. Συγκεκριμένα, ο στόχος των πειραμάτων ήταν η εξαγωγή ενός ενιαίου μοντέλου ανά ποιοτικό δείκτη, που να μπορεί να χαρακτηριστεί αξιόπιστος όσον αφορά την χρονική μεταβολή της ποιότητας του τροφίμου σε οποιαδήποτε θερμοκρασία και συνθήκη συσκευασίας. Οι παράμετροι που μελετώνται αφορούν την μικροβιακή αλλοίωση των δειγμάτων, την χρωματική τους μεταβολή, την οργανοληπτική υποβάθμιση τους, την μεταβολή της υφής τους, την απώλεια σε βιταμίνη C και την ενζυμική τους υποβάθμιση.

Βάσει των πειραματικών αποτελεσμάτων, μπορούν να εξαχθούν τα ακόλουθα συμπεράσματα. Συγκεκριμένα, η μικροβιακή αλλοίωση των δειγμάτων μπορεί να εκφραστεί μέσω του μοντέλου Baranyi, το οποίο περιγράφεται στην παράγραφο 5.1.3. Σχετικά με τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά που μελετήθηκαν, η πλειοψηφία τους ακολούθησε κινητική 1<sup>ης</sup> τάξης και συγκεκριμένα η συνολική εντύπωση, η φρεσκάδα, το χρώμα, η οσμή, η γεύση και η υφή, ενώ το μαύρισμα, ως οργανοληπτικό χαρακτηριστικό, εκφράστηκε μέσω κινητικής μηδενικής τάξης. Η ποιοτική παράμετρος της μεταβολής της υφής, εκφράζεται μέσω κινητικής μηδενικής τάξης και τέλος η απώλεια σε βιταμίνη C και η ενζυμική υποβάθμιση (η οποία μελετήθηκε και έγινε δυνατή η μοντελοποίηση μόνο της αμμωνιακής λύασης της φαινυλαλανίνης, PAL) ακολούθουν κινητική 1<sup>ης</sup> τάξης. Οι παραπάνω παρατηρήσεις συνοψίζονται στον ακόλουθο πίνακα 8.1:

Πίνακας 8.1: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα για τις εξισώσεις προσαρμογής που εφαρμόζονται στις μελετώμενες ποιοτικές παραμέτρους κατά την πρωτογενή μοντελοποίηση

Ποιοτική Παράμετρος	Εξίσωση προσαρμογής πρωτογενούς μοντελοποίησης	Αρχική τιμή ποιοτικής παραμέτρου
Οργανοληπτική Παράμετρος	$S = S_0 e^{-k_{sens}t}$	$S_0=9$
Συνολική εντύπωση(κλίμακα 1-9)		
Απώλεια βιταμίνη C	σε $C = C_0 e^{-k_{vitc}t}$	$C_0=11,02$ mg/100 g
$C_0$ (mg/100 g)		
Παράμετρος υφής	$F = F_0 - k_{text}t$	$F_0=262,68$ N
Αντοχή διάρρηξη(N)	σε	

Στην συνέχεια, πραγματοποιήθηκε η δευτερογενής μοντελοποίηση των ποιοτικών παραμέτρων που αναφέρθηκαν και προηγουμένως, μέσω εξισώσεων Arrhenius, και έτσι προέκυψαν οι τιμές για τις ενέργειες ενεργοποίησης και τις σταθερές των ρυθμών για όλες τις ποιοτικές παραμέτρους.

Στους ακόλουθους πίνακες παρουσιάζονται συνοπτικά οι ενέργειες ενεργοποίησης για όλους τους ποιοτικούς δείκτες που μελετήθηκαν στα συγκεκριμένα δείγματα ραδικιού, για τα 2 είδη συσκευασίας που χρησιμοποιήθηκαν(αερόβιες συσκευασίες διάτρητου φιλμ και συσκευασίες τροποποιημένης ατμόσφαιρας σύστασης 5%O<sub>2</sub>-15%CO<sub>2</sub>).

Πίνακας 8.2: Τιμές για τις ενέργειες ενεργοποίησης και σταθερές ρυθμών για τους ποιοτικούς δείκτες που μελετήθηκαν στα δείγματα ραδικιού συσκευασμένα σε αερόβιες συνθήκες συσκευασίας

Ποιοτική Παράμετρος	$E_A$ (kJ/mol)	Σταθερά ρυθμού $k_{ref}(\text{days}^{-1})$	$R^2$
Ολική μικροβιακή χλωρίδα	118,1±23,6	0,178±0,052	0,9618
Ψευδομονάδες	48,2±25,5	0,346±0,089	0,8774
Αντοχή σε διάρρηξη (burst strength)	69,5±12,6	2,638±0,056	0,9829
Συνολική εντύπωση	60,4±21,6	0,045±0,012	0,9310
Φρεσκάδα	70,4±14,2	0,054±0,009	0,9314
Χρώμα	73,3±7,7	0,030±0,003	0,9892
Οσμή	71,2±4,3	0,036±0,002	0,9981
Γεύση	37,0±2,5	0,057±0,002	0,9306
Υφή	47,0±5,0	0,056±0,003	0,9606
Μαύρισμα	71,1±3,5	0,170±0,007	0,9938
Αμμωνιακή λύαση της φαινυλαλανίνης(PAL)	100,1±34,8	0,012±0,006	0,9859
Απώλεια σε βιταμίνη C	106,1±12,8	0,0361±0,0006	0,9715

Πίνακας 8.3: Τιμές για τις ενέργειες ενεργοποίησης και σταθερές ρυθμών για τους ποιοτικούς δείκτες που μελετήθηκαν στα δείγματα ραδικιού συσκευασμένα σε τροποποιημένες συνθήκες συσκευασίας 5% O<sub>2</sub>-15% CO<sub>2</sub>

Ποιοτική παράμετρος	E <sub>A</sub> (kJ/mol)	Σταθερά ρυθμού k <sub>ref</sub> (days <sup>-1</sup> )	R <sup>2</sup>
Ολική μικροβιακή χλωρίδα	123,3±16,7	0,152±0,031	0,9820
Ψευδομονάδες	92,6±32,6	0,253±0,109	0,8899
Αντοχή σε διάρρηξη (burst strength)	85,4±15,7	2,557±0,073	0,9699
Συνολική εντύπωση	98,2±20,7	0,048±0,007	0,9828
Φρεσκάδα	103,9±11,6	0,052±0,004	0,9884
Χρώμα	85,8±22,6	0,040±0,006	0,9758
Οσμή	105,6±4,1	0,038±0,001	0,9990
Γεύση	56,6±4,8	0,064±0,002	0,9781
Υφή	36,7±12,3	0,059±0,005	0,9611
Μαύρισμα	76,9±11,1	0,253±0,019	0,9701
Απώλεια σε βιταμίνη C	68,05±8,2	0,0575±0,0004	0,9996

Τα φρέσκα λαχανικά και οι φρεσκοσυλλεγμένες σαλάτες αποτελούν μια ομάδα τροφίμων που χαρακτηρίζεται από μεγάλη ανομοιογένεια όσον αφορά τα ποιοτικά τους χαρακτηριστικά, γεγονός που καθιστά δύσκολη την μοντελοποίηση της ποιοτικής υποβάθμισης τους. Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν η κινητική μελέτη των διαφόρων ποιοτικών παραμέτρων που μελετήθηκαν, προκειμένου να εξαχθούν μοντέλα πρόβλεψης της διατηρησιμότητας των δειγμάτων ραδικιού, τα οποία μεταβάλλονται ανάλογα με την συνθήκη συσκευασίας(αερόβια συσκευασία και συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας).

Σε γενικά πλαίσια, φαίνεται ότι οι ενέργειες ενεργοποίησης που υπολογίζονται για τα δείγματα ραδικιού που είναι συσκευασμένα στις συσκευασίες τροποποιημένης ατμόσφαιρας, παρουσιάζουν μεγαλύτερες τιμές σε σχέση με εκείνες στις αερόβιες συσκευασίες, με μικρές ωστόσο αποκλίσεις.

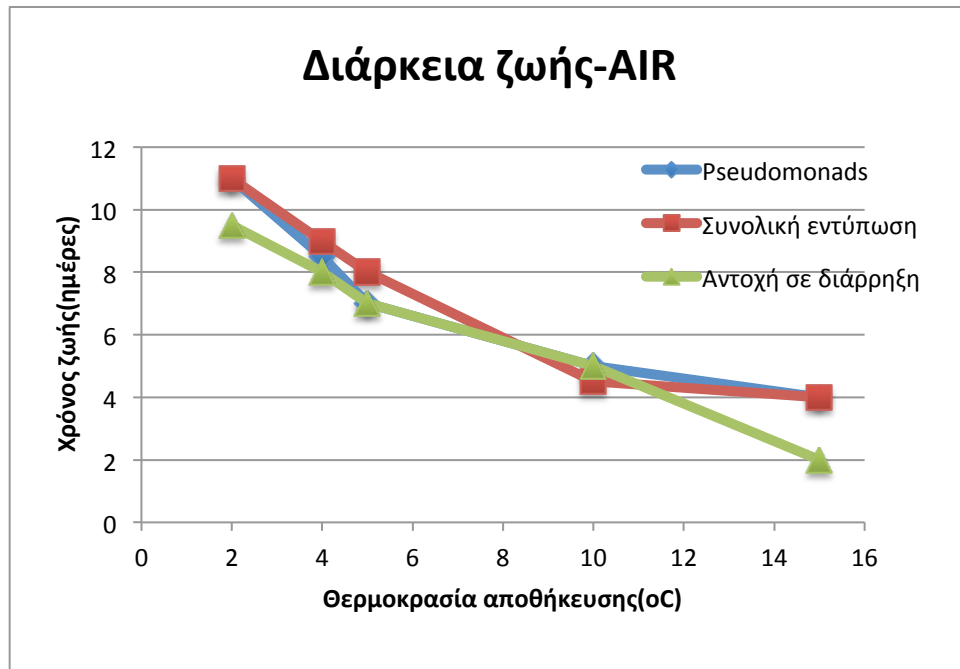
Έτσι, για τα δείγματα ραδικιού που είναι συσκευασμένα σε συνθήκες τροποποιημένης ατμόσφαιρας, μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι και οι ψευδομονάδες συντελούν σημαντική ποιοτική μικροβιολογική παράμετρο που επηρεάζει άμεσα την ποιοτική υποβάθμιση της σαλάτας, αλλά επίσης και από τις οργανοληπτικές παραμέτρους η συνολική εντύπωση, η φρεσκάδα και η οσμή, λόγω των αυξημένων τιμών ενεργειών ενεργοποίησης που εμφανίζουν (98,2, 103,9 και 105,6 kJ/mol έναντι των τιμών 60,4, 70,4 και 71,2 kJ/mol στις αερόβιες συνθήκες συσκευασίας). Η μοναδική ποιοτική παράμετρος που παρουσιάζει μικρότερη ενέργεια ενεργοποίησης στις συσκευασίες τροποποιημένης ατμόσφαιρας σε σχέση με τις αερόβιες συσκευασίες, είναι η απώλεια σε βιταμίνη C, φαινόμενο που εξηγείται από το γεγονός ότι η απώλεια της βιταμίνης C οφείλεται στην οξείδωση του ασκορβικού οξέος και επομένως σε αερόβιες συνθήκες η οξείδωση είναι εντονότερη και για τον λόγο αυτόν, παρουσιάζεται και μεγαλύτερη ευαισθησία του ρυθμού στην θερμοκρασία.

Για την ποιοτική παράμετρο της υφής, μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι ενώ ως ποιοτική παράμετρος (αντοχή σε διάρρηξη) μοντελοποιήθηκε τόσο πρωτογενώς όσο και δευτερογενώς και αποτέλεσε έναν καλό δείκτη πρόβλεψης της διατηρησιμότητας των δειγμάτων ραδικιού, η οργανοληπτική μεταβολή της υφής δεν κατάφερε να γίνει αντιληπτή στον ίδιο βαθμό από τους δοκιμαστές κατά τον οργανοληπτικό έλεγχο και επομένως για τον λόγο αυτό παρουσιάζει μικρότερη ενέργεια ενεργοποίησης (της τάξης των 40 kJ/mol στην περίπτωση της οργανοληπτικής υφής και της τάξης των 70 kJ/mol στην περίπτωση της αντοχής σε διάρρηξη). Το γεγονός αυτό ενδεχομένως να οφείλεται στην ανομοιομορφία των φύλλων της σαλάτας που επιλέχθηκαν κατά τον οργανοληπτικό έλεγχο και την δοκιμή αντοχής σε διάρρηξη.

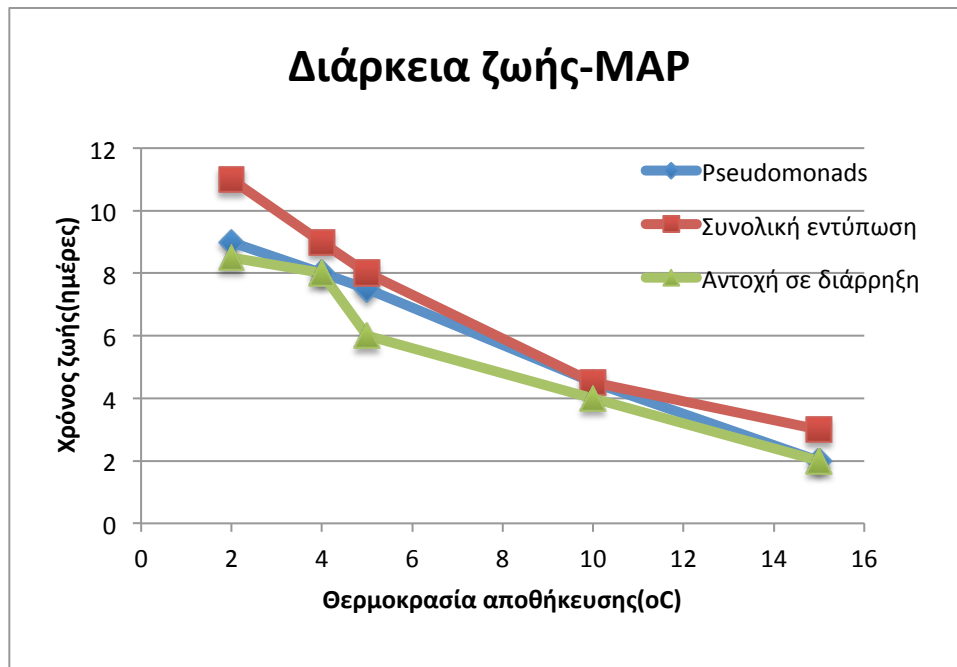
Στην συνέχεια της επεξεργασίας, πραγματοποιήθηκε η ανάλυση κυρίων συνιστωσών (PCA), βάσει της οποίας προέκυψαν τα εξής συμπεράσματα. Στο διάγραμμα της παραγοντικής ανάλυσης κύριων συνιστωσών διακρίνεται ένας κύριος παράγοντας που επιδρά στις μελετώμενες μεταβλητές σε ποσοστό 69.03% και είναι η θερμοκρασία συντήρησης. Ο χρόνος αποθήκευσης επιδρά σε ποσοστό 8.56% και επιδρά κυρίως στην ενεργότητα στο περιεχόμενο σε κινόνες (quinones). Παρατηρείται ότι το άθροισμα των ποσοστών των δύο κύριων παραγόντων της θερμοκρασίας και του χρόνου αποθήκευσης ανέρχεται περίπου στο 78%, δίνοντας ένα ιδιαίτερα ικανοποιητικό ποσοστό συσχέτισης των ποιοτικών παραμέτρων που εξετάστηκαν, από τις 2 αυτές συνιστώσες.

Εν συνεχεία, υπολογίστηκαν οι χρόνοι ζωής των δειγμάτων με βάση τα εξής κριτήρια: το μικροβιακό φορτίο των ψευδομονάδων να μην ξεπερνά τα 8,5 logCFU/g, η τιμή βαθμολόγησης κατά τον οργανοληπτικό έλεγχο για την συνολική εντύπωση να είναι 6/9 και η τιμή για την αντοχή σε διάρρηξη να μην ξεπερνά τα 240 N. Έτσι, στα ακόλουθα διαγράμματα παρατίθενται οι υπολογιζόμενοι χρόνοι ζωής βάσει των συγκεκριμένων κριτηρίων και συναρτήσει της θερμοκρασίας αποθήκευσης, στο θερμοκρασιακό εύρος 2-15 °C και για τα 2 είδη

συσκευασίας.(Σχήματα 8.4-8.5)



Σχήμα 8.4: Διάγραμμα διάρκειας ζωής συναρτήσει της θερμοκρασίας αποθήκευσης για τις αερόβιες συσκευασίες



Σχήμα 8.5: Διάγραμμα διάρκειας ζωής συναρτήσει της θερμοκρασίας αποθήκευσης για τις



## συσκευασίες τροποποιημένης ατμόσφαιρας

Σαν γενικό συμπέρασμα, μπορεί να εξαχθεί ότι βάσει των συγκεκριμένων πειραματικών αποτελεσμάτων, οι διαφορετικές αυτές συστάσεις των συσκευασιών που χρησιμοποιήθηκαν, δεν είχαν κάποια σημαντική επίδραση στην υποβάθμιση των συγκεκριμένων ποιοτικών παραμέτρων που εξετάστηκαν, γεγονός που αποδεικνύεται και από τους παρεμφερείς χρόνους ζωής των δειγμάτων ραδικιού που υπολογίστηκαν και για τις 2 συσκευασίες. Ενδεχομένως η αξιοποίηση περισσότερων διαφορετικών συστάσεων συσκευασίας σε μεταγενέστερο επίπεδο θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για περαιτέρω μελέτη και πρόβλεψη μοντέλων, ικανών να προβλέψουν την διατηρησιμότητα δειγμάτων ραδικιού και άλλων σαλατικών αλλά και για την σύγκριση τους με ήδη υπάρχοντα μοντέλα ποιοτικής υποβάθμισης πράσινων σαλατικών.

## **BIBΛIOΓPAΦIA**

- Ahmed Bahar, Howiriny Tawfeq, Siddiqui Abu B. 2003. Antihepatotoxic activity of seeds of *Chichorium intybus*. *Journal of Ethnopharmacology* 87, 237-240
- Ahvenainen Raija. 2003. Novel food packaging techniques. Woodhead Publishing in Food Science and Technology. CRC Press, USA, pp.45-88
- Ahvenainen R. 1996. New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetables. *Trends in Food Science & Technology* Vol.7, 84-86 & 179-181
- AL-NABULSI A.A., T.M. OSAILI, H.M. OBAIDAT, R.R. SHAKER, S.S. AWAISHEH, R.A. HOLLEY. 2014. Inactivation of Stressed *Escherichia coli* O157:H7 Cells on the Surfaces of Rocket Salad Leaves by Chlorine and Peroxyacetic Acid. *Journal of Food Protection* 77(1), 32–39.
- Alegria, C., Pinheiro, J., Goncalves, E., Fernandes, I., Molodao, M., Abreu, M., (2010), Evaluation of a pre-cut heat treatment as an alternative to chlorine in minimally processed shredded carrot, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 11, p. 155- 161
- Allen Alexandra M., Thorogood Christopher J., Hegarty Matthew J., Lexer Christian. 2011. Pollen-pistil interactions and self-incompatibility in the Asteraceae: new insights from studies of *Senecio squalidus*(Oxford ragwort). *Annals of Botany* 108, 687-698
- Allende, A., Artes, F. 2003. UV-C radiation as a novel technique for keeping quality of fresh processed 'Lollo Rosso' lettuce. *Food Research International* 36, 739–746
- Allende A, Aguayo E., Artes F. 2004. Microbial and sensory quality of commercial fresh processed red lettuce throughout the production chain and shelf life. *International Journal of Food Microbiology* 91, 109-117
- Ayala, F., Federico Echavarri, J., Olarte, C., Sanz, S., (2009), Quality characteristics of minimally processed leek packaged using different films and stored in lighting conditions, *International Journal of Food Science and Technology*, 44, p. 1333–134

- Barry-Ryan, C., O'Beirne, D., 1998. Quality and shelf-life of fresh cut carrot slices as affected by slicing method. *Journal of Food Science*, 63, 851-856
- Baur, S., Klaiber, R., Hammes, W.P., Reinhold, C., 2004. Sensory and microbiological quality of shredded, packaged iceberg lettuce as affected by pre-washing procedures with chlorinated and ozonated water. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 5, 45-55
- Belitz H., Grosch W., Scieberle P. 2006. *Χημεία Τροφίμων*, 3<sup>η</sup> έκδοση, Εκδόσεις Τζιόλα
- Beltran, D., Selma, M.V., Marin, A., Gil, M.I., 2005. Ozonated water extends the Shelf Life of Fresh-Cut Lettuce. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 5654–566
- Bennik Marjon H. J., Herman W. Peppelenbos, Nguyen Christophe, Smid Eddy, Gorris Leon G. M. 1996. Microbiology of minimally processed, modified-atmosphere packaged chicory endive. *Postharvest Biology and Technology* 9, 209-221
- Bischoff Theodore A., Kelley Charles J. , Karchesy Yvette, Laurantos Maria, Nguyen Phuc, Arefi Abdul Ghafoor. 2004. Antimalarial activity of Lactucin and Lactucopicrin:sesquiterpene lactones isolated from *Chicorium intybus L.* *Journal of Ethnopharmacology* 95, 455-457
- Bourgeois C.M., Leveau J. Y., 1995. Microbiological control for foods and agricultural products. Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα., pp 145-156
- Carlin Frederic, Nguyen Christophe-the Alexandra Abreu Da Silva, Cochet Catherine. 1996. Effects of carbond dioxide on the fate of *Listeria monocytogenes*, of aerobic bacteria and on the development of spoilage in minimally processed fresh endive. *International Journal of Food Microbiology* 32, 159-172
- Chakravetry Amalendu, Mujumdar Arun S., Raghavan Vijaya G.S. 2003. Handbook of postharvest technology:cereals, fruits, vegetables, tea and spices. Marcel Dekker, New York, pp.455-478
- Charles Florence, Guillaume Carole, Gontard Nathalie. 2008. Effect of passive and active

modified atmosphere packaging on quality changes of fresh endives. *Postharvest Biology and Technology* 48, 22-29

Chen Z., C., Zhu, Y., Zhang, D., Niu, J., Du, 2010. Effects of aqueous chlorine dioxide treatment on enzymatic browning and shelf-life of fresh-cut asparagus lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Postharvest Biology and Technology*, 58, 232-238

Durango A., M., N., F., F., Soares, N., J., Andrade, 2006. Microbiological evaluation of an edible antimicrobial coating on minimally processed carrots. *Food Control* 17, 336-341

Fan, X., Toivonen, P.M.A., Rajkowski, K.T, Sokorai, K.J.B., 2003. Warm water treatment in combination with modified atmosphere packaging reduces undesirable effects of irradiation on the quality of fresh cut iceberg lettuce. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51:5, 1231-1236

Fonseca Susana C., Oliveira Fernanda A.R., Brecht Jeffrey K. 2002. Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: a review. *Journal of Food Engineering* 52, 99-119

Gil Maria I., Selma Maria V., Galvez Francisco, Allende Ana. 2009. Fresh-cut product sanitation and wash water disinfection: problems and solutions. *International Journal of Food Microbiology* 134, 37-45

Gimenez, M., Olarte, C., Sanz, S., Lomas, C., Echavarri, J.F., Ayala, F. 2003. Relation between spoilage and microbial quality in minimally processed artichoke packaged with different films. *Food Microbiology* 20. 231-242

Gomez-Lopez V.,M., F., Devlieghere, P., Ragaert, J., Debevere, 2007. Shelf-life extension of minimally processed carrots by gaseous chlorine dioxide. *International Journal of Food Microbiology*, 116, 221-22

Gomez-Lopez, V. M., Ragaert, P., Jeyachandran, V., Debevere, J., Devlieghere, F., 2008. Shelf-life of minimally processed lettuce and cabbage treated with gaseous chlorine dioxide and

cysteine. *International Journal of Food Microbiology*, Volume 121, Issue 1, 74-83

Gonzalez-Fandos (et al.), 2001: Behaviour of *Listeria monocytogenes* in packaged fresh mushrooms. *J. Applied Microbiology*, 91, 795-805

Gorny James R., Giclas Hank, Gombas David, Means Kathy. 2005. Commodity Specific Food Safety guidelines for the Lettuce and Leafy Greens Supply Chain. International fresh cut product association. pp 1-22

Heimler Daniela, Isolani Laura, Vignolini Pamela, Romani Annalisa. 2009. Polyphenol content and antiradical activity of *Chicorium intybus* L., from biodynamic and conventional farming. *Food Chemistry* 114, 765-770

Hiscock Simon J., 2000. Self-incompatibility in *Senecio squalidus* L.(Asteraceae). *Annals of Botany*, 85, 181-190

James Jennylynd. 2006. *Microbial Hazard Identification in fresh fruits and vegetables*. John Wiley and Sons, Hoboken, New Jersey, pp. 73-95

James Jennylynd B., Ngarmak Tipvanna. 2010. *Processing of fresh cut tropical fruits and vegetables: A technical guide*. Food and Agriculture Organization of the United Nations Regional Office for Asia and the Pacific, Bangkok, pp. 1-46

Jayas D.S., Jeyamkondan S.. 2002. Modified atmosphere storage of grains meats fruits and vegetables. *Biosystems Engineering* 82(3), 235-251

Jia Cheng-Guo, Chao-Jiong Xu, Jia Wei, Jing Yuan, Gao-Feng Yuan, Bing-Liang Wang, Qiao-Mei Wang. 2009. Effect of modified atmosphere packaging on visual quality and glucosinolates of broccoli florets. *Food Chemistry* 114, 28–37

Jongen Wim, 2002. *Fruit and vegetable processing*. Woodhead Publishing in Food Science and Technology, Cambridge, England, pp. 91-117

Ibrahim R., A. Osman, N. Saari, R.A. Rahman, 2004. Effects of anti-browning treatments on the

storage quality of minimally processed shredded cabbage. *Food, Agriculture & Environment*, 2, 54-58.

Kapetanakou A. E., Manios S. G., Tsevdou M., Tsironi T., Lalechou E., Dermesonluoglu E., Doultos D., Katsaros G., Gogou E., Taoukis P., Skandamis P. N. (2013), "A systematic multivariate approach in modeling the shelf-life of fresh-cut salads as a function of temperature and packaging atmosphere", ICPMF8 - 8th International Conference on Predictive Modelling in Food, 16-20 September 2013, Paris, France

Kapetanakou A.E., S.G. Manios, M. Tsevdou, A. Orfanoudaki, E. Lalechou, L. Skabardoni, E. Dermesonluoglu, D. Doultos, G. Katsaros, E. Gogou, P. Taoukis and P. Skandamis (2014), Modeling the microbial spoilage and quality decay of rocket, iceberg, and romaine lettuce as a function of temperature and packaging atmosphere, 3rd International ISEKI\_Food Conference, 21-23 May 2014, Athens, Greece

Kendra Krishi Vigyan. 2010. Modified atmosphere packaging of fresh produce: Current status and future needs. *LWT-Food Science and Technology* 43, 381-392

Kim, J-H, Lee, J-W, Kim, J-H, Seo, J-H, Han, S-B, Chung, H-J, Byun, M-W. 2006. Effect of gamma irradiation on *Listeria ivanovii* inoculated to iceberg lettuce stored at cold temperature. *Food Control* 17; 397-401

Klaiber, R.G., Baur, S., Wolf, G., Hammes, W.P., Carle, R. 2005. Quality of minimally processed carrots as affected by warm water washing and chlorination. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 6: 351– 362

Koseki, S. and Isobe, S. 2005. Prediction of pathogen growth on iceberg lettuce under real temperature history during distribution from farm to table. *International Journal of Food Microbiology*. 104: 239-248

Koutsoumanis et al., 2005. Development of a Safety Monitoring and Assurance System for chilled food products. *International Journal of Food Microbiology*

- Kucharski Hubert and Zalac Julek. 2009. Handbook of vitamin C research: daily requirements, dietary sources and adverse effects, Nova Biomedical Books, New York. Pp. 127-135
- Lavelli, V., Pagliarini, E., Ambrosoli, R., Zaroni, B., (2009), Quality of minimally processed red chicory (*Cichorium intybus* L.) evaluated by anthocyanin content, radical scavenging activity, sensory descriptors and microbial indices, *International Journal of Food Science and Technology*, 44, p. 994–1001
- Li Y., R.E. Brackett, R.L. Shewfelt and L.R. Beuchat, 2001. Changes in appearance and natural microflora on iceberg lettuce treated in warm, chlorinated water and then stored at refrigeration temperature. *Food Microbiology*, 18, 299-308
- Lu, Z., Zhang, L., Lu, F., Bie, X., Yu, Z., 2006. Model of microbial growth on fresh-cut lettuce treated with chlorinated water during storage under different temperatures. *Journal of Food Process Engineering*, 29, 106-118
- Lucera, A., Conte, A., Del Nobile, M.A., (2011), Shelf life of fresh-cut green beans as affected by packaging systems, *International Journal of Food Science and Technology*, 46, p.2351–2357
- Martin Diana Ana Belen, Rico Daniel, Barry-Ryan Catherine, Frias Jesus, Mulcahy Jemina, Henehan Gary TM. 2005. Comparison of calcium lactate with chlorine as a washing treatment for fresh-cut lettuce and carrots: quality and nutritional parameters. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 85, 2260-2268
- Martinez-Sanchez, A., Allende, A., Bennett, R.N., Ferreres, F., Gil, M.I. 2006. Microbial, nutritional and sensory quality of rocket leaves as affected by different sanitizers. *Postharvest Biology and Technology* 42:86–97
- Nandagopal S., Kumari B.D. Ranjitha. 2007. Phytochemical and Antibacterial studies of Chicory(*Chicorium Intybus* L.)- A multipurpose medicinal plant, *Advances in Biological Research* 1, 17-21
- Niemira Brendan A., Fan Xuotong, Sokorai Kimberly J.B.2005. Irradiation and modified

atmosphere packaging of endive influences survival and regrowth of *Listeria monocytogenes* and product sensory qualities. *Radiation Physics and Chemistry* 72, 41-48

Olarte, C., Sanz, S., Echavarri, J.F., Ayala, F. 2009. Effect of plastic permeability and exposure to light during storage on the quality of minimally processed broccoli and cauliflower. *LWT - Food Science and Technology* 42;402–411

Outryve M. F. Van, Gossele F, Swings J. 1989. The bacterial microflora of witloof chicory (*Chichorium intybus* L. var. *foliosum* Hegi) leaves. *Microbial Ecology* 18, 175-186

Petrovic J., Stanojkovic A., Comic Lj., Curcic S. 2004. Antibacterial activity of *Chichorium intybus*. *Fitoterapia* 75, 737-739

Prakash A., A.,R., Guner, F., Caporaso, D., M., Foley, 2000. Effects of Low-dose Gamma Irradiation on the Shelf Life and Quality Characteristics of Cut Romaine Lettuce Packaged under Modified Atmosphere. *JFS: Sensory and Nutritive Qualities of Food*, 65:3, 549-553.

Rico D., Martin-Diana A.B., Barat J.M., Barry-Ryan C. 2007. Extending and measuring the quality of fresh-cut fruit and vegetables: a review. *Trends in Food Science and Technology* 18, 373-386

Sant'Ana Anderson, Barbosa Matheus S., Destro Maria Teresa, Landgraf Mariza, Franco Berbadette D.G.M. 2012. *International Journal of Food and Microbiology* 157, 52-58

Scifo Giovanna O., Randazzo Cinzia L., Restuccia Cristina, Fava Giovanni, Caggia Cinzia. 2009. *Listeria innocua* growth in fresh cut mixed leafy salads packaged in modified atmosphere. *Food Control* 20, 611-617

Serrano M., D. Martinez-Romero, F. Guillen, S. Castillo, D. Valero (2006) Maintenance of broccoli quality and functional properties during cold storage as affected by modified atmosphere packaging. *Postharvest Biol Technol* 39:61-68

Shewfelt Robert L., Bruckner Bernhard. 2000. Fruit and vegetable quality, an integrated view.



CRC Press, New York, USA, pp. 87-93

Thompson A.K. 2004. Controlled Atmosphere Storage of fruits and vegetables, CAB international, Cambridge, USA, pp. 234-255

Varoquaux P., Gouble B., Barron C., Yilditz F. 1991. Respiratory parameters and sugar catabolism of mushroom. *Postharvest Biology and Technology* 16, 169-179

Wijnands Lucas M., Delfgou Ellen H.M., Beerepoot-Mensink Marieke E., James IFE Fitz, Leusden Frans M., Pielaat Annemarie. 2014. Prevalence and concentration of bacterial pathogens in raw produce and minimally processed packaged salads produced in and for the Netherlands. *Journal of Food Protection*. Vol 77, No 3, 388-394

Wiley Robert C., 1994. Minimally processed refrigerated fruits and vegetables. Chapman & Hall, London, pp.226-306

Zhan Lijuan, Li Yu, Hu Jinqiang, Pang Lingyun, Fan Huiping. 2012. Browning inhibition and quality preservation of fresh-cut romaine lettuce exposed to high intensity light. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 14, 70-76

Zhang L., Z. Lu, Z. Yu, X. Gao, 2005. Preservation of fresh-cut celery by treatment of ozonated water. *Food Control*, 16, 279-283

Zhang M., Baerdemaeker De J., Schrevens E. 2003. Effects of different varieties and shelf storage conditions of chicory on deteriorative color changes using digital image processing and analysis. *Food Research International* 36, 669-676

Zhan Lijuan, Li Yu, Hu Jinqiang, Pang Lingyun, Faguero Maria Victoria, Ponce Alejandra, Moreira Maria R., Roura Sara I. 2008. Plastic mulch improves microbial quality and shelf life of cold stored butter lettuce (*Lactuca sativa* var. Lores). *Fresh Produce*. p. 12-13

Γιαννακούρου Μ. 2003. Πρόρρηση διατηρησιμότητας τροφίμων με μειωμένη διαθεσιμότητα νερού-Εφαρμογή σε κατεψυγμένα λαχανικά. Διδακτορική διατριβή, Σχολή Χημικών

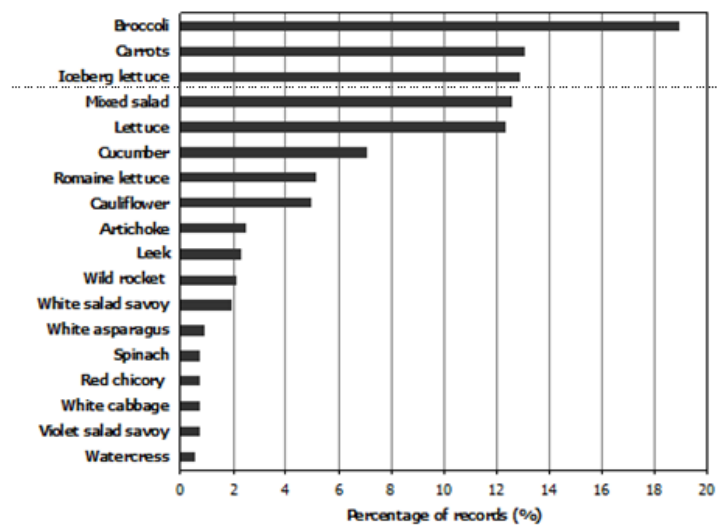
Μηχανικών, Ε.Μ.Π

Δερμενσονλούογλου Ε. 2008. Μελέτη μη θερμικών προκατεργασιών για την βελτίωση της ποιότητας κατεψυγμένων φυτικών προϊόντων. Διδακτορική Διατριβή, Σχολή Χημικών Μηχανικών Ε.Μ.Π

Τζιά Κ., Ταούκης Π., Ωραιοπούλου Β., 2007. Επιστήμη και μηχανική τροφίμων: Συστατικά-Ιδιότητες-Μικροβιολογία-Ποιότητα-Συσκευασία, Εκδόσεις Ε.Μ.Π, Αθήνα

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

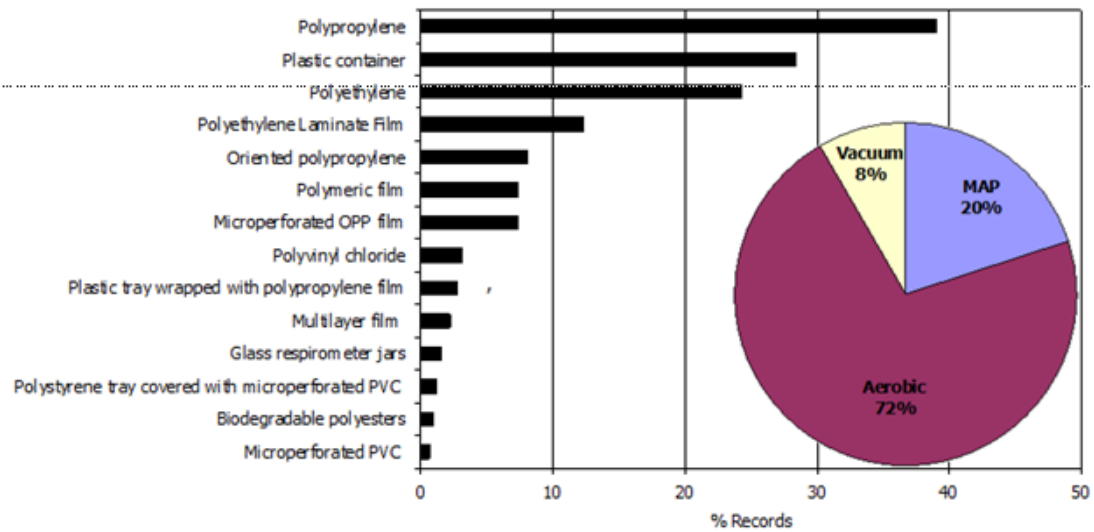
### Είδη προϊόντων



### Είδη πλυσίματος / παράμετροι πλυσίματος προϊόντων σαλάτας

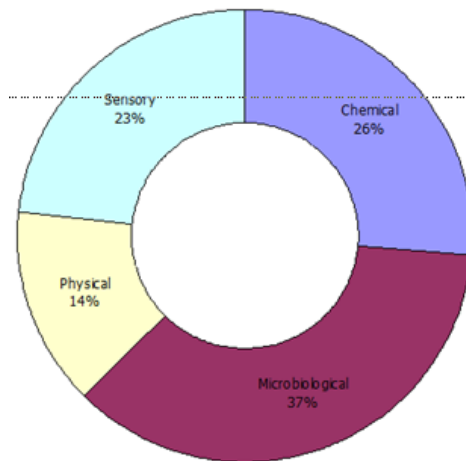
Washing/Chemical agent	Concentration	Time	Temperature (°C)
Acidic electrolyzed water			
Acidified sodium chlorite (ASC) (pH 2.47)	100-500 ppm	1-2 min	
Ascorbic acid	0,20%	2 min	4
Calcium-chloride (CaCl <sub>2</sub> )	2-10%	1 min	
Calcium lactate	30 g/l	1-5 min	18-50
Chlorinated water	20-200 ppm	1-5 min	0-15
Chlorine	20-200 ppm	1-5 min	2-18
Chlorine dioxide (ClO <sub>2</sub> )			
Chlorite ion concentration	20-200 ppm	1-5 min	2-18
Citric acid	0,1-1,0% w/v	1-15 min	
Distilled water		1-8 min	0-45
Free chlorine	50-100 ppm	1-5 min	0-4
Hydrogen peroxide			4
Hydrogen peroxide (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	5 % v/v	2 min	
L-cysteine		2 min	
Nonchlorinated water			
Ozone/Ozonated water		0,5-2 min	0-4
Peroxyacetic acid (PA) (pH 3.72)	40 ppm	2 min	
Potassium hydroxide (KOH)	2%		5-20
Sodium	2000-7000 ppm		
Sodium alginate			
Sodium hypochlorite (NaClO)	50-200 ppm	1-2 min	0
sodium hypochlorite solution	20-200 ppm	>5 min	
Sterile dionized water		2-3 min	4
Tap water		1-5 min	4-47

## Συσκευασία προϊόντων σαλάτας



## Παράμετροι που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό του χρόνου διατηρησιμότητας προϊόντων σαλάτας / Μεθοδολογίες

Quality indicator	% Records
Color	31,3
Overall sensory quality	19,5
Overall acceptance	13,2
Aroma	11,8
Total aerobic bacteria	6,3
Appearance	4,1
Taste	3,3
Visual quality	2,7
Off-odor	1,9
Deteriorated leaves	1,4
Psychrotrophic counts	1,4
Browning	1,1
<i>Enterobacteriaceae</i>	1,1
Yeasts and moulds	0,8



# ΕΝΤΥΠΟ ΟΡΓΑΝΟΛΗΠΤΙΚΗΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

**SENSORY EVALUATION SHEET:** Packaged (AIR or MAP) Dandelion Salad

**NAME & SURNAME:**

**DATE OF EVALUATION:**

<b>Sensory attribute</b>						
<b>Please score from 1 to 9 based on preference.</b>						
Colour (Please also define: Green, yellow, olive-brown colour of leaves)						
Visual Appearance (Please also define: brown cut edges of leaves, leaves with mold, leaves with water in the intracellular spaces noticed as extreme dark green areas on the leaves)						
Odour						
Taste						
Texture (Overall texture)						
<b>Overall Impression</b>						
<b>Please score from 1 to 9 based on intensity (1= no intensity, 9= very intense).</b>						
Sprinklyness (The ability of leaves to sprinkle from each other)						
Brittleness (The ability of leaves to snap into two pieces when bent)						
Freshness (Overall freshness after a careful sensory inspection using appearance, odor and texture attributes)						
<b>Browning Index (0-5: where 0=no spots, 1=spots, 2=&lt;1/5, 3= 1/5-1/4, 4=1/4-1/2, 5=&gt;1/2)</b>						
<b>Acceptability(Yes/No)</b>						
<b>Remarks</b>						