



ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ & ΓΕΩΡΓΙΑΣ
ΣΥΝΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΤΜΗΜΑ: ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΙΤΛΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

**ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΗ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΤΩΝ ΤΑΣΕΩΝ ΚΑΙ ΕΜΠΟΡΙΚΩΝ
ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΤΩΝ ΕΝΕΡΓΩΝ ΚΑΙ ΕΞΥΠΝΩΝ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΩΝ, ΜΑΖΙ
ΜΕ ΠΕΡΙΠΤΩΣΙΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΔΥΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ
ΑΙΧΜΗΣ ΓΙΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ**

Ιωάννης Στράγκας

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

Παναγιώτης Σκανδάμης, Επικ. Καθηγητής ΓΠΑ (επιβλέπων)
Νικόλαος Γεωργόπουλος, Καθηγητής Πα.Πει.
Σταύρος Γιαννιώτης, Καθηγητής ΓΠΑ

Αθήνα, Ιανουάριος 2014

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η υψηλή διατροφική αξία του εδώδιμου τμήματος του ροδιού (*Punica granatum* L.), σε συνδυασμό με την ευεργετική του δράση στην ανθρώπινη υγεία, αποτέλεσαν τη βάση της εκτεταμένης επιστημονικής έρευνας που πραγματοποιείται τα τελευταία χρόνια. Η περιορισμένη κατανάλωσή του όμως έρχεται σε αντίθεση με τα προαναφερθέντα οφέλη, κάτι που αποδίδεται στη δύσκολη και χρονοβόρα διαδικασία εξαγωγής των καρπιδίων από το καρπό. Η ανοδική τάση που παρατηρείται στη ζήτηση και κατανάλωση των έτοιμων προς κατανάλωση (*ready-to-eat*) καρπιδίων ροδιού ερμηνεύει την αύξηση των καλλιεργούμενων εκτάσεων και την ένταση της εμπορευματοποίησης του εδώδιμου τμήματος του καρπού.

Στη παρούσα μελέτη αναπτύχθηκε η ενεργός συσκευασία καρπιδίων ροδιού ποικιλίας “Wonderful”, με κύριο χαρακτηριστικό τη χρήση ήπιων αντιμικροβιακών παραγόντων. Η λειτουργία της βασίστηκε στη σταδιακή απελευθέρωση των πτητικών αερίων του μπράντι στη κεφαλή της συσκευασίας και αξιολογήθηκαν τα αποτελέσματα της επίδρασής τους στο μικροβιακό πληθυσμό, τη φυσική κατάσταση, την υφή και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του εδώδιμου τμήματος του καρπού. Ως τελικός στόχος τέθηκε η εκτίμηση της προοπτικής για την εφαρμογή της προτεινόμενης συσκευασίας σε βιομηχανική κλίμακα και του οικονομικού οφέλους που προκύπτει από την εμπορική της εκμετάλλευση.

Μέσω των πειραματικών διαδικασιών παρατηρήθηκε η επέκταση της διάρκειας ζωής (*shelf life*) των καρπιδίων ροδιού βάρους 10 g στις 23 ημέρες, σε θερμοκρασία 4°C (συνήθεις συνθήκες θερμοκρασίας ψυκτικής αλυσίδας), μετά από εφαρμογή 2 ml μπράντι. Η επιβράδυνση του ρυθμού αναπνοής και της μικροβιακής αλλοίωσης των καρπιδίων επιτεύχθηκε στο σύνολο αυτών που δέχθηκαν την επίδραση των πτητικών αερίων αλκοολούχων διαλυμάτων (αιθανόλης ή μπράντι, 36% v/v), όντας εντονότερη όσο αυξάνονταν η συγκέντρωσή τους. Η εφαρμογή του μπράντι στην ενεργό συσκευασία περιόρισε την έκταση των πληθυσμών των OMX, οξυγαλακτικών βακτηρίων (LAB), ζυμών και μυκήτων, ενώ κρίθηκε περισσότερο αποτελεσματική από αυτή της αιθανόλης, ίδιας συγκέντρωσης και θερμοκρασίας αποθήκευσης.

Επίσης, αποδείχθηκε πως η αύξηση της θερμοκρασίας συντήρησης των καρπιδίων, ανεξάρτητα από την εφαρμογή των ήπιων αντιμικροβιακών που δοκιμάστηκαν στη παρούσα μελέτη, προκάλεσε ταχύτερη και υψηλότερη ποσοστιαία απώλεια του βάρους των, ενώ η υποβάθμιση της τραγανότητας (φρεσκότητας) καθίσταντο εντονότερη. Εν αντιθέσει, το pH των καρπιδίων δεν επηρεάστηκε σημαντικά από την έκλυση των πτητικών αερίων της αιθανόλης και του μπράντι. Οι μεταβολές του χρώματος των καρπιδίων ροδιού υπό την επίδραση του μπράντι στους 4°C ταυτίστηκαν με την ενίσχυση του σκούρου ερυθρού χρωματισμού τους, ενώ τέλος, περιόρισε την όξινη γεύση των καρπιδίων και προσέδωσε το χαρακτηριστικό άρωμά του εντός της συσκευασίας.

Έτσι, η προτεινόμενη ενεργός συσκευασία αξιολογήθηκε ως κατάλληλη για τη διανομή του προϊόντος σε απομακρυσμένες εγχώριες ή διεθνείς αγορές, ενώ η διαθεσιμότητα του προϊόντος στους καταναλωτές για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα μπορεί να οδηγήσει στην αύξηση του οικονομικού οφέλους των επιχειρήσεων. Η μοναδικότητα του τελικού προϊόντος, λόγω της χαρακτηριστικής γεύσης και του αρώματος του μπράντι, δύναται να αποτελέσει το σημείο υπεροχής της επιχείρησης έναντι των ανταγωνιστών της.

Επιστημονική περιοχή Εργασίας

Επιστήμη και Τεχνολογία Τροφίμων, Ποιοτικός έλεγχος και Υγιεινή των Τροφίμων, Μηχανική Τροφίμων, Οικονομική Ανάλυση, Στρατηγικές *Marketing* Επιχειρήσεων

Λέξεις κλειδιά

Ρόδι, καρπίδια, μπράντι, πτητικά αέρια, αλλοίωση, αντιμικροβιακή ενεργός συσκευασία, κόστος, στρατηγική *marketing*

ABSTRACT

The high nutritional value of the edible part of the pomegranate (*Punica granatum* L.) known as arils, in conjunction with the beneficial effect on human health, were the basis of extensive scientific research conducted in recent years. However, the aforementioned health benefits come in contrast with the limited consumption, which is attributed to the difficult and time-consuming separation of pomegranate arils from the endocarp. The upward trend in the demand and consumption of *ready-to-eat* (RTE) pomegranate arils interprets the increase of cultivated land and the intensity of the commercialization of the edible part of the fruit.

The aim of the present study was the development of an active packaging of pomegranate arils, variety "Wonderful", with the main feature being the use of mild antimicrobial agents. The operation was based on the gradual release of brandy vapors at the headspace of package, while the results of their impact on microbial population, physical condition, texture and organoleptic characteristics of the edible portion of the fruit were evaluated. As a final objective was the assessment of the prospects for the implementation of the proposed packaging in industrial scale and economic benefits resulting from its commercial exploitation.

Through experimentation was observed the extension of shelf life of 10 g pomegranate arils to 23 days at a temperature of 4⁰C (cold chain common temperature) after applying 2 ml brandy. The slower respiration and microbial spoilage of arils achieved in all those who were exposed to vapors of alcoholic solutions (ethanol or brandy, 36% v/v), being more pronounced with increasing their concentration. The implementation of brandy in active packaging reduced the scope of the populations of TVC, lactic acid bacteria (LAB), yeasts and fungi, while was considered more effective than ethanol at the same concentration and storage temperature.

Also, it was shown that the increase of maintenance temperature of arils, irrespective of the implementation of mild antimicrobial were tested in this study, induced faster and higher percentage of the weight loss, while degradation of crispness (freshness) became intense. In contrast, the pH of pomegranate arils is not significantly affected by the release of volatile gases of ethanol and brandy. Changes in color, under the influence of

brandy at 4⁰C, were identified with the aid of a dark red color of arils, the sour taste was reduced and finally, was given the characteristic aroma inside the packaging space.

Thus, the proposed active packaging was assessed as suitable for the distribution of the product in remote domestic and international markets, while the availability of the product to consumers for a longer period of time can lead to an increase of the economic benefit of enterprises. The uniqueness of the proposed product, due to its characteristic flavor and aroma of brandy, may be the strong point of the company against its competitors.

Scientific work Area

Food Science and Technology, Food Quality Control and Hygiene, Food Engineering, Economic Analysis, Business Marketing Strategies

Keywords

Pomegranate, arils, brandy, vapor, spoilage, antimicrobial active packaging, cost, marketing strategy

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η υλοποίηση της παρούσας ερευνητικής εργασίας πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών «Οργάνωση και Διοίκηση Επιχειρήσεων Τροφίμων και Γεωργίας», του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών. Η αναζήτηση και υιοθέτηση νέων μεθόδων επέκτασης της διάρκειας ζωής των τροφίμων, χωρίς την εφαρμογή χημικών ουσιών, αποτελεί τη νέα τάση στη βιομηχανία. Τα τελευταία χρόνια, η προσπάθεια αυτή επεκτάθηκε σημαντικά στο τομέα των φρούτων και λαχανικών, η αποδοχή των οποίων ενισχύεται μέσω της παρουσίασης των ευεργετικών επιδράσεων τους στην ανθρώπινη υγεία, απόρροια των πολυάριθμων επιστημονικών ερευνών που διενεργούνται.

Ως σκοπός της μελέτης ορίστηκε η ανάπτυξη ενεργού συσκευασίας για την επιμήκυνση της διάρκειας ζωής (*shelf life*) των καρπιδίων ροδιού, με χρήση ήπιων αντιμικροβιακών ουσιών και πιο συγκεκριμένα του μπράντι. Η πειραματική διαδικασία αυτή πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο Ποιοτικού Ελέγχου και Υγιεινής Τροφίμων του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών. Η ανάλυση της σύστασης του αέρα της «κεφαλής» της συσκευασίας, όπως και της πολυφασματικής εικόνας των καρπιδίων, πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο Μικροβιολογίας και Βιοτεχνολογίας Τροφίμων, ενώ ο προσδιορισμός των μεταβολών της υφής υλοποιήθηκε με τη χρήση της υλικοτεχνικής υποδομής του εργαστηρίου της Μηχανικής Τροφίμων Επεξεργασίας και Συντήρησης Γεωργικών Προϊόντων, τα οποία επίσης ανήκουν στο παραπάνω Ανώτατο Εκπαιδευτικό Ίδρυμα.

Πρωτίστως, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Επιβλέποντα, Επίκουρο Καθηγητή κ. Σκανδάμη Παναγιώτη, για την εμπιστοσύνη που επέδειξε στο πρόσωπό μου ως προς την υλοποίηση της παρούσας ιδέας, την ουσιαστική καθοδήγηση, την αμέριστη συμπαράσταση και κατανόησή του καθόλη τη διάρκεια της εκπόνησης της διατριβής μου. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τη Μεταδιδάκτορα Ερευνήτρια κα. Νατάσα Καπετανάκου, για την αστείρευτη υποστήριξη και καθοδήγησή της από την έναρξη έως τη λήξη της πειραματικής διαδικασίας, αλλά και συγγραφή της μελέτης, διότι με τη παρουσία της εξασφάλισε την ολοκλήρωση της παρούσας διατριβής.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω τα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής, τον Καθηγητή κ. Σταύρο Γιαννιώτη και τον Πρύτανη του Πανεπιστημίου Πειραιά, Καθηγητή κ. Νικόλαο Γεωργόπουλο, για τη τιμή που μου προσέφεραν συμμετέχοντας στη κρίση της μεταπτυχιακής μου διατριβής.

Τέλος, επιθυμώ να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την οικογένειά μου για τη στήριξη και συμπαράστασή της όλο αυτό το χρονικό διάστημα, καθώς και τους φίλους μου για τη συνεχή υποστήριξη και βοήθειά τους. Ευχαριστώ ακόμη τη Μεταπτυχιακή γεωπόνο Μαριάννα Πατσού, για την υπομονή, τη κατανόηση και την ηθική υποστήριξη σε αυτή μου τη προσπάθεια.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	2
ABSTRACT.....	4
ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	6
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ.....	8
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	11
1. ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΡΟΔΙΑΣ	11
1.1. <i>Ιστορικό και προέλευση</i>	11
1.2. <i>Βοτανική ταξινόμηση και χαρακτήρες</i>	12
1.3. <i>Ποικιλίες</i>	14
1.4. <i>Επιθυμητά χαρακτηριστικά του καρπού</i>	16
1.5. <i>Ενεργητικές επιδράσεις του ροδιού.....</i>	16
1.6. <i>Άλλες χρήσεις του ροδιού</i>	18
1.7. <i>Μελλοντικές προοπτικές</i>	18
2. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΙΧΜΗΣ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ.....	21
2.1. <i>Ενεργός και Έξυπνη συσκευασία.....</i>	21
2.2. <i>Ισχύον Νομικό πλαίσιο για την Ενεργό και Έξυπνη συσκευασία.....</i>	23
2.3. <i>Ορισμός και Περιγραφή της Ενεργού συσκευασίας ως τεχνολογία αιχμής.....</i>	25
2.4. <i>Ελάχιστα επεξεργασμένα τρόφιμα</i>	26
2.5. <i>Εφαρμογή της Ενεργού συσκευασίας σε ελάχιστα επεξεργασμένα τρόφιμα</i>	27
2.6. <i>Η περίπτωση της Αντιμικροβιακής συσκευασίας.....</i>	29
2.7. <i>Προοπτικές εφαρμογής της Ενεργού συσκευασίας σε «έτοιμα προς κατανάλωση» (ready-to-eat) καρπίδια ροδιού</i>	32
2.8. <i>Στάση των καταναλωτών, εξέλιξη και προβλέψεις για την τεχνολογία αιχμής.....</i>	35
2.9. <i>Σκοπός της Εργασίας</i>	37
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	38
3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	38
3.1. <i>Προετοιμασία και αποθήκευση των καρπιδίων ροδιού</i>	38
3.2. <i>Σύσταση αέρα «κεφαλής» της συσκευασίας.....</i>	39
3.3. <i>Πολυφασματική Απεικόνιση.....</i>	40
3.4. <i>Μικροβιολογική Ανάλυση</i>	41
3.5. <i>Μέτρηση απώλειας βάρους.....</i>	41
3.6. <i>Προσδιορισμός pH</i>	42

3.7. Χρωματομετρική Ανάλυση	42
3.8. Οργανοληπτικός Έλεγχος	43
3.9. Προσδιορισμός Υφής	44
3.10. Στατιστική Ανάλυση	44
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ	45
4.1. Σύσταση Αέρα κεφαλής της συσκευασίας	45
4.2. Μικροβιολογική Ανάλυση	47
4.3. Μεταβολή του pH των καρπιδίων	55
4.4. Μεταβολή του τελικού βάρους των καρπιδίων	58
4.5. Μεταβολή της υφής των καρπιδίων	61
4.6. Χρωματομετρική Ανάλυση	62
4.7. Πολυφασματική Απεικόνιση	66
4.8. Οργανοληπτικός έλεγχος	69
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ	74
5. ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ	74
5.1. Στατιστική περιγραφή της καλλιέργειας της ροδιάς παγκοσμίως	74
5.2. Απόδοση οπωρώνα ροδιάς	75
5.3. Μέσο Κόστος εγκατάστασης της καλλιέργειας	75
5.4. Μέσο Κόστος συγκομιδής	77
5.5. Εξαγωγή καρπιδίων ροδιού με μηχανικά μέσα	78
5.6. Προώθηση της παραγωγής στην αγορά	79
5.7. Παρουσίαση υφιστάμενης εμπορικής συσκευασίας στην Ελλάδα	81
5.8. Παρουσίαση Προτεινόμενης Ενεργής συσκευασίας	84
5.8.1. Σύνθεση τελικού προϊόντος	85
5.8.2. Ανάλυση του τελικού προϊόντος (φυσικοχημική, θρεπτική, μικροβιολογική, αισθητήρια)	85
5.8.3. Εμπορική διάρκεια ζωής και συνθήκες διατήρησης του τελικού προϊόντος	87
5.8.4. Mock up της συσκευασίας (μοντέλο)	88
5.8.5. Υπολογισμός Τελικού κόστους της προτεινόμενης ενεργού συσκευασίας	89
6. ΑΝΑΛΥΣΗ ΥΠΑΡΧΟΥΣΑΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ-ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΜΚΤ	91
6.1. Παρουσίαση Υφιστάμενης κατάστασης στην Ελληνική αγορά	91
6.2. Πλεονεκτήματα της προτεινόμενης ενεργού συσκευασίας και σύγκριση με την υφιστάμενη	93

6.3. Στρατηγική Marketing Mix για την ελληνική αγορά.....	96
7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	99
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	101

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1. ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΡΟΔΙΑΣ

1.1. Ιστορικό και προέλευση

Η καλλιέργεια της ροδιάς (*Punica granatum* L., *Punicaceae*) στην Ελλάδα θεωρείται αρχαιότερη από εκείνη της αμυγδαλιάς και της βερικοκιάς και σύγχρονη με εκείνη της ελιάς, του αμπελιού και της συκιάς. Η καταγωγή της εντοπίζεται στη περιοχή μεταξύ βόρειας Ινδίας και Ιράν (Περσία), από όπου διαδόθηκε στην υπόλοιπη Ασία, Αφρική και Ευρώπη (Jurenka 2008; Στυλιανίδης et al. 2009). Η εξάπλωσή της στις μεσογειακές χώρες, ιδιαίτερα στην Ιβηρική χερσόνησο και την Ισπανία είναι χαρακτηριστική (η πόλη Γρανάδα οφείλει το όνομά της στους υψηλής ποιότητας καρπούς ροδιού που παράγονταν στη περιοχή) (Ποντίκης, 1996). Το όνομά της (*Pomegranate*) προέρχεται από το λατινικό αλφάβητο (“*romum*” και “*granatus*”) και μεταφράζεται ως «μήλο που φέρει πολλά σπέρματα», ενώ θεωρείται μία από τις πρώτες καλλιέργειες που δραστηριοποιήθηκε ο άνθρωπος (Crites et al. 2005; Jurenka 2008).

Το ρόδι μπορεί να χαρακτηριστεί ως ένα αρχαίο, μυστικιστικό και ιδιαίτερα χαρακτηριστικό φρούτο. Οι αναφορές του δε περιορίζονται μόνο στη μυθολογία όπου εμφανίζεται να καταλαμβάνει εξέχουσα θέση στις τελετές και τη τέχνη των Αιγυπτίων και των Ελλήνων. Οι παραπομπές στη Παλαιά Διαθήκη, στην εβραϊκή Τορά και το Βαβυλωνιακό Ταλμούδ είναι πολυάριθμες έχοντας κοινό σημείο την αποδοχή του ροδιού ως ιερό καρπό της γονιμότητας, της ευημερίας, της αφθονίας, της καλοτυχίας, της ζωής και της αναγέννησης. Τέλος, ένα ακόμη γεγονός (μεταξύ άλλων) το οποίο καταδεικνύει τη σημαντικότητα της ροδιάς αποτελεί η χρήση της ως το προσωπικό έμβλημα του αυτοκράτορα Μαξιμιλιανού της Αγίας Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας (Jurenka 2008; Mccutcheon et al. 2008; Δρογούδη 2009; Rhizoroulou 2004).

Σήμερα, η καλλιέργεια της ροδιάς εντοπίζεται στις υποτροπικές και τροπικές περιοχές σε ολόκληρο το κόσμο, φανερώνοντας την υψηλή προσαρμοστικότητα και το ευρύ φάσμα της ποικιλοτήτάς της για μια μεγάλη ποικιλία κλιματικών συνθηκών (Teixeira

da Silva et al. 2013). Είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη στην Ινδία, η οποία αποτελεί τη μεγαλύτερη παραγωγό χώρα ροδιών στο κόσμο (Saeideh Ebrahimi et al. 2010), στο Ιράν, στη Κίνα, στη Τουρκία και τις Η.Π.Α, χώρες οι οποίες τοποθετούνται μεταξύ των κύριων παραγωγών παγκοσμίως. Τα τελευταία χρόνια, τεράστιο ενδιαφέρον για τη καλλιέργειά της έχουν να επιδείξουν χώρες του νοτίου ημισφαιρίου, όπως η Χιλή, η Αργεντινή, το Περού, η Νότιος Αφρική και η Αυστραλία. Σε ευρωπαϊκό επίπεδο, η Ισπανία χαρακτηρίζεται ως η κύρια παραγωγός χώρα ροδιών. Στην Ελλάδα, το μεγαλύτερο ποσοστό της καλλιέργειας συγκεντρώνονταν στη Πελοπόννησο, όπου μέχρι το έτος 2005 στη περιοχή της Ερμιόνης εντοπιζόταν η μοναδική παραδοσιακή και συστηματική καλλιέργεια, με σκοπό τη παραγωγή και διάθεση νωπού προϊόντος. Πλέον, οι εμπορικοί οπωρώνες έχουν εξαπλωθεί σε πολυάριθμες περιοχές, όπως το Κιλκίς, οι Σέρρες, η Δράμα, η Πέλλα και άλλες (Δρογούδη et al. 2012; Δρογούδη 2009; Ποντίκης 1996).

1.2. Βοτανική ταξινόμηση και χαρακτηριστές

Η ροδιά ανήκει στη κλάση *Magnoliopsida*, υποκλάση *Rosidae*, τάξη *Myrtales* και οικογένεια *Punicaceae*, ενώ χαρακτηρίζεται ως διπλοειδής με αριθμό χρωμοσωμάτων $2n=16$ ($n=8$) (Ποντίκης 1996). Το γένος *Punica* περιλαμβάνει δύο (2) είδη: *P. Granatum* και *P. protopunica*. Το *P. granatum* καλλιεργείται εκτενώς σε παγκόσμια κλίμακα με σκοπό τη παραγωγή καρπού ροδιού (Saeideh Ebrahimi et al. 2010). Το *P. protopunica* αποτελεί ενδημικό είδος του νησιού Σοκότρα (Υεμένη), θεωρείται πρόγονος του γένους λόγω της ξυλώδους ανατομίας του (Holland et al. 2009) και το μοναδικό συγγενές με το καλλιεργούμενο (Mars 2000; Mothana & Lindequist 2005). Η αναζήτηση της χρησιμότητάς του εστιάζεται στη πιθανή αντιμικροβιακή του δράση έναντι πολυανθεκτικών οργανισμών (Mothana & Lindequist 2005).

Η ροδιά χαρακτηρίζεται ως θάμνος ή μικρό φυλλοβόλο δένδρο, ύψους 2-4 m (Sheets & Bois 1994), μπορεί να φτάσει όμως και το ύψος των 9 m (Δρογούδη et al. 2012). Φέρει λεπτή και ακανθώδη βλάστηση (κλαδιά), ενώ οι οφθαλμοί της διακρίνονται σε ξυλοφόρους και μικτούς, χωρίς ωστόσο να γίνονται εύκολα αντιληπτοί μακροσκοπικά. Τα φύλλα της ροδιάς είναι αντίθετα και σταυρωτά σε ορθές γωνίες, δερματώδη, σκούρου

πράσινου χρώματος και γυαλιστερά, μακρόστενα με αμβλεία κορυφή και οξυτενή βάση, μήκους 3-7 cm και πλάτους 2 cm (Sheets & Bois 1994; Ποντίκης 1996; Δρογούδη et al. 2012; FAO/WHO 2009; Holland et al. 2009).

Η ροδιά θεωρείται μονόοικο είδος (Mars 2000) και σχηματίζει τρία (3) είδη ανθέων: α) τα αρσενικά, τα οποία είναι κωνικά στη βάση τους, έχουν ατροφικές ωοθήκες και είναι στείρα, β) τα ερμαφρόδιτα (καρποφόρα), όπου φέρουν κανονικά ανεπτυγμένη ωοθήκη, είναι μεγάλου μεγέθους, κυλινδρικά στη βάση τους και μπορούν να γονιμοποιηθούν προκειμένου να σχηματιστούν οι καρποί και, γ) τον ενδιάμεσο τύπο ανθέων, ο οποίος εμφανίζει μικρότερο ποσοστό καρπόδεσης συγκριτικά με τα ερμαφρόδιτα (Jalikor 2010; Δρογούδη et al. 2012). Τα άνθη ενδιάμεσου τύπου απαντούν σποραδικά στη ροδιά, φέρουν στύλο ίδιου μήκους με τα αρσενικά ή τα καρποφόρα και δε γονιμοποιούνται ή γονιμοποιούνται χωρίς να ωριμάζουν πλήρως, αντίστοιχα. Οι ποικιλίες της ροδιάς είναι αυτογόνιμες, λόγω της παρουσίας των διαφορετικών ειδών ανθέων, ενώ αξιοσημείωτη αύξηση της καρπόδεσης παρατηρείται στη περίπτωση όπου συντελείται σταυρεπικονίαση (Ποντίκης 1996).

Η οικονομική σημασία της καλλιέργειας έγκειται στη παραγωγή του ροδιού. Ο καρπός είναι ράγα μεγάλου μεγέθους (Ποντίκης 1996) και το σχήμα του είναι στρογγυλό ή κάπως πεπλατυσμένο έως εξαγωνικό, με υπερυψωμένο κάλυκα (κορώνα) και διάμετρο 5-12 cm (Sheets & Bois 1994; Δρογούδη et al. 2012; Teixeira da Silva et al. 2013). Το βάρος του ροδιού κυμαίνεται μεταξύ 150-800 g, ενώ ο αριθμός των καρπιδίων που εντοπίζονται στο εσωτερικό του υπολογίζεται σε 300-600 (Δρογούδη et al. 2012), όταν σε ορισμένες ποικιλίες μπορεί να φτάσει τα 1300 ανά καρπό. Εξωτερικά φέρει το φλοιό (περικόρπιο), ένα δερματώδες, λείο περίβλημα, το χρώμα του οποίου ποικίλει από καφέ-κίτρινο έως ρόζ ή βαθύ κόκκινο, ανάλογα με τη ποικιλία και το στάδιο ωρίμανσης. Το μεσοκάρπιο (γνωστό και ως *albedo*) διαμερισματοποιείται από την ύπαρξη ενός οριζόντιου διαφράγματος και πολυάριθμων κάθετων διαφραγματικών μεμβρανών από χαρτώδη ιστό (Teixeira da Silva et al. 2013). Οι «θάλαμοι» που προκύπτουν είναι οργανωμένοι με ένα μη συμμετρικό τρόπο και αντιπροσωπεύουν τους χώρους οι οποίοι πληρώνονται με τα καρπίδια, το εδώδιμο τμήμα του καρπού (αντιπροσωπεύουν το 52% του συνολικού του βάρους) (Holland et al. 2009). Το κάθε καρπίδιο αποτελείται από έναν

ασκό, όπου ανάλογα με τη ποικιλία ο χυμός αποκτά λευκό-ροζ έως έντονο ερυθρό χρωματισμό και ένα σπέρμα, η σκληρότητα και το μέγεθος του οποίου εξαρτώνται ομοίως από τη ποικιλία (Δρογούδη et al. 2012).

1.3. Ποικιλίες

Αξιόλογες ποικιλίες ροδιάς έχουν καταγραφεί σε διάφορες τοποθεσίες ανά τον κόσμο και πιο συγκεκριμένα την Ευρώπη (Ισπανία, Γαλλία, Ελλάδα, Ιταλία, Κύπρο), την Ασία (Ινδία, Ιράν, Κίνα, Ρωσία, Ισραήλ, Τουρκία και άλλες) και τη Βόρειο Αφρική (Μαρόκο, Τυνησία, Αίγυπτο) (Holland et al. 2009). Η ομαδοποίηση των ποικιλιών πραγματοποιείται με βάση: α) τη περιεκτικότητα του χυμού τους σε οξέα, όπου κατατάσσονται σε γλυκές (< 0.9% οξέα), ημίγλυκες (0.9-1.8% οξέα) και όξινες (> 1.8% οξέα) ποικιλίες, β) τη περίοδο καρποφορίας (συγκομιδής), όπου χαρακτηρίζονται ως πρώιμες, μεσοπρώιμες και όψιμες, γ) τη προτεινόμενη χρήση (επιτραπέζιες και προς χυμοποίηση ποικιλίες), δ) τη σκληρότητα του καρπιδίου (μαλακά ή σκληρά) και, ε) το μέγεθος του καρπού (μικρόκαρπες και μεγαλόκαρπες ποικιλίες) (Mars 2000; Δρογούδη 2009).

Η διάδοση των ποικιλιών της ροδιάς σε διαφορετικές περιοχές και ηπειρούς διαδραμάτισε σημαντικό ρόλο στην απόδοση του ονόματός τους, ενώ είναι εξαιρετικά πιθανό οι ίδιοι γενότυποι να φέρουν διαφορετική ονομασία ανάλογα με τη περιοχή από όπου προήλθαν. Σε πολλές περιπτώσεις αυτό γίνεται εμφανές όταν μια ένδειξη της προέλευσης της ποικιλίας είναι ενσωματωμένη στο όνομά της, όπως για παράδειγμα οι ποικιλίες “Kaboul” και “Kandahary” όπου αυτό υπαινίσσει τη πιθανή καταγωγή τους από τις αφγανικές πόλεις Καμπούλ και Κανταχάρ, αντίστοιχα (Holland et al. 2009). Παρόλο το μεγάλο αριθμό των τοπικών ποικιλιών που συναντάται στις περισσότερες χώρες, ελάχιστες είναι αυτές οι οποίες αξιοποιούνται σε εμπορική κλίμακα (Mars 2000). Για το λόγο αυτό η διαφοροποίηση των χαρακτηριστικών των καρπών ροδιού σε κάθε περιοχή καλλιέργειάς του συνδέεται με τη κουλτούρα της εκάστοτε περιοχής, αντανακλώντας τις προτεραιότητες της στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του καρπού, όπως την οξύτητα και τη σκληρότητα των καρπιδίων (Holland et al. 2009).

Πάνω από 500 ποικιλίες ροδιάς έχουν κατονομαστεί παγκοσμίως, στις οποίες περιλαμβάνονται και εκείνες που ενώ φέρουν τον ίδιο γενότυπο είναι ευρέως γνωστές με διαφορετικό όνομα ανάλογα με τη περιοχή καλλιέργειάς τους (Mercure & Stover 2007). Στη σημαντικότερες ποικιλίες εντάσσονται: η “*Wonderful*” (γλυκόξινη ποικιλία με βαθιού κόκκινου χρώματος καρπίδια), η οποία προήλθε και καλλιεργήθηκε στις Η.Π.Α., ενώ μετέπειτα διαδόθηκε στη Δυτική Ευρώπη, το Ισραήλ και τη Χιλή (Sheets & Bois 1994; Sepulveda et al. 1997; Holland et al. 2009; Δρογούδη et al. 2012), οι “*Kandhari*” (γλυκόξινη ποικιλία με καρπίδια χρώματος βαθύ ροζ ή κόκκινα), “*Bedana*” (γλυκιά ποικιλία με ροζ ή άσπρα καρπίδια) και “*Kabul*” (γλυκιά ποικιλία με καρπίδια βαθιού κόκκινου χρώματος) της Ινδίας (Morton 1987), οι “*Mollar de Elche*” (γλυκιά ποικιλία με κόκκινα καρπίδια) και “*Valenciana*” (γλυκιά ποικιλία) της Ισπανίας, αποτελώντας μάλιστα τις περισσότερο εμπορεύσιμες ποικιλίες στη Δυτική Ευρώπη (Mercure & Stover 2007; Holland et al. 2009), η “*Hicaznar*” (γλυκόξινη ποικιλία) της Τουρκίας (Holland et al. 2009), οι “*Wonderful*” και “*Red Loufani*” (γλυκιά ποικιλία με ροζ καρπίδια) στο Εβραϊκό τμήμα και οι “*Malissi*”, “*Ras el Baghl*” στο Αραβικό τμήμα του Ισραήλ (Morton 1987). Σε αυτές προστίθενται οι γλυκιές ποικιλίες “*Akko*” και “*Shani-Yonay*”, αποτέλεσμα της αύξησης των εξαγωγών και ζήτησης για πρώιμες κόκκινες ποικιλίες (Holland et al. 2009). Τέλος, η “*Bhagwa*”, παρόλο που η εμπορική παραγωγή ροδιών στη Νότιο Αφρική είναι σε πρωταρχικό στάδιο, αποτελεί μία από τις πιο ευρέως καλλιεργούμενες ποικιλίες όχι μόνο στη περιοχή, αλλά παγκοσμίως (Fawole & Orara 2013).

Οι Ελληνικές καλλιεργούμενες ποικιλίες έχουν προέλθει από σπορόφυτα, ενώ στο εμπόριο φέρονται με το όνομα του τόπου προέλευσης (Ποντίκης 1996). Η ολοένα αυξανόμενη ζήτηση ροδιών, τόσο σε εγχώρια όσο και σε παγκόσμια κλίμακα, επηρέασε και συνεχίζει να διαμορφώνει το σύνολο των ποικιλιών που συναντώνται στον Ελλαδικό χώρο. Πιο συγκεκριμένα, παρόλο που οι περισσότερες τοπικές ποικιλίες είναι γλυκές επικράτησε η εκτεταμένη φύτευση γλυκόξινων ποικιλιών που προορίζονται για εξαγωγή και παραγωγή εξαιρετικής ποιότητας χυμού (Δρογούδη et al. 2012). Τα τελευταία χρόνια όμως διαπιστώθηκε αύξηση της ζήτησης επιτραπέζιων ποικιλιών, προκρίνοντας την εγκατάσταση της ελληνικής ποικιλίας “*Ερμιόνης*” (γλυκιά ποικιλία με καρπίδια έντονου ερυθρού χρώματος) (Δρογούδη 2009), ενώ ιδιαίτερα σημαντικές παραδοσιακές ποικιλίες

(πληθυσμοί) εξακολουθούν να θεωρούνται η “*Γλυκιά Πατρών*” (γλυκιά ποικιλία), τα “*Κρασορόδια*” (όξινη ποικιλία με καρπίδια κόκκινου χρώματος) και η “*Ξινή Πατρών*” (όξινη ποικιλία με καρπίδια έντονου ερυθρού χρώματος), η οποία θεωρείται ως η πλέον κατάλληλη για παραγωγή χυμού και γρεναδίνης (Γάτσιος 2010).

1.4. Επιθυμητά χαρακτηριστικά του καρπού

Η εμπορική αξία του ροδιού καθορίζεται από το ποσοστό επιτυχίας της έκφρασης του γενότυπού του, γεγονός που συνδέεται άμεσα με τη κατάσταση της καλλιέργειας, τις εφαρμοζόμενες καλλιεργητικές τεχνικές στις διάφορες περιοχές και τη προβλεπόμενη χρήση των βελτιωμένων ποικιλιών (Mars 2000; Jalikop 2010). Μεταξύ των επιθυμητών χαρακτηριστικών των καρπών, προκειμένου αυτοί να είναι εμπορεύσιμοι, αναφέρονται η άριστη ποιότητα του φρούτου (ικανοποιητικό μέγεθος και σχήμα, αντιπροσωπευτικό της ποικιλίας χρώμα φλοιού και καρπιδίων, αποδεκτό επίπεδο σακχάρων και οξύτητας), η ανθεκτικότητά του στο σχίσιμο, στους εχθρούς (οι όξινες ποικιλίες εμφανίζονται ως περισσότερο ανθεκτικές σε σχέση με τις γλυκιές) αλλά και στους μετασυλλεκτικούς χειρισμούς κατά την αποθήκευση και μεταφορά τους (Mars 2000).

1.5. Ευεργετικές επιδράσεις του ροδιού

Οι ευεργετικές επιπτώσεις του ροδιού στην ανθρώπινη υγεία, καθώς και οι άριστες οργανοληπτικές του ιδιότητες, αποτέλεσαν τη βάση της εκτεταμένης έρευνας μετά την επιφυλακτική αντιμετώπιση που έτυχε κατά τα πρώτα χρόνια εμφάνισής του (Δρογούδη et al. 2012). Σήμερα, το ρόδι είναι ιδιαίτερα γνωστό σε ολόκληρο τον κόσμο και σε συνδυασμό με την αυξανόμενη ζήτησή του καθιστά επιτακτική τη ταυτόχρονη βελτίωση της παραγωγής και της ποιότητάς του (Holland et al. 2009). Στο πλαίσιο αυτό, τη τελευταία δεκαετία παρατηρείται αξιόλογη αύξηση της εμπορικής καλλιέργειας ροδιών παγκοσμίως (Caleb et al. 2011).

Ο καρπός του ροδιού δύναται να καταναλωθεί ως νωπός ή έπειτα από τη μεταποίησή του ως χυμός ή ζελέ, ενώ χρησιμοποιείται υπό μορφή σιροπιού στη βιομηχανία για τη πρόσδοση χρώματος ή αρώματος σε ποτά (Akbarpour et al. 2009; Fadavi et al. 2006). Στο εμπόριο διακινείται ένας μεγάλος αριθμός προϊόντων με βάση το ρόδι, όπως ξύδι, μαρμελάδα, κρασί, κονσερβοποιημένα ποτά, αποξηραμένοι σπόροι, λάδι από τα σπέρματα, συμπληρώματα διατροφής, καλλυντικά, ενώ χρησιμοποιείται ως συστατικό σε πολλά προϊόντα όπως, μπάρες δημητριακών, μαύρο τσάι, μπισκότα (Δρογούδη et al. 2012). Η πολυδιάστατη χρήση του καρπού βασίζεται στις ευεργετικές επιδράσεις του στην ανθρώπινη υγεία και πιο συγκεκριμένα, την υψηλή αντιοξειδωτική, αντιμεταλλαξιογόνο και αντιυπερτασική του ιδιότητα, την ικανότητα μείωσης της υπατικής βλάβης, της υπερλιπιδαιμίας, την αντιφλεγμονώδη και αντιαρτηριοσκληρωτική επίδραση εναντίον της οστεοαρθρίτιδας, της ευεργετικής του δράσης εναντίον του καρκίνου του προστάτη, του διαβήτη, των βακτηριακών λοιμώξεων, της στυτικής δυσλειτουργίας και ανδρικής υπογονιμότητας, των καρδιακών παθήσεων και του HIV-1 (Jurenka 2008; Caleb et al. 2011).

Τη τελευταία δεκαετία έχουν πραγματοποιηθεί πολυάριθμες μελέτες οι οποίες αναδεικνύουν τις θεραπευτικές ιδιότητες των εκχυλισμάτων όλων των μερών του καρπού, αλλά και των υπολοίπων τμημάτων του δένδρου, όπως του φλοιού, των ανθέων, των ριζών και των φύλλων. Μεταξύ των σημαντικότερων συστατικών του ροδιού, τα οποία συνδέονται με τις θεραπευτικές του ιδιότητες, συγκαταλέγονται το ελλαγικό οξύ, οι ελλαγιτανίνες, οι ανθοκυανιδίνες, οι ανθοκυανίνες, τα φλαβονοειδή, οι οιστρογονικές φλαβονόλες και οι φλαβονόλες (Jurenka 2008; Holland et al. 2009). Το βρώσιμο τμήμα του καρπού (καρπίδια) περιέχει σημαντικές ποσότητες οργανικών οξέων, σακχάρων, βιταμινών, πολυσακχαριτών, πολυφαινόλων, λιπαρών οξέων και σημαντικής θρεπτικής αξίας μεταλλικών στοιχείων (Kulkarni et al. 2004; Fadavi et al. 2006; Caleb et al. 2011). Παρόλα αυτά, ο χυμός του ροδιού έχει καταστεί περισσότερο δημοφιλής λόγω του καταλογισμού σε αυτόν των σημαντικότερων βιολογικών δράσεων (Lansky et al. 2000) αλλά και για το ευρύ φάσμα των ανθρώπων και ζώων που καλύπτει (Holland et al. 2009). Οι φαινολικές ενώσεις έχουν την ικανότητα να ασκούν τις ευεργετικές επιδράσεις τους μέσω ελεύθερων ριζών οξυγόνου και των αντιοξειδωτικών ιδιοτήτων. Μεταξύ αυτών συγκαταλέγονται οι υδρολυόμενες τανίνες, οι οποίες εντοπίζονται κυρίως στη φλούδα και

το μεσοκάρπιο του ροδιού. Έτσι, η περιεκτικότητά του σε υδρολυόμενες τανίνες, απόρροια της χυμοποίησης ολόκληρου του καρπού σε βιομηχανική κλίμακα (Fischer et al. 2011), τον καθιστά εξαιρετικά πλούσιο σε φαινολικά συστατικά, συμπεριλαμβανομένου των ανθοκυανινών (5-55 διαφορετικοί τέτοιοι μεταβολίτες), οι οποίες και προσδίδουν στο χυμό τον χαρακτηριστικό ερυθρό χρωματισμό (Fischer et al. 2011; Sentandreu et al. 2013). Η αντιοξειδωτική του ικανότητα συγκαταλέγεται μεταξύ των υψηλότερων στο σύνολο των τροφίμων (Mercure & Stover 2007).

1.6. Άλλες χρήσεις του ροδιού

Η καλλιέργεια της ροδιάς συγκαταλέγεται μεταξύ των ιδιαίτερα κερδοφόρων αγροτικών δραστηριοτήτων, αν συνυπολογιστούν οι διάφορες εφαρμογές των ανθέων, του καρπού της αλλά και των αποβλήτων μετά την επεξεργασία του. Πιο συγκεκριμένα, ο φλοιός του ροδιού παράγει τανίνες οι οποίες είναι κατάλληλες για τη παραγωγή δέρματος, ενώ εκχυλίσματα ανθέων ροδιάς και φλοιού του καρπού χρησιμοποιούνται ως βαφές για διάφορα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα (Mercure & Stover 2007). Ομοίως, από τη μεσαιωνική εποχή έως και σήμερα τα ρόδια αποτελούν κύρια πηγή μελάνης που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία (Carvalho 2006).

Αναμφισβήτητα, η χρήση της ροδιάς στην αρχιτεκτονική τοπίου ως διακοσμητικός θάμνος ή μικρό δένδρο ή μορφωμένο σε διάφορα σχήματα είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη. Επίσης, η χαρακτηριστική εμφάνιση και η μεγάλη διάρκεια ζωής του καρπού επιτρέπει τη χρήση του σε διακοσμητικές συνθέσεις, ενώ η από την αρχαιότητα σύνδεσή του με τη καλοτυχία οδήγησε στη ταύτισή του με τη περίοδο των Χριστουγέννων, όπου φρέσκα φρούτα αγοράζονται λόγω του συμβολικού τους χαρακτήρα με αυξημένη τη πιθανότητα να μην καταναλωθούν (Crites et al. 2005; Mercure & Stover 2007).

1.7. Μελλοντικές προοπτικές

Η εμπορική αξία του ροδιού, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, οφείλεται στη κατανάλωσή του υπό μορφή φρέσκων καρπιδίων ή χυμού. Έτσι, η εμφάνιση και το χρώμα

του φλοιού ή το χρώμα και η φρεσκότητα του χυμού καθίστανται εξαιρετικά σημαντικά κριτήρια αποδοχής και αξιοποίησής του από την αγορά (Miguel et al. 2010). Παρόλες τις ευεργετικές επιδράσεις που προκαλεί στην ανθρώπινη υγεία, η κατανάλωση του ροδιού είναι σχετικά περιορισμένη και αυτό φαίνεται να οφείλεται στη δυσκολία εξαγωγής των καρπιδίων, του βρώσιμου τμήματός του (Caleb et al. 2011). Έτσι, το ελάχιστο επεξεργασμένο ρόδι (*ready to eat*) απαλλαγμένο από τον φλοιό, αποτελεί ένα περισσότερο ελκυστικό προϊόν για τους καταναλωτές αυξάνοντας ταυτόχρονα τη προοπτική παραγωγής και κατανάλωσής του. Αυτό οδήγησε τη βιομηχανία στην αναζήτηση μεθόδων εξαγωγής των καρπιδίων και κατόπιν στην ανάπτυξη της συσκευασίας τους σε λογικό κόστος (Gil et al. 1996; Sepulveda et al. 2000; Artés & Tomas-Barberan 2000; Caleb et al. 2011).

Πέραν της εύκολης εξαγωγής των καρπιδίων, οι απαιτήσεις της διεθνούς αγοράς εστιάζονται στην επιμήκυνση της διάρκειας ζωής τους, όπως και στη διατήρηση της φρεσκότητας και του έντονου χρώματος καρπιδίων που περιέχουν μικρά, μαλακά ή καθόλου σπέρματα (Mars 2000; Jalikop 2010; Miguel et al. 2010). Ωστόσο, η διατήρηση της διατροφικής και μικροβιακής ποιότητας των καρπών αποτελεί μια ιδιαίτερα δύσκολη διαδικασία, η οποία μετατρέπεται σε περισσότερο απαιτητική στη περίπτωση των καρπιδίων (Gil et al. 1996). Σύμφωνα όμως με έρευνες, η ανάπτυξη συσκευασιών τροποποιημένης ατμόσφαιρας (MAP) και η αποθήκευση σε ελεγχόμενες ατμόσφαιρες δύναται να καθυστερήσει τις απώλειες στη ποιότητα και συνεπώς, να επεκτείνει τη διάρκεια ζωής των νωπών ή ελάχιστα επεξεργασμένων ή φρεσκοκομμένων προϊόντων (Caleb et al. 2011).

Συγκριτικά με άλλες καλλιέργειες, η γνώση για τη γενετική, τη φυσιολογία και τη βιολογία της ροδιάς είναι φτωχή. Όλα τα παραπάνω πεδία χρήζουν ιδιαίτερης μελέτης προκειμένου να επιτευχθεί η βελτίωση της παραγωγής, η μεγιστοποίηση των αποδόσεων και η παραγωγή υγιέστερων φρούτων (Holland et al. 2009). Επίσης, μελλοντικές ερευνητικές εργασίες θα πρέπει να εστιάσουν στους βιοτικούς και αβιοτικούς παράγοντες που επηρεάζουν τη παραγωγή, αξιοποιώντας με αυτό τον τρόπο το κατάλληλο γενετικό υλικό για την αναπαραγωγή ποικιλιών ανθεκτικών στη ξηρασία, μια και η ροδιά καλλιεργείται συχνά σε ξηρές περιοχές (Jalikop 2010). Η επιλογή ποικιλιών υψηλής ποιότητας με μαλακό σπέρμα, καρπό ανθεκτικό στο σχίσιμο και μικρότερης οξύτητας

χυμό, θα καθορίσει το μέλλον σε εμπορικό επίπεδο (Mars 2000; Mercure & Stover 2007). Έτσι, η δημιουργία μονάδας ανταλλαγής γενετικού υλικού και η λεπτομερής καταγραφή οδηγιών για την ασφαλή ανταλλαγή του σε περιφερειακό και διεθνές επίπεδο κρίνονται αναγκαίες για την επίτευξη των επιδιωκόμενων στόχων (Mars 2000; Jalikop 2010). Τέλος, η αξιοποίηση των υποπροϊόντων ροδιού θεωρείται ένα ιδιαίτερα ενδιαφέρον πεδίο λόγω του ότι η εκβιομηχάνιση της καλλιέργειας αποτελεί πραγματικότητα. Στο πλαίσιο αυτό, η εξαγωγή διαφόρων φυτοχημικών από τα απόβλητα και τα υπολείμματα επεξεργασίας, όπως πολυφαινολικές ενώσεις, αλκαλοειδή, αρωματικές ενώσεις ή ενώσεις με έντονη αντιοξειδωτική δράση παρέχει τη δυνατότητα ένταξής τους σε διαιτητικές συνθέσεις και τα καθιστά μια ενδιαφέρουσα πηγή ενζύμων (Artés & Tomas-Barberan 2000).

2. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΙΧΜΗΣ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

2.1. *Ενεργός και Έξυπνη συσκευασία*

Τις σημαντικότερες από τις κινητήριες δυνάμεις έκφρασης της καινοτομίας στο κλάδο της συσκευασίας αποτέλεσαν η αύξηση της ζήτησης των ελάχιστα επεξεργασμένων τροφίμων, οι μεταβολές των μεθόδων ή πρακτικών λιανικής πώλησης και διανομής λόγω του φαινομένου της παγκοσμιοποίησης, η νέα μορφή της εφοδιαστικής αλυσίδας των καταναλωτικών αγαθών, οι νέες τάσεις διανομής (αγορές μέσω διαδικτύου), η αυτοματοποίηση των διαδικασιών στα κέντρα διανομής, η αλλαγή του τρόπου ζωής των καταναλωτών (σήμερα δαπανάται λιγότερος χρόνος για την αγορά φρέσκων τροφίμων και το μαγείρεμα), καθώς και οι αυστηρότερες απαιτήσεις σχετικά με την ασφάλεια και την υγεία αυτών (Vermeiren et al. 1999; Suppakul et al. 2003; Restuccia et al. 2010). Η επικράτηση των παραπάνω μεταβολών είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση των αποστάσεων διανομής και του χρόνου αποθήκευσης ενός συνόλου προϊόντων με διαφορετικές θερμοκρασιακές απαιτήσεις, θέτοντας έτσι ένα ιδιαίτερα σημαντικό πρόβλημα στη βιομηχανία συσκευασίας των τροφίμων (Vermeiren et al. 1999).

Επιπροσθέτως, η παγκόσμια τάση της υιοθέτησης υψηλών προσδοκιών από τους καταναλωτές σχετικά με τη ποιότητα των τροφίμων (σταδιακή μετατροπή τους σε διαιτητικής αξίας προϊόντα), αλλά και της ιδιαίτερης ευαισθησίας τους όσο αφορά τα πρόσθετα, τη μικροβιακή μόλυνση και τις θρεπτικές αλλοιώσεις των τροφίμων, τα οποία είναι στενά συνδεδεμένα με τις μεταχειρίσεις κατά την επεξεργασία, αποθήκευση και μεταφορά τους, οδήγησε στην αύξηση της κατανάλωσης των ελάχιστα επεξεργασμένων - μεταποιημένων φρέσκων τροφίμων (Vermeiren et al. 1999; Zsolt et al. 2010). Η αυξανόμενη ζήτησή τους απαιτεί ενδελεχή έρευνα για το σχεδιασμό και την εφαρμογή μεθόδων προκειμένου να επιτευχθεί η παράταση και η βελτίωση της ποιότητας αυτών των ιδιαίτερα ευπαθών προϊόντων (Ergun & Ergun 2009).

Τις τελευταίες δεκαετίες, οι όροι *Ενεργός* και *Έξυπνη* συσκευασία εισήλθαν στη βιομηχανία τροφίμων προκειμένου να περιγράψουν καινοτόμες τεχνολογίες που πραγματεύονται τη παράταση της ζωής, τη βελτίωση της ποιότητας και της ασφάλειας των τροφίμων, καθώς και τη προστασία του περιβάλλοντος (De Jong et al. 2005; Patterson

2008). Οι παραπάνω στόχοι δύναται να επιτευχθούν βασιζόμενοι στην εσκεμμένη αλληλεπίδραση της συσκευασίας με τα τρόφιμα ή το περιβάλλον των τροφίμων (Dainelli et al. 2008) και ειδικότερα, τη παρακολούθηση και τροποποίηση του εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντός τους θέτοντας πολλαπλά εμπόδια για τη προστασία των τροφίμων (Patterson 2008). Παράλληλα, η αξιολόγηση της ασφάλειας των νέας τεχνολογίας συσκευασιών κρίνεται υψίστης σημασίας. Αν και ο συνηθέστερος κίνδυνος αντικατοπτρίζεται στη πιθανή μετανάστευση ουσιών από τη συσκευασία στα τρόφιμα, ιδιαίτερα σημαντικοί θεωρούνται και οι κίνδυνοι που πιθανόν να προκύψουν από την εσφαλμένη χρήση ή τη μη αποτελεσματική λειτουργία της (Dainelli et al. 2008).

Η συσκευασία λοιπόν, ως τελικό στάδιο της αλυσίδας παραγωγής τροφίμων, αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες για την εξασφάλιση της ποιότητας και της ασφάλειας του τελικού προϊόντος, λόγω του ότι τα τρόφιμα αποτελούν δυναμικά συστήματα (Karpetanakou et al. 2013). Η βιομηχανία τροφίμων ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις αυτές μέσω της βελτίωσης των κλασσικών τεχνικών συσκευασίας αλλά και της ανάπτυξης νέων, όπως της ενεργούς και έξυπνης συσκευασίας (De Jong et al. 2005; Karpetanakou et al. 2013). Οι δύο αυτές τεχνολογίες αιχμής δεν είναι συνώνυμες (Day 2001), παρότι ο όρος «Έξυπνη Συσκευασία» χρησιμοποιείται συχνά από τη συντριπτική πλειοψηφία των καταναλωτών για να τις περιγράψουν συνολικά (Day 2008). Ο διαχωρισμός τους έγκειται στη διαφορετικότητα που παρουσιάζουν όσο αφορά τη λειτουργία και τον επιδιωκόμενο στόχο τους. Πιο συγκεκριμένα, σκοπός της ενεργούς συσκευασίας αποτελεί η επέκταση της διάρκειας ζωής του τροφίμου με ταυτόχρονη διατήρηση ή ακόμα και βελτίωση της ποιότητάς του (Dainelli et al. 2008), ενώ η έξυπνη συσκευασία στοχεύει στη παρακολούθηση της ποιότητας του τροφίμου και του περιβάλλοντός του, καθώς και στη πρόβλεψη ή υπολογισμό της διάρκειας ζωής του προϊόντος με μεγαλύτερη ασφάλεια (De Jong et al. 2005), αποτελώντας ταυτόχρονα εργαλείο εφαρμογών ιχνηλασιμότητας και αυθεντικότητας προϊόντων (Day 2008).

2.2. Ισχύον Νομικό πλαίσιο για την Ενεργό και Έξυπνη συσκευασία

Στον τομέα της ασφάλειας των τροφίμων, η λήψη μέτρων για την άρση των φραγμών στο εμπόριο μεταξύ των κρατών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης κρίνεται αναγκαία συνθήκη προκειμένου να εξασφαλιστεί το υψηλότερο δυνατό επίπεδο προστασίας της υγείας του καταναλωτή. Ως εκ τούτου, η θέσπιση σχετικής νομοθεσίας είναι απαραίτητη για να διασφαλιστεί ότι τα υλικά που χρησιμοποιούνται για το χειρισμό ή τη προστασία των τροφίμων δεν αποτελούν πηγή μόλυνσης (Rijk & Rob 2010). Στις Η.Π.Α, την Ιαπωνία και την Αυστραλία, η εφαρμογή της ενεργούς συσκευασίας πραγματοποιήθηκε με επιτυχία νωρίτερα από την Ευρώπη (Day 2001). Η κατάσταση στην Ευρωπαϊκή Ένωση χαρακτηρίζεται από τη συνύπαρξη δύο τύπων νομοθεσιών, της εναρμονισμένης κοινοτικής νομοθεσίας που θεσπίζεται από αυτή και της μη εναρμονισμένης εθνικής νομοθεσίας που θεσπίζεται από τα κράτη – μέλη (Rijk & Rob 2010). Η καθυστερημένη αποδοχή και ανάπτυξη της στην Ευρώπη οφείλεται σε ένα σύνολο νομοθετικών περιορισμών, στο φόβο της αντίδρασης των καταναλωτών για θέματα που αφορούν την ασφάλεια του τροφίμου, αλλά και στην έλλειψη γνώσεως για την αποτελεσματικότητα, την οικονομική και περιβαλλοντική επίπτωση της τεχνολογίας αιχμής (Vermeiren et al. 1999).

Το 2002 καθορίστηκαν για πρώτη φορά οι γενικές αρχές για την ασφάλεια των τροφίμων, καλύπτοντας το σύνολο της τροφικής αλυσίδας, από τη πρωτογενή παραγωγή έως τον τελικό καταναλωτή (Rijk & Rob 2010). Η χρηματοδότηση του έργου “*FAIR-project CT-98-4170*” από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή (γνωστό με το ακρωνύμιο “*ACTIPAK*”) οδήγησε στην εξαγωγή ενός συνόλου συστάσεων, οι οποίες λήφθηκαν υπόψη στη σύνταξη των τροποποιήσεων της οδηγίας 89/109/EEC, που αφορά τα υλικά τα οποία βρίσκονται σε επαφή με τα τρόφιμα. Η διαδικασία αυτή είχε ως τελικό αποτέλεσμα την έγκριση ενός νέου κανονισμού, του 1935/2004 (De Jong et al. 2005).

Ο Κανονισμός (ΕΚ) 1935/2004 προκρίνει για πρώτη φορά τη χρήση της ενεργούς και έξυπνης συσκευασίας στην Ευρώπη, επιτρέποντας την εφαρμογή υλικών και παραγόντων – αντικειμένων που προορίζονται να έρθουν σε επαφή ή να μεταναστεύσουν στα τρόφιμα (Restuccia et al. 2010). Επιπροσθέτως, επιτρέπει τη χρήση των νέων

τεχνολογιών αιχμής μόνο στη περίπτωση που αυτές μπορούν να αποδείξουν εμπράκτως την ικανότητά τους να ενισχύουν την ασφάλεια και τη ποιότητα, ενώ ταυτόχρονα να παρατείνουν τη διάρκεια ζωής των συσκευασμένων τροφίμων (De Jong et al. 2005). Τέλος, θέτει το πλαίσιο βάσει του οποίου πραγματοποιείται η διαδικασία αξιολόγησης ασφαλείας από την Ευρωπαϊκή Αρχή για την Ασφάλεια των Τροφίμων (EFSA) (Dainelli et al. 2008), τα αποτελέσματα της οποίας καθορίζουν τη χορήγηση της σχετικής άδειας για τα προς έγκριση υλικά ή συστήματα της ενεργούς και έξυπνης συσκευασίας (De Jong et al. 2005).

Ο Κανονισμός (EC) 450/2009 θεωρείται το μέτρο που ουσιαστικά θεσπίζει ειδικούς κανόνες για τα ενεργά και έξυπνα/νοήμονα υλικά και αντικείμενα, οι οποίοι πρέπει να εφαρμόζονται παράλληλα με τις γενικές απαιτήσεις που καθορίζονται στον Κανονισμό 1935/2004 για την ασφαλή χρήση τους (Restuccia et al. 2010). Σύμφωνα με τον Κανονισμό 450/2009, «ενεργά υλικά και αντικείμενα» νοούνται αυτά που προορίζονται για να παρατείνουν τη διάρκεια ζωής ή να διατηρήσουν ή να βελτιώσουν τη κατάσταση του συσκευασμένου τροφίμου, ενώ έχουν σχεδιαστεί έτσι, ώστε σκοπίμως να περιέχουν συστατικά τα οποία ελευθερώνουν ή απορροφούν ουσίες από το συσκευασμένο τρόφιμο ή το περιβάλλον γύρω από αυτό. Ομοίως, «έξυπνα υλικά και αντικείμενα» νοούνται αυτά που ελέγχουν τη κατάσταση του συσκευασμένου τροφίμου ή του περιβάλλοντος γύρω από αυτό (Commission 2009). Περαιτέρω, ο συγκεκριμένος Κανονισμός περιλαμβάνει τον «Κοινοτικό κατάλογο» των εγκεκριμένων ουσιών που δύναται να χρησιμοποιηθούν για τη παρασκευή ενός ενεργού ή έξυπνου συστατικού των ενεργών ή έξυπνων υλικών και αντικειμένων, αντίστοιχα, όπως αυτός καταρτίστηκε από την Ευρωπαϊκή Αρχή για την Ασφάλεια των Τροφίμων (EFSA) με βάση τη γνωμοδότηση που η ίδια εκδίδει ύστερα από την αξιολόγηση κινδύνου της κάθε ουσίας (Restuccia et al. 2010). Στο πλαίσιο αυτό εντάσσεται και η θέσπιση συγκεκριμένων απαιτήσεων για την εμπορία των εγκεκριμένων ουσιών, οι οποίες προορίζονται να έρθουν σε επαφή με τα τρόφιμα. Πιο συγκεκριμένα, οι ουσίες μπορούν είτε να περιέχονται σε χωριστούς περιέκτες, όπως χάρτινα φακελάκια, είτε να ενσωματωθούν άμεσα στο υλικό συσκευασίας (στη δομή του) ώστε η δράση ή η απελευθέρωσή τους να πραγματοποιείται με ελεγχόμενο τρόπο (Coma 2008). Συμπερασματικά, ο συγκεκριμένος Κανονισμός θα μπορούσε να απαντήσει εν μέρει στην ελλιπή ανάπτυξη της ενεργούς και έξυπνης συσκευασίας στην Ευρωπαϊκή αγορά συγκριτικά με την αντίστοιχη στις Η.Π.Α, την Ιαπωνία και την

Αυστραλία, όπου ταυτίζεται με επαρκείς και ευέλικτους κανονισμούς οι οποίοι επέτρεπαν τεχνολογικές καινοτομίες στο τομέα της συσκευασίας τροφίμων (Restuccia et al. 2010; Zsolt et al. 2010).

Τέλος, το 2011, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή προχώρησε στην έκδοση Οδηγίας σχετικά με τα ενεργά και έξυπνα υλικά τα οποία περιέχονται ή δεν περιέχονται στον Κανονισμό 450/2009, παραθέτοντας τους νομικούς ορισμούς και την ερμηνεία που σχετίζονται με αυτά μέσω συγκεκριμένων παραδειγμάτων εφαρμογών, ενώ εξηγεί διεξοδικά τις νομικές πτυχές της διαδικασίας έγκρισης των ουσιών ή των συστατικών που απαιτούνται (Commission 2011).

2.3. Ορισμός και Περιγραφή της Ενεργού συσκευασίας ως τεχνολογία αιχμής

Η Ενεργός Συσκευασία *«σχεδιάστηκε με τη σκοπιμότητα να ενσωματώσει τα συστατικά εκείνα τα οποία ελευθερώνουν ή απορροφούν ουσίες από τα συσκευασμένα τρόφιμα ή το περιβάλλον μέσα στο οποίο διατηρούνται»* (Κανονισμός Ε.Ε., αριθ. 1935/2004) (Selcuk 2010). Οι παραδοσιακές συσκευασίες (αποτελούνται κυρίως από αδρανή υλικά) παρέχουν μηχανική υποστήριξη και προστασία των τροφίμων από εξωτερικές επιρροές, όπως μικροοργανισμούς, οξυγόνο, φως και άλλα, εξασφαλίζοντας έτσι ευκολία στο χειρισμό των τροφίμων και διατήρηση της ποιότητάς τους για μεγάλο χρονικό διάστημα (Dainelli et al. 2008). Σε αντιδιαστολή, η ενεργός συσκευασία αποτελεί ένα σύστημα (Coma 2008) ή καινοτόμο σχέδιο το οποίο βασίζεται στη θεώρηση πως η συσκευασία, το προϊόν και το εσωτερικό περιβάλλον αυτής (το ευρισκόμενο μεταξύ του υλικού της συσκευασίας και της επιφάνειας του προϊόντος) αλληλοεπιδρούν με τρόπο τέτοιο ώστε να επιτυγχάνεται η παράταση της διάρκειας ζωής του τελευταίου, η ενίσχυση της ασφάλειας και των αισθητήριων ιδιοτήτων του με ταυτόχρονη διατήρηση της ποιότητας σε άριστα επίπεδα (Suppakul et al. 2003) ή ενδεχομένως και βελτίωσή της (Dainelli et al. 2008).

Ο όρος ενεργός συσκευασία αναφέρεται ουσιαστικά σε λύσεις οι οποίες εντάσσονται στο σύνολο των παρεμβάσεων επί των διαδικασιών υποβάθμισης, με σκοπό τη παράταση ζωής του προϊόντος χωρίς να μεταβάλλεται η σύνθεσή του (Zsolt et al. 2010).

Μεταξύ των συστημάτων ή τεχνικών που συνθέτουν την τεχνολογία αιχμής συγκαταλέγονται οι μηχανισμοί προσρόφησης (δέσμευσης), διάσπασης ή σταδιακής διάχυσης παραγόντων ωρίμανσης, συντήρησης (για επιβράδυνση της ωρίμανσης) και διατήρησης ή βελτίωσης οργανοληπτικών χαρακτηριστικών στο εσωτερικό της συσκευασίας, οι οποίοι αναλύονται περαιτέρω στους δεσμευτές οξυγόνου (*oxygen scavengers*), τους μηχανισμούς απορρόφησης ή απελευθέρωσης διοξειδίου του άνθρακα (*carbon dioxide absorbers and emitters*), του ελέγχου της υγρασίας (*moisture*), του αιθυλενίου (*ethylene*), των οσμών και γεύσεων και της απελευθέρωσης αντιοξειδωτικών ουσιών (Day 2001; Ίδρυμα Τεχνολογίας και Έρευνας 2012). Επιπροσθέτως, τα συστήματα που στοχεύουν στη βελτίωση των μηχανικών ή μακροσκοπικών χαρακτηριστικών του συσκευασμένου τροφίμου, όπως το χρώμα και η συμπύκνωση υδρατμών, καθώς και η αντιμικροβιακή συσκευασία, η οποία βασίζεται στη διάχυση «φυσικών» συντηρητικών, αποτελούν τις δύο υπο-τεχνολογίες που συμπληρώνουν την ενεργό συσκευασία (Day 2008).

2.4. Ελάχιστα επεξεργασμένα τρόφιμα

Η διάρκεια ζωής των συσκευασμένων τροφίμων εξαρτάται από την εγγενή φύση τους (οξύτητα, ενεργότητα νερού, περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά, δυναμικό οξειδοαναγωγής, ρυθμός αναπνοής και βιολογική δομή) σε συνδυασμό με την επίδραση εξωτερικών παραγόντων και πιο συγκεκριμένα, της θερμοκρασίας, της σχετικής υγρασίας και σύστασης του αέρα του περιβάλλοντος (Day 2008). Οι παραπάνω παράγοντες επιδρούν άμεσα στους χημικούς, βιοχημικούς, φυσικούς και μικροβιολογικούς μηχανισμούς αλλοίωσης των μεμονωμένων προϊόντων διατροφής και την εφικτή εμπορική διάρκεια ζωής του (Day 2001).

Ο όρος ελάχιστα επεξεργασμένα τρόφιμα αναφέρεται στα φρούτα ή στα λαχανικά τα οποία ενώ έχουν δεχθεί τις μεταχειρίσεις εκείνες προκειμένου να μεταβληθεί η αρχική τους μορφή με φυσικό τρόπο, διατηρούν τη φρεσκότητά τους (Gómez-López et al. 2009). Οι ελάχιστες τεχνικές επεξεργασίας αποτελούν μη θερμικές τεχνολογίες οι οποίες εγγυώνται τη πιστή εφαρμογή των προτύπων ασφαλείας, τη συντήρηση και τη διατήρηση

των φρέσκων χαρακτηριστικών των φρούτων και λαχανικών σε όσο το δυνατόν υψηλότερο βαθμό (Ramos et al. 2013). Η ελάχιστη επεξεργασία περιλαμβάνει το πλύσιμο, τη κοπή, τη μεταχείριση με απολυμαντικούς παράγοντες, τη συσκευασία και τελικά την αποθήκευση υπό συνθήκες ψύξης (McKellar et al. 2004). Όμως, η ακολουθία των παραπάνω ενεργειών μεταβάλλει τη φυσική ακεραιότητα των τροφίμων καθιστώντας τα περισσότερο ευπαθή συγκριτικά με τις πρώτες ύλες (Ramos et al. 2013). Πιο συγκεκριμένα, η αφαίρεση του φλοιού και η κοπή μπορούν να προκαλέσουν καταστροφές στους ιστούς των τροφίμων, όπως θραύση των κυτταρικών τοιχωμάτων, απώλεια των ενδοκυτταρικών ουσιών αλλά και απελευθέρωση οξειδωτικών ενζύμων (Ahvenainen 1996; Del Nobile et al. 2007). Έτσι, τα τρόφιμα αυτά μετατρέπονται σε λιγότερο ανθεκτικά, παρουσιάζοντας αυξημένη τη τάση υποβάθμισης της ποιότητάς τους λόγω εντονότερου ρυθμού αναπνοής, διαπνοής, βιοχημικών μεταβολών και μικροβιακών αλλοιώσεων (Del Nobile et al. 2007; Caleb et al. 2011).

Η παγκόσμια προσπάθεια υιοθέτησης της υγιεινούς διατροφής από το σύνολο του πληθυσμού σε συνδυασμό με την αύξηση των ωρών απασχόλησης και τη μείωση των δαπανών για «πρώτες ύλες» μαγειρέματος, οδήγησαν σε αύξηση της ζήτησης των έτοιμων προς χρήση και προς κατανάλωση, ελάχιστα επεξεργασμένων φρούτων και λαχανικών. Τα προϊόντα αυτά αποτελούν ένα σύγχρονο τομέα της αγοράς και διακρίνονται για τη διατήρηση των φρέσκων χαρακτηριστικών τους, την υψηλή διατροφική τους αξία και την παρουσία μόνο φυσικών συστατικών (Ahvenainen 1996; Brody et al. 2001; Lanciotti et al. 2004; Caleb et al. 2011). Σήμερα, η επέκταση της εμπορικής διάρκειας ζωής των ελάχιστα επεξεργασμένων τροφίμων αποτελεί πρόκληση για τη βιομηχανία τροφίμων και την ερευνητική κοινότητα (Gómez-López et al. 2009), λόγω της υπεραξίας που αποκτά το προϊόν από μια «αόρατη» επεξεργασία (Ahvenainen 1996; Del Nobile et al. 2007).

2.5. Εφαρμογή της Ενεργού συσκευασίας σε ελάχιστα επεξεργασμένα τρόφιμα

Η κατανόηση των διαδικασιών που οδηγούν στην υποβάθμιση της ποιότητας των ελάχιστα επεξεργασμένων τροφίμων είναι αναγκαία για την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών, προκειμένου να επιτευχθεί η επέκταση της διάρκειας της εμπορικής τους ζωής και η

διατήρηση της υψηλής ποιότητας κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας και διανομής (Ramos et al. 2013). Το σύνολο των μεταχειρίσεων αποσκοπεί στη συντήρηση του προϊόντος ως νωπό, χωρίς απώλεια της διατροφικής του ποιότητας, ενώ η οργανοληπτική και μικροβιολογική διάρκεια της ζωής του υπολογίζεται κατά μέσο όρο σε τουλάχιστον είκοσι μία (21) ημέρες, ώστε να εξασφαλίζεται η ομαλή διανομή προς τους καταναλωτές (Ahvenainen 1996; Ramos et al. 2013). Ο περιορισμός των επιπτώσεων των μικροβιολογικών, χημικών και φυσικών διεργασιών είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί κατά την επεξεργασία ή συνηθέστερα, με τον ενεργό ρόλο της συσκευασίας (Del Nobile et al. 2007).

Ο αριθμός των καταγεγραμμένων κρουσμάτων ανθρώπινων λοιμώξεων, που συνδέονται άμεσα με τη κατανάλωση των συγκεκριμένων προϊόντων, έχει αυξηθεί σημαντικά τις τελευταίες δεκαετίες (Lanciotti et al. 2004; Ramos et al. 2013). Δεδομένου ότι η υποβάθμιση της ποιότητάς τους καθορίζεται κυρίως από φυσιολογικές διεργασίες, όπως η αυξημένη αναπνοή, αλλά και από τη μη στείρα κατάσταση των τροφίμων, είναι πρωταρχικής σημασίας να δημιουργηθούν οι κατάλληλες συνθήκες στο εσωτερικό περιβάλλον της συσκευασίας (μείωση των επιπέδων οξυγόνου) ώστε να επιτευχθεί μια εύλογη εμπορική διάρκεια ζωής του τελικού προϊόντος, τόσο από τη πλευρά της μικροβιολογικής ασφάλειας όσο και από αυτή της βιοχημικής υποβάθμισης (Brody et al. 2001; Del Nobile et al. 2007).

Η αλλαγή των πρακτικών παραγωγής απαιτεί τη προσαρμογή της εφοδιαστικής αλυσίδας, καθώς η ευαισθησία των φρέσκων τροφίμων σε αλλοίωση είναι υψηλή (Zsolt et al. 2010). Στη πραγματικότητα, η ασφάλεια των προϊόντων αυτών βασίζεται στις ορθές πρακτικές ψυκτικής αλυσίδας και υγιεινής, οι οποίες είναι εξαιρετικά δύσκολο να εφαρμοστούν και να ελεγχθούν. Αρχικά, τα εφαρμοζόμενα επίπεδα ασφαλείας των μεθόδων συντήρησης αποδείχθηκαν ανεπαρκή στα πλαίσια μιας διευρυνόμενης αγοράς, αναλογιζόμενοι τα προβλήματα που έχουν καταγραφεί (Carlin & Nguyen 1997). Επίσης, η τυπολογία των ελάχιστα επεξεργασμένων τροφίμων ως ολιστικό προϊόν απαγόρευε τη χρήση συντηρητικών ή γενικά αντιμικροβιακών ουσιών, επιτρέποντας σε μια ποικιλία παθογόνων όπως *Listeria monocytogenes*, *Salmonella spp.*, *Shigella spp.*, *Staphylococcus aureus*, οξυγαλακτικών βακτηρίων, ζυμών και μυκήτων, να περιέχονται σε αυτό (μέσος

όρος Ολικής Μεσόφιλης Χλωρίδας 10^3 - 10^6 log cfu/g) (Lanciotti et al. 2004; Mehyar & Han 2011; Ramos et al. 2013). Έτσι, η διαμόρφωση των κατάλληλων για νωπά τρόφιμα συνθηκών της εφοδιαστικής αλυσίδας σε συνδυασμό με την ανάπτυξη και χρήση ειδικών συσκευασιών, είναι δυνατόν να λειτουργήσουν ως τα απαραίτητα εχέγγυα ασφάλειας (Zsolt et al. 2010).

Τα τελευταία χρόνια ασκείται σημαντική πίεση από τους καταναλωτές για μείωση ή εξάλειψη των χημικών προσθέτων στα τρόφιμα, ενώ ταυτόχρονα έντονο είναι το ενδιαφέρον για πιθανή χρήση και ενσωμάτωση φυσικών εναλλακτικών λύσεων και δη αντιμικροβιακών παραγόντων, κατά της ανάπτυξης βακτηρίων και μυκήτων (Brody et al. 2001; Lanciotti et al. 2004). Διάφορα φυτικά προϊόντα μπορούν να αποτελέσουν πηγή φυσικών εναλλακτικών ουσιών, μεταξύ των οποίων περιλαμβάνεται ένα ευρύ φάσμα πτητικών ενώσεων (Lanciotti et al. 2004), αιθέριων ελαίων και εδώδιμων μεμβρανών, η εφαρμογή των οποίων θα αυξήσει τη διάρκεια ζωής και την ασφάλεια των ελάχιστα επεξεργασμένων τροφίμων (Del Nobile et al. 2007). Τέλος, η φύση των δραστικών παραγόντων που μπορούν να εφαρμοστούν παρουσιάζει μεγάλη ποικιλομορφία, αφού περιλαμβάνονται οργανικά οξέα, ένζυμα, βακτηριοσίνες, μυκητοκτόνα, αιθανόλη και άλλα, όπως επίσης και εκείνη των υλικών συσκευασίας που φέρονται οι παράγοντες (χαρτιά, πλαστικές ύλες, μέταλλα ή συνδυασμός τους) (Dainelli et al. 2008; Restuccia et al. 2010).

2.6. Η περίπτωση της Αντιμικροβιακής συσκευασίας

Παρά την ανάπτυξη ολοένα και περισσότερων εξειδικευμένων (*niche*) αγορών και τη προσέγγισή τους από τις βιομηχανίες συσκευασιών ως νέες ευκαιρίες επέκτασης των δραστηριοτήτων τους, η εν μέρει υιοθέτηση των πολυάριθμων προσφερόμενων επιλογών (παθητικών και ενεργητικών) ως σύνολο ή μέρος της τεχνολογίας τροφίμων περιορίζει αισθητά την εξέλιξή τους (Dainelli et al. 2008). Παρόλα αυτά, η ενεργός συσκευασία αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους τομείς έρευνας στη βιομηχανία τροφίμων, ανεξαρτήτως της σχετικά αργής και περιορισμένης ανάπτυξης που παρουσιάζει στην Ευρωπαϊκή ήπειρο. Μεταξύ των «δραστικών» αυτών συστημάτων συσκευασίας

συγκαταλέγεται η αντιμικροβιακή μορφή της, η οποία και θεωρείται εξαιρετικά υψηλού ενδιαφέροντος (Coma 2008).

Η αντιμικροβιακή μορφή της ενεργούς συσκευασίας αποτελεί μια πολλά υποσχόμενη εφαρμογή της συγκεκριμένης τεχνολογίας αιχμής (Han 2000), με σχεδόν μηδενικό κόστος ανάπτυξης και ενσωμάτωσης στις υφιστάμενες μεθόδους συντήρησης (Selcuk 2010). Στόχος της ορίζεται η ελεγχόμενη απελευθέρωση των αντιμικροβιακών παραγόντων για τη διατήρηση των επιπέδων επιφανειακής συγκέντρωσής τους πάνω από την ελάχιστη ανασταλτική συγκέντρωση (Minimum Inhibitory Concentration) των μικροοργανισμών στόχων (Mehyar & Han 2011). Ο έλεγχος της μικροβιακής μόλυνσης, αποτέλεσμα της μείωσης του ρυθμού ανάπτυξης και της μέγιστης αύξησης του πληθυσμού, καθώς και της παράτασης του χρόνου προσαρμογής των μικροοργανισμών που προκαλούν την αλλοίωση του τροφίμου (Emamifar 2011), πραγματοποιείται μέσω της συνδυαστικής δράσης των απόλυτα συμβατών υλικών συσκευασίας (μεμβράνες, επικαλύψεις) και αντιμικροβιακών παραγόντων (Patterson 2008; Mehyar & Han 2011).

Οι αντιμικροβιακοί παράγοντες ή μέσα είναι σημαντικοί σε διάφορους τομείς της βιομηχανίας, συμπεριλαμβανομένων του περιβάλλοντος, των τροφίμων, της συσκευασίας, των συνθετικών υφασμάτων, της υγειονομικής και ιατρικής περίθαλψης, των κατασκευών και της διακόσμησης (Emamifar 2011). Στη περίπτωση της βιομηχανίας τροφίμων, οι παράγοντες αυτοί θα πρέπει να αποτελούν εγκεκριμένα πρόσθετα, συνοδευόμενα από τα αντίστοιχα αποδεικτικά αποτελεσματικότητάς τους (De Jong et al. 2005). Επίσης, τα προτεινόμενα υλικά προέλευσής τους θα πρέπει να χαρακτηρίζονται από ενδιάμεσο βαθμό πολικότητας (υδροφιλίας/υδροφοβίας) για την αποφυγή αλληλεπίδρασης με τα υλικά συσκευασίας ή ταχείας απελευθέρωσής τους από αυτά, ως αποτέλεσμα μαζικής απόρριψης ή απώθησης, αντίστοιχα (Mehyar & Han 2011). Η εκπλήρωση της παραπάνω προϋπόθεσης κρίνεται αναγκαία διότι συνδέεται άμεσα με την ιδιότητα των τροφίμων να εμφανίζουν διαφορετικά χημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά, όπως το pH, η ενεργότητα νερού, οι πηγές άνθρακα και αζώτου, η μερική πίεση οξυγόνου, η θερμοκρασία, τα οποία καθορίζουν τις διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες που παρέχονται στους μικροοργανισμούς και κατά επέκταση στους αντιμικροβιακούς παράγοντες. Για παράδειγμα, το pH των τροφίμων επηρεάζει τη μικροχλωρίδα και το ρυθμό ανάπτυξης των

μικροοργανισμών στόχων ενώ ταυτόχρονα μεταβάλλει τον ιονισμό των περισσότερων δραστικών χημικών ουσιών, το οποίο θα μπορούσε να μεταβάλλει την αντιμικροβιακή δραστηριότητα (Brody et al. 2001).

Η αντιμικροβιακή συσκευασία έχει τη δυνατότητα να λάβει ποικίλες μορφές μέσω μιας σειράς διαφορετικών εφαρμογών οι οποίες περιλαμβάνουν, τη προσθήκη φακελλίσκων που περιέχουν πτητικούς αντιμικροβιακούς παράγοντες, την ενσωμάτωση πτητικών και μη πτητικών αντιμικροβιακών παραγόντων απευθείας σε κάποιο πολυμερές, την επικάλυψη ή προσρόφηση των αντιμικροβιακών επάνω στις επιφάνειες του πολυμερούς, την ακινητοποίησή τους σε αυτό λόγω ιονισμού ή ομοιοπολικών δεσμών και τέλος, τη χρήση του πολυμερούς ως εγγενή αντιμικροβιακά (Patterson 2008). Στο μεγαλύτερο ποσοστό των στερεών ή ημιστερεών τροφίμων η μικροβιακή ανάπτυξη λαμβάνει χώρα κυρίως στην επιφάνειά τους, όταν στα προπαρασκευασμένα ή μικτά είναι δυνατόν να εντοπιστεί οπουδήποτε στη μάζα. Έτσι, παρατηρούνται δύο τύποι υλικών συσκευασίας: αυτοί που φέρουν αντιμικροβιακό παράγοντα, ο οποίος μεταναστεύει προς την επιφάνεια του υλικού συσκευασίας και ως εκ τούτου έρχεται σε επαφή με το τρόφιμο και αυτοί όπου δεν απαιτείται η μετανάστευσή του για την αντιμετώπιση της επιφανειακής μικροβιακής ανάπτυξης (Brody et al. 2001). Η ελεγχόμενη απελευθέρωση της δραστικής ένωσης από το υλικό συσκευασίας στα τρόφιμα επιτρέπει όχι μόνο την αρχική αναστολή των ανεπιθύμητων μικροοργανισμών, αλλά ταυτόχρονα σχηματίζει μια υπολειμματική δραστηριότητα με τη πάροδο του χρόνου, κατά τη διάρκεια της μεταφοράς, αποθήκευσης και διανομής. Αντίθετα, η απευθείας προσθήκη των αντιμικροβιακών παραγόντων θα μπορούσε να οδηγήσει σε μερική απώλεια των επιθυμητών ιδιοτήτων τους, λόγω της διάχυσης στη μάζα του τροφίμου (Selcuk 2010).

Μεταξύ των σημαντικότερων προκλήσεων της αντιμικροβιακής συσκευασίας συγκαταλέγονται η παράταση της διάρκειας ζωής και η διατήρηση της ασφάλειας των μη αποστειρωμένων τροφίμων, καθώς και των φρεσκοκομμένων ή των ελάχιστα επεξεργασμένων φρούτων και λαχανικών. Τα σημαντικότερα προβλήματα που συναντώνται είναι η επιφανειακή μικροβιακή αλλοίωση, η οποία θεωρείται κύρια αιτία μείωσης της διάρκειας ζωής των φρεσκοκομμένων τροφίμων, αλλά και η μη ελεγχόμενη

συγκομιδή, μεταφορά, συσκευασία και μεταποίηση που αυξάνουν τη πιθανότητα μικροβιακής μόλυνσης (Erdogrul & Şener 2005; Mehayar & Han 2011).

2.7. Προοπτικές εφαρμογής της Ενεργού συσκευασίας σε «έτοιμα προς κατανάλωση» (ready-to-eat) καρπίδια ροδιού

Τη τελευταία δεκαετία, η σημαντική αύξηση της παραγωγής και κατανάλωσης των καρπών ροδιού είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με τα οφέλη που προσφέρει στην υγεία του ανθρώπου και την υψηλή περιεκτικότητά του σε βιοενεργά φυτοχημικά (Holland et al. 2009; Viuda-Martos et al. 2010). Για μεγάλο χρονικό διάστημα, η επιτραπέζια κατανάλωση του ροδιού δεν ήταν ιδιαίτερα διαδεδομένη, λόγω της δυσκολίας εξαγωγής των καρπιδίων, ενώ η χρήση του περιοριζόταν κυρίως στη παραγωγή χυμού (Gil et al. 1996; Sepulveda et al. 2000; López-Rubira et al. 2005; Ergun & Ergun 2009). Έτσι, η προώθηση των ελάχιστα επεξεργασμένων καρπιδίων ροδιού αύξησε την απορρόφηση των νωπών καρπών, που σε συνδυασμό με την ελκυστικότερη μορφή τους αλλά και τη δυνατότητα απευθείας κατανάλωσης του εδώδιμου τμήματος του ροδιού, ενός υψηλής θρεπτικής αξίας και μοναδικών οργανοληπτικών χαρακτηριστικών καρπού, τα κατέστησε ιδιαίτερα δημοφιλή στους καταναλωτές (Ayhan & Eştürk; Ergun & Ergun 2009).

Η ελάχιστη επεξεργασία συνίσταται στη πλύση με απολυμαντικούς παράγοντες για τη μείωση του αρχικού μικροβιακού φορτίου, στη ρύθμιση του pH, στη χρήση αντιοξειδωτικών παραγόντων και στον έλεγχο της θερμοκρασίας, προκειμένου να περιοριστεί η υψηλή φθορά των καρπών. Η χρήση των πολυμερών μεμβρανών συσκευασίας μειώνει το ρυθμό αναπνοής των καρπών και δημιουργεί δυσμενείς συνθήκες για τη δράση πολλών μικροοργανισμών (Sepulveda et al. 2000). Η μεγάλη ευαισθησία του φλοιού του ροδιού σε αμυχές, μώλωπες, εγκαύματα και σχισίματα (εξωτερικά ελαττώματα) προκαλεί εύκολα πτώση της εμπορικής του αξίας, που τελικά οδηγεί στην απόρριψη ή τη χρήση του ως πρώτη ύλη για τη παραγωγή χυμού και ζωοτροφών. Ως εκ τούτου, η εξωτερική υποβάθμιση του καρπού συνήθως δεν επηρεάζει την ποιότητα των καρπιδίων, η αξιοποίηση των οποίων δύναται να αποφέρει σημαντικό εμπορικό κέρδος (López-Rubira et al. 2005). Μετά την απόρριψη του φλοιού όμως, η διάρκεια ζωής των

καρπιδίων παρουσιάζει σημαντική μείωση συγκριτικά με ολόκληρο το φρούτο (Gil et al. 1996; Ghasemnezhad et al. 2013).

Η αυξανόμενη ζήτηση για τα ελάχιστα επεξεργασμένα τρόφιμα ενεργοποίησε την έρευνα προς το σχεδιασμό και την εφαρμογή μεθόδων για τη διατήρηση και βελτίωση της ποιότητας αυτών των ιδιαίτερα ευπαθών προϊόντων (Ergun & Ergun 2009). Η εξασφάλιση της διατροφικής και μικροβιακής ποιότητας των καρπιδίων του ροδιού αποτελεί σημαντική πρόκληση για τη βιομηχανία τροφίμων, διότι η υποβάθμιση της υφής, του χρώματος, της συνολικής ποιότητας και κατά συνέπεια της εμπορικής διάρκειας του προϊόντος είναι εκτεταμένη και εξαιρετικά γρήγορη (Caleb et al. 2011). Η συσκευασία διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη διατήρηση των φρούτων στο βέλτιστο στάδιο ωρίμανσης κατά τη πώληση, μέσω της μείωσης της μεταβολικής δραστηριότητας του προϊόντος και των αντιδράσεων υποβάθμισης, απόρροια της επαφής του με το ατμοσφαιρικό οξυγόνο (Mehyar & Han 2011).

Έρευνες έχουν αναδείξει πως, μεταξύ των λύσεων που έχουν εφαρμοστεί με επιτυχία ως προς την επέκταση της διάρκειας ζωής των ελάχιστα επεξεργασμένων καρπιδίων ροδιού περιλαμβάνονται η Συσκευασία Τροποποιημένης Ατμόσφαιρας (MAP) (Gil et al. 1996; Sepulveda et al. 2000; López-Rubira et al. 2005; Ayhan & Eştürk 2009; Caleb et al. 2011; Maghoumi et al. 2013), η μεταχείριση με αντιοξειδωτικές ουσίες (Gil et al. 1996; Sepulveda et al. 2000) και η αποθήκευση σε ελεγχόμενες συνθήκες (Ergun & Ergun 2009; Caleb et al. 2011). Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα, που χρίζουν επίλυσης, αποτελούν οι χρωματικές μεταβολές και πιο συγκεκριμένα το καφέτιασμα. Οι αλλοιώσεις αυτές χαρακτηρίζονται ως δείκτες φρεσκότητας του προϊόντος και είναι αποτέλεσμα οξείδωσης των φαινολικών ενώσεων (Ergun & Ergun 2009; Oz & Ulukanli 2012).

Η συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας (MAP) είναι μια παθητική ή ενεργός διαδικασία τροποποίησης της σύστασης του αέρα εντός της συσκευασίας. Η λειτουργία της βασίζεται στην αλληλεπίδραση δύο διαδικασιών, του ρυθμού αναπνοής του τροφίμου και της μεταφοράς των αερίων διαμέσου του υλικού της συσκευασίας, χωρίς περαιτέρω επέμβαση από αυτή της αρχικής. Αποσκοπεί στη μείωση του ρυθμού αναπνοής, καθώς και στην επιβράδυνση ανάπτυξης των φυσιολογικών διαταραχών αλλά και του

πολλαπλασιασμού των παθογόνων μικροβίων αλλοίωσης (Caleb et al. 2011; Caleb et al. 2012). Η παθητική διαδικασία βασίζεται στην αναπνοή των προϊόντων για την επίτευξη του επιθυμητού μίγματος αέρα, ενώ η ενεργητική περιλαμβάνει μια γρήγορη διαδικασία έγχυσης του επιθυμητού αερίου ή αντικατάστασής του ή χρήσης προσροφητών αερίων έως ότου επιτευχθεί το επιθυμητό μίγμα αέρα (Caleb et al. 2011). Η χρήση των αντιοξειδωτικών ουσιών συνδέεται περισσότερο με τη μείωση του πληθυσμού των αλλοιωγόνων οργανισμών, κυρίως ζύμες ή μύκητες και σε μικρότερο βαθμό με την αναστολή του καφετιάσματος (Sepulveda et al. 2000).

Η ολοένα και αυξανόμενη πίεση των καταναλωτών για αποφυγή ή περιορισμό της χρήσης χημικών παραγόντων στη συσκευασία, οδήγησε τη βιομηχανία τροφίμων στην αναζήτηση νέων τεχνολογιών και εφαρμογών επέκτασης της διάρκειας ζωής των προϊόντων (Maghoumi et al. 2013). Οι λύσεις που αναφέρονται στη βιβλιογραφία σχετικά με τα καρπίδια ροδιού περιλαμβάνουν τη χρήση μεμβρανών (δίσκοι ή καλάθια προπυλενίου σφραγισμένα με μεμβράνες διαξονικού προσανατολισμένου προπυλενίου – BOPP) (López-Rubira et al. 2005; Ayhan & Eştürk 2009) και επικαλύψεων (εδώδιμες επικαλύψεις με βάση το άμυλο) (Oz & Ulukanli 2012). Οι τελευταίες εμποδίζουν την ανταλλαγή των αερίων και των υδρατμών μεταξύ του φρούτου και της ατμόσφαιρας της συσκευασίας, αναστέλλοντας τη μικροβιολογική αλλοίωση της επιφάνειάς του και διατηρώντας την εμφάνιση, την υφή, τη γεύση και τη θρεπτική του αξία (Mehyar & Han 2011). Οι εδώδιμες επικαλύψεις που χρησιμοποιούνται στα φρούτα περιλαμβάνουν τις πρωτεΐνες (καζεϊνικό ασβέστιο, πρωτεΐνη ορού γάλακτος), τους πολυσακχαρίτες (άμυλο, αλγινικό, κυτταρίνη και άλλα), τα λιπίδια (λιπαρά οξέα βραχείας αλύσου, παραφίνη) και τα φυσικά κεριά. Οι πολυσακχαρίτες είναι περισσότερο διαδεδομένοι λόγω του χαμηλού τους κόστους, της περιορισμένης αλλεργιογόνου δράσης τους και της ικανότητας να φέρουν μεγαλύτερη ποικιλία λειτουργικών συστατικών (Hernández-Muñoz et al. 2006). Παρόμοια, η εμφάνιση σε υδατικό διάλυμα μελιού, διαφόρων συγκεντρώσεων, επέκτεινε τη διάρκεια ζωής των καρπιδίων, καθυστερώντας την υποβάθμιση της ποιότητας, την ανάπτυξη των μικροβίων αλλοίωσης και τις αλλαγές στο χρώμα (Ergun & Ergun 2009).

Πρόσφατες μελέτες ανέδειξαν τη δράση διαφόρων φυσικών μεθόδων μείωσης των μικροβιολογικών φορτίων στα φρούτα και λαχανικά (Ramos et al. 2013). Στη περίπτωση

των καρπιδίων ροδιού, η εφαρμογή της υπεριώδους ακτινοβολίας, μήκους κύματος 200-280 nm (UV-C), παρουσίασε μείωση της ολικής μεσόφιλης χλωρίδας, των ζυμών και των μυκήτων, αύξηση της συνολικής αντιοξειδωτικής δράσης και της συγκέντρωσης φαινολών στο τέλος της διάρκειας ζωής του προϊόντος, καθώς και διατήρηση της αρχικής οξύτητας και συγκέντρωσης των συνολικών διαλυτών στερεών, παράγοντες που συνδέονται με τη γεύση και την εμπορικότητα του καρπού (Maghoumi et al. 2013). Η απουσία υπολειμματικών ενώσεων και το χαμηλό κόστος εφαρμογής καθιστούν τη τεχνική αυτή ελκυστική για τη βιομηχανία τροφίμων (López-Rubira et al. 2005). Τέλος, η αξιοποίηση των φυτών και των προϊόντων τους αποτελεί επίσης μια νέα πηγή φυσικών εναλλακτικών λύσεων για την ασφάλεια και επέκταση της διάρκειας ζωής των ελάχιστα επεξεργασμένων φρούτων και λαχανικών. Αυτές χαρακτηρίζονται από ένα ευρύ φάσμα πτητικών ενώσεων οι οποίες διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη προσπάθεια αναστολής των μικροοργανισμών, ενώ συγχρόνως χρησιμοποιούνται ως γευστικοί παράγοντες των προϊόντων (Lanciotti et al. 2004). Σήμερα, στο πλαίσιο αυτό πραγματοποιείται ο έλεγχος της αντιμικροβιακής δραστηριότητας διαφόρων άλλων πτητικών ενώσεων, μεταξύ των οποίων και αλκοολούχων διαλυμάτων, προκειμένου να αποτελέσουν τους παράγοντες αύξησης της εμπορικής διάρκειας ζωής των ελάχιστα επεξεργασμένων καρπιδίων ροδιού.

2.8. Στάση των καταναλωτών, εξέλιξη και προβλέψεις για την τεχνολογία αιχμής

Η ενεργός και έξυπνη συσκευασία εισήλθαν για πρώτη φορά στην αγορά της Ιαπωνίας στα μέσα της δεκαετίας του '70, όταν στις Η.Π.Α η εφαρμογή τους ξεκίνησε δύο δεκαετίες αργότερα (Dainelli et al. 2008). Στην Ευρώπη, ιδιαίτερα όμως στη Γαλλία και στο Ηνωμένο Βασίλειο, η αγορά των ελάχιστων επεξεργασμένων φρούτων και λαχανικών αυξήθηκε ραγδαία στην αρχή της δεκαετίας του 1990 (Ahvenainen 1996). Τα συγκεκριμένα προϊόντα προτιμώνται από ένα ευρύ φάσμα καταναλωτών λόγω της εύκολης πρόσβασης σε αυτά, αλλά και της δυνατότητας για άμεση κατανάλωσή τους (Ragaert et al. 2004). Η στάση των καταναλωτών απέναντι στις τεχνολογίες αιχμής, οι οποίες εφαρμόζονται πρωτίστως στη μεγάλης κλίμακας εφοδιαστική αλυσίδα των τροφίμων, είναι πολύ κρίσιμη για το εμπόριο των φρέσκων προϊόντων, όσο αυτό παραμένει μια

δημοφιλής εναλλακτική λύση. Ενώ στη Δυτική Ευρώπη οι καταναλωτές αναζητούν περισσότερο ασφαλή και φιλικά προς το περιβάλλον προϊόντα, στο Ανατολικό τμήμα της η πλειοψηφία των καταναλωτών, λόγω της περιορισμένης αγοραστικής τους δύναμης, διαμορφώνει τις κατάλληλες συνθήκες επικράτησης ενός στενού φάσματος προϊόντων, υψηλής ποιότητας και μεγάλης διάρκειας ζωής σε βάρος των συσκευασμένων νωπών τροφίμων (Zsolt et al. 2010).

Οι εντεινόμενες ανησυχίες για την ασφάλεια των τροφίμων και των απωλειών που παρατηρούνται στα ευπαθή αγαθά αύξησαν τις απαιτήσεις για περισσότερο εξελιγμένες συσκευασίες, ώστε να παραταθεί η διάρκεια ζωής τους ή να ενισχυθεί η ιχνηλασιμότητα τους (The Freedonia Group 2009). Το 2002, το 80% της παγκόσμιας αγοράς «ανήκε» σε δύο βασικές τεχνολογικές έννοιες, αυτές των προσροφητών οξυγόνου και υγρασίας. Ο κύριοι τομείς εφαρμογής τους αφορούσαν τις οπτικές συσκευές, τα ηλεκτρονικά εργαλεία, τα ιατρικά και τα φαρμακευτικά παρασκευάσματα. Η χρήση τους στη συσκευασία των τροφίμων αντιπροσώπευε ένα μικρό κλάσμα της αγοράς, το οποίο ήταν σχεδόν απόλυτα εντοπισμένο στην Ιαπωνία. Παρόλα αυτά, ο τομέας της συσκευασίας τροφίμων προσδιορίστηκε ως η πιο γρήγορα αναπτυσσόμενη αγορά, κάτι που βασίστηκε στη πεποίθηση πως θα δημιουργούνταν ισχυρές προσδοκίες ανάπτυξης της συσκευασίας τροποποιημένης ατμόσφαιρας για τα ευπαθή τρόφιμα, ένα ιδανικό πεδίο εφαρμογής των προσροφητών οξυγόνου. Στη διάρκεια των επόμενων ετών όμως, οι βιομηχανίες τροφίμων δεν έδειξαν διατεθειμένες να επενδύσουν στην ανάπτυξη των ενεργών συσκευασιών (Dainelli et al. 2008).

Ο κλάδος τροφίμων και ποτών, προκειμένου να επωφεληθεί της ανησυχίας των καταναλωτών για την ασφάλεια, καθώς και των αυξημένων απαιτήσεων για μεγαλύτερης διάρκειας ζωής μεταποιημένα και φρέσκα συσκευασμένα τρόφιμα, αποτέλεσε τη μεγαλύτερη αγορά για τις ενεργές και έξυπνες συσκευασίες. Το γεγονός αυτό τοποθετείται χρονικά το έτος 2010, ενώ υπολογίζεται πως αφορούσε το 60% της συνολικής ζήτησης (The Freedonia Group 2011). Το υψηλό κόστος ενσωμάτωσης των ενεργών και έξυπνων τεχνολογιών στη συσκευασία, το οποίο μπορεί να αντιπροσωπεύει τουλάχιστον το 50% του συνολικού κόστους της, αλλά και η αδυναμία των καταναλωτών να αντιληφθούν τις παραπάνω τεχνολογίες ως ισχυρό πλεονέκτημα του τελικού προϊόντος, αποτελούν τα

σημαντικότερα ζητήματα για τα οποία οφείλει να μεριμνήσει η βιομηχανία τροφίμων (Dainelli et al. 2008).

2.9. Σκοπός της Εργασίας

Η βιβλιογραφική ανασκόπηση ανέδειξε πως, οι μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί σχετικά με τα έτοιμα προς κατανάλωση καρπίδια ροδιού (*ready-to-eat*) και την επιμήκυνση της χρονικής διάρκειας ζωής τους (*shelf life*) επικεντρώνονται είτε στις μεθόδους ελάχιστης επεξεργασίας τους στο στάδιο πριν τη τελική συσκευασία, όπως η απολύμανση με χλώριο, ζεστό νερό ή η έκθεση σε υπεριώδεις ακτινοβολίες, είτε στο είδος της συσκευασίας (Συσκευασία Τροποποιημένης Ατμόσφαιρας - MAP, ενεργός αντιμικροβιακή συσκευασία). Μάλιστα, η έρευνα αυτή επικεντρώνεται κυρίως στα ελάχιστα επεξεργασμένα τρόφιμα υψηλής διατροφικής αξίας, μεταξύ των οποίων συγκαταλέγεται και ο καρπός ροδιού.

Σκοπός της παρούσας εργασίας αποτέλεσε η ανάπτυξη μιας αντιμικροβιακής ενεργού συσκευασίας, η λειτουργία της οποίας θα βασίζεται στη σταδιακή απελευθέρωση των πτητικών αερίων μπράντι στη κεφαλή αυτής (χρήση ήπιων αντιμικροβιακών ουσιών). Ταυτόχρονα, αντικείμενο της μελέτης ορίστηκε και η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της επίδρασης των αερίων αυτών στη μικροβιακή και φυσική κατάσταση, την υφή και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των καρπιδίων που συσκευάζονταν σε διάτρητες σακούλες και αποθηκεύονταν σε διάφορες θερμοκρασίες. Η πρότερη αξιολόγηση χρησιμοποιήθηκε στην εκτίμηση του οικονομικού οφέλους που δύναται να προσδώσει στην επιχείρηση η παραγωγή της συγκεκριμένης συσκευασίας σε βιομηχανική κλίμακα, η εκτεταμένη χρονικά, σε σχέση με την υφιστάμενη συσκευασία, εμπορική της εκμετάλλευσή, καθώς και η μοναδικότητα του τελικού προϊόντος, λόγω της χαρακτηριστικής γεύσης και αρώματος του μπράντι.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

3.1. Προετοιμασία και αποθήκευση των καρπιδίων ροδιού

Για τη πραγματοποίηση της παρούσας πειραματικής διαδικασίας, φρέσκοι καρποί ροδιού (*Punica granatum* var. Wonderful) (χώρα προέλευσης Χιλή), τους οποίους προμηθευτήκαμε από υπεραγορά, τοποθετήθηκαν σε θάλαμο επώασης θερμοκρασίας 0°C για χρονικό διάστημα 20 ημερών. Μετά τη μεταφορά τους στο χώρο του εργαστηρίου ακολούθησε η επεξεργασία τους υπό ασηπτικές συνθήκες, κατά την οποία από το σύνολο των καρπών απομακρύνθηκε ο φλοιός και τα καρπίδια τοποθετήθηκαν σε μεταλλικό σκεύος. Έπειτα, καλύφθηκαν με πλαστική μεμβράνη (φίλμ) και τοποθετήθηκαν σε θάλαμο επώασης στους 0°C για μία (1) ημέρα.

Η διαδικασία ανάπτυξης της ενεργούς συσκευασίας για τα καρπίδια ροδιού περιελάμβανε την επιλογή του Κονιάκ (brandy), ενός διεθνώς αναγνωρίσιμου αλκοολούχου ποτού, ως προτεινόμενου αντιμικροβιακού παράγοντα. Ομοίως, ελέγχθηκε η επίδραση της αιθανόλης (ethanol, C₂H₆O) σε συγκέντρωση 36% v/v ως αντιμικροβιακού παράγοντα, αποτελώντας ταυτόχρονα το μάρτυρα της επέμβασης όπου γίνεται χρήση του Κονιάκ. Πιο συγκεκριμένα, ποσότητες 1 ml και 2 ml Κονιάκ (36% v/v αλκοόλης) και αιθανόλης (36% v/v) προστέθηκαν με τη βοήθεια πιπέτας σε 2 x 2 cm σπογγώδες πανί καθαρισμού τύπου WETTEX (35% βαμβάκι και 65% κυτταρίνη) (Wettex®, Vileda Professional, Germany), αποτελώντας το φορέα των αντιμικροβιακών παραγόντων που διοχετεύονται μέσω της εξάτμισης στον άνω χώρο (κεφαλή) της συσκευασίας και στη συνέχεια εντός του τροφίμου κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης. Η επιλογή του συγκεκριμένου σπογγώδους υλικού οφείλεται στην εξαιρετική απορροφητική του ικανότητα, όπου σύμφωνα με τις προδιαγραφές που δίδονται από το κατασκευαστή, είναι ικανό να απορροφήσει έως και 15 φορές το βάρος του (Skandamis & Nychas 2002; Argyri et al. 2011).

Τα καρπίδια ροδιού (10 g) και το σπογγώδες πανί τοποθετήθηκαν στα διαφορετικά διαμερίσματα διχοτομημένου τρυβλίου Petri (9 mm; Sarstedt AG & Co., Germany), αποσκοπώντας στην αποφυγή οποιασδήποτε επαφής μεταξύ των δύο μερών. Όλα τα τρυβλία τοποθετήθηκαν ανοιχτά ως προς το άνω μέρος μέσα σε μεμβράνες συσκευασίας και στη συνέχεια σφραγίστηκαν με μηχανή συσκευασίας και ταυτόχρονης ροής αερίου, διοχετεύοντας έτσι στο εσωτερικό της αέρα σύστασης όμοιας με αυτής της ατμόσφαιρας (21% O₂, 0% CO₂, 79% N₂) (Henko Vac 1900 Machine, Howden Food Equipment B.V., The Netherlands). Για την επίτευξη της ανταλλαγής αερίων της συσκευασίας με το εξωτερικό περιβάλλον του θαλάμου επώασης ανοίχτηκαν σε αυτή 8 οπές περιμετρικά του τρυβλίου με χρήση βελόνας. Τέλος, τα συσκευασμένα τρυβλία τοποθετήθηκαν στους 4°C, 10°C και 20°C, σε υψηλής ακρίβειας ($\pm 0,5^{\circ}\text{C}$) θαλάμους επώασης (MIR-153, Sanyo Electric Co., Osaka, Japan).

Η διάρκεια ζωής των επεξεργασμένων και μη επεξεργασμένων δειγμάτων καρπιδίων ροδιού μετά τη προσθήκη του αντιμικροβιακού παράγοντα προσδιορίστηκε με βάση το χρονικό διάστημα που απαιτείται η Ολική Μεσόφιλη Χλωρίδα (OMX) να αγγίξει το επίπεδο των 7,0 log CFU/g (Nychas et al. 2008;Ercolini et al. 2011;Tang et al. 2013).

3.2. Σύσταση αέρα «κεφαλής» της συσκευασίας

Κατά τις ημέρες των δειγματοληψιών για το προσδιορισμό του μικροβιακού πληθυσμού και πριν την έναρξη αυτών, πραγματοποιούνταν έλεγχος της σύστασης του αέρα της «κεφαλής» της συσκευασίας με τη βοήθεια ψηφιακού μετρητή σύστασης αέρα (Checkmate 9900 O₂/CO₂, PBI Dansensor, Ringsted, Denmark). Πιο συγκεκριμένα, σύριγγα με ενσωματωμένη βελόνα εισερχόταν μέσω των υφιστάμενων οπών στο εσωτερικό και «κεφαλή» της συσκευασίας, όπου με τη βοήθεια του οργάνου καταγράφονταν η μετρούμενη σύσταση. Με το πέρας της διαδικασίας οι συσκευασίες μεταφέρονταν στο χώρο του εργαστηρίου.

3.3. Πολυφασματική Απεικόνιση

Το VideometerLab (Videometer A/S, Hørsholm, Δανία) αποτελεί το όργανο που χρησιμοποιήθηκε για την ανάλυση της πολυφασματικής εικόνας των καρπιδίων ροδιού στις διάφορες μεταχειρίσεις. Πιο συγκεκριμένα, πολυφασματικές εικόνες λήφθηκαν κοντά στο φάσμα του ορατού (VIS) και στο τμήμα των μη ιοντιζουσών ακτινοβολιών (NIR) του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος σε δεκαοχτώ (18) διαφορετικά μήκη κύματος: 405, 435, 450, 470, 505, 525, 570, 590, 630, 645, 660, 700, 780, 850, 870, 890, 940 και 970 nm. Η λειτουργία του οργάνου βασίζεται στη δυνατότητά του να φωτίζει το αντικείμενο με διάχυτο φως και μια σφαίρα να εξασφαλίζει ότι αυτό σκεδάζεται με ομοιόμορφο και διάχυτο τρόπο κατά τη φωτοχυσία. Κάθε δίοδος που φέρει το όργανο εκπέμπει σε ένα συγκεκριμένο μήκος κύματος, εξασφαλίζοντας με αυτό τον τρόπο ότι κάθε φορά, μόνο το φως ενός συγκεκριμένου μήκους κύματος είναι παρών σε μία και μόνο στιγμή. Η εγκατάσταση του οργάνου περιγράφεται εκτενώς στη βιβλιογραφία (Dissing et al. 2011). Κάθε πολυφασματική εικόνα αποτελείται από δεκαοχτώ (18) ξεχωριστές εικόνες, μία για κάθε ένα από τα μήκη κύματος. Κατά τη διαδικασία της μέτρησης, τρυβλίο Petri με καρπίδια ροδιού, διαφορετικής μεταχείρισης κάθε φορά, τοποθετούνταν στο πλαίσιο της σφαίρας. Από τη πολυφασματική εικόνα, οι τιμές των παραγόντων L^* , a^* και b^* υπολογίστηκαν για κάθε εικονοκύτταρο (pixel) με πρότυπο φωτιστικό D50 και με 2⁰ πρότυπο παρατηρητή. Πριν την ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιείται η ανάλυση της εικόνας, μια ιδιαίτερως σημαντική προεπεξεργασία, για τη διενέργεια της οποίας απαιτείται η κατάτμηση των εικόνων σε διαφορετικές περιοχές. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια του λογισμικού VideometerLab 2.10 (Videometer A/S, Hørsholm, Δανία). Προκειμένου να αφαιρεθεί το φόντο από τις εικόνες, όλα τα στοιχεία εκτός από το ερυθρό κομμάτι της σάρκας και το λευκόχροο σπέρμα του καρπιδίου αφαιρέθηκαν με τη Κανονική Διαχωριστική Ανάλυση (CDA) , ενώ κατατμήθηκαν χρησιμοποιώντας το απλό όριο.

3.4. Μικροβιολογική Ανάλυση

Μετά την έξοδο των συσκευασιών από τους θαλάμους επώασης για τη πραγματοποίηση της μικροβιολογικής ανάλυσης διενεργούνταν έλεγχος της ακεραιότητάς τους, προκειμένου να αποφευχθεί η εξέταση ενός βεβαρημένου με επιπλέον μικροβιακό φορτίο δείγματος καρπιδίων ροδιού, αποτέλεσμα προβληματικής συσκευασίας ή αποθήκευσης.

Τα καρπίδια ροδιού (10 g) αφαιρούνταν υπό ασηπτικές συνθήκες από τα τρυβλία Petri όπου περιέχονταν και μεταφέρονταν σε σακούλες Stomacher (Interscience, France). Στη συνέχεια προστίθονταν 90 ml στείρου διαλύματος Ringer $\frac{1}{4}$ δύναμης (Lab M, Lancashire, UK) και ακολουθούσε η ομογενοποίηση τους με τη βοήθεια συσκευής Stomacher (Interscience, France) για εξήντα δευτερόλεπτα (60 s) σε θερμοκρασία δωματίου. Τη διαδικασία της ομογενοποίησης ακολούθησε αυτή των διαδοχικών δεκαδικών αραιώσεων σε διάλυμα Ringer $\frac{1}{4}$ δύναμης προκειμένου 1 ml και 0,1 ml να ενσωματωθούν (pour plate) και να επιστρωθούν επιφανειακά (spread plate), αντίστοιχα, σε εκλεκτικά και μη εκλεκτικά υποστρώματα καλλιέργειας.

Η εκτίμηση της Ολικής Μεσόφιλης Χλωρίδας (OMX) επιτεύχθηκε σε θρεπτικό υπόστρωμα Plate Count Agar (PCA; Lab M, Lancashire, UK) μετά από επώασή τους στους 30°C για 48 h. Τα βακτήρια του γαλακτικού οξέος (LAB) προσδιορίστηκαν μέσω διπλής στρώσης θρεπτικού υποστρώματος Άγαρ de Man, Rogosa and Shape (MRS agar; Lab M Limited, Bury, UK) (pH 5.8) και επώασή τους στους 30°C για 72 h. Τέλος, οι ζύμες και οι μύκητες προσδιορίστηκαν σε Άγαρ χλωραμφενικόλης Rose Bengal (RBC; Lab M, Lancashire, UK) ύστερα από επώασή τους στους 25°C για 72 h.

3.5. Μέτρηση απώλειας βάρους

Κατά το στάδιο αυτό πραγματοποιούνταν ο υπολογισμός του τελικού βάρους των καρπιδίων, λαμβάνοντας υπόψη το αρχικό και το μετρούμενο τη συγκεκριμένη ημερομηνία δειγματοληψίας. Η απώλεια βάρους προσδιοριζόταν με τη παρακάτω συνάρτηση:

$$WL = \frac{W_o - W_s}{W_o} \times 100$$

Όπου, WL: η απώλεια βάρους (%), W_o : το αρχικό βάρος των καρπιδίων και W_s : το μετρούμενο βάρος την ημέρα δειγματοληψίας.

3.6. Προσδιορισμός pH

Η καταγραφή των τιμών του pH των δειγμάτων καρπιδίων ροδιού πραγματοποιούνταν μετά από κάθε δειγματοληψία με τη βοήθεια ψηφιακού μετρητή pH (pH 526, Metrohm, Switzerland). Η διαδικασία περιελάμβανε τη βύθιση του ηλεκτροδίου του οργάνου στο ομογενοποίημα των καρπιδίων ροδιού και τη καταγραφή της ένδειξης του.

3.7. Χρωματομετρική Ανάλυση

Οι αλλαγές στο χρώμα των δειγμάτων των καρπιδίων ροδιού προσδιορίστηκαν μέσω της μέτρησης των L^* , a^* και b^* παραμέτρων με τη βοήθεια φορητού χρωματόμετρου (Minolta, Model CR-200, Osaka, Japan). Η βαθμονόμηση του χρωματόμετρου πραγματοποιούνταν με τη χρήση λευκής πρότυπης πλάκας ($L=100$). Οι μετρούμενες τιμές των παραμέτρων χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό των μεταβολών στο συνολικό χρώμα (Boakye & Mittal 1996), σύμφωνα με την ακόλουθη εξίσωση:

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L_0^*)^2 + (a^* - a_0^*)^2 + (b^* - b_0^*)^2}$$

Όπου,

L^* : φωτεινότητα, L_0^* : φωτεινότητα σε μηδενικό χρόνο, a^* : ερυθρότητα, όπου θετικές και αρνητικές τιμές αντιπροσωπεύουν το κόκκινο και πράσινο χρώμα, αντίστοιχα, a_0^* : ερυθρότητα σε μηδενικό χρόνο, b^* : κιτρίνισμα, όπου θετικές και αρνητικές τιμές αντιπροσωπεύουν το κίτρινο και μπλε χρώμα, αντίστοιχα και b_0^* : κιτρίνισμα σε μηδενικό χρόνο. Για κάθε επέμβαση, η μέτρηση του χρώματος πραγματοποιούνταν σε δείγμα αποτελούμενο από 5-8 καρπίδια ροδιού, τοποθετημένα έτσι ώστε η κεφαλή του οργάνου

να έρχεται σε επαφή με τη καμπύλη επιφάνεια τους (κομμάτι της σάρκας με έντονο ερυθρό χρωματισμό), ενώ για κάθε δείγμα λαμβάνονταν τρεις (3) μετρήσεις.

3.8. Οργανοληπτικός Έλεγχος

Η οργανοληπτική αξιολόγηση των καρπιδίων ροδιού διεξήχθη κατά τη περίοδο αποθήκευσή τους. Πιο συγκεκριμένα, για να αξιολογηθούν οι αισθητικές ιδιότητες των συσκευασμένων δειγμάτων, εξετάστηκαν οι περιπτώσεις όπου δεν εφαρμόστηκε αντιμικροβιακός παράγοντας (Μάρτυρας) και αυτές όπου προστέθηκαν 1 ml και 2 ml αντιμικροβιακού παράγοντα (Κονιάκ), στις θερμοκρασίες των 4°C και 10°C. Τις ημέρες της οργανοληπτικής αξιολόγησης τα δείγματα μεταφέρονταν από τους θαλάμους επώασης σε συνθήκες τεχνητού φωτός και θερμοκρασίας περιβάλλοντος. Δέκα δοκιμαστές κλήθηκαν στη συγκεκριμένη διαδικασία, χωρίς όμως να τους έχει καταστεί γνωστή η ταυτότητα των δειγμάτων που χρησιμοποιούνταν. Ανάμεσα στα προς αξιολόγηση χαρακτηριστικά περιλαμβάνονταν η οσμή, το χρώμα, η φρεσκότητα, η υφή, η γεύση και τέλος, η γενικότερη εμφάνιση των καρπιδίων την ημέρα του οργανοληπτικού ελέγχου. Οι δοκιμαστές είχαν εντολή να πίνουν νερό μεταξύ των αξιολογήσεων του κάθε δείγματος. Η οργανοληπτική αξιολόγηση των δειγμάτων που συντηρούνταν στους 4°C πραγματοποιήθηκε την 5^η (αρχικό στάδιο αποθήκευσης) και την 20^η ημέρα (στάδιο πλησίον στη μικροβιολογική απόρριψη του μάρτυρα), ενώ για αυτά που προέρχονταν από τους 10°C αυτή έλαβε χώρα την 2^η (αρχικό στάδιο αποθήκευσης) και 9^η ημέρα (μικροβιολογική απόρριψη του μάρτυρα). Το κάθε ένα από τα προς αξιολόγηση παραπάνω χαρακτηριστικά προσδιορίστηκε σε κλίμακα από 1 (χειρότερο) έως 3 (καλύτερο). Η βαθμολογία που αντιστοιχούσε στον αριθμό 2 αποτελεί τη πρώτη ένδειξη ότι το δείγμα θεωρείται οριακά αποδεκτό από τον δοκιμαστή (πρώτη ένδειξη υποβάθμισης του προϊόντος). Δείγματα που σημείωσαν βαθμολογίες από 1 έως <2 χαρακτηρίστηκαν ως οργανοληπτικά απορριπτέα, συμπίπτοντας με το τέλος της ζωής του προϊόντος, ενώ αυτά με βαθμολογία από 2 έως 3 χαρακτηρίστηκαν ως αποδεκτά.

3.9. Προσδιορισμός Υφής

Ο έλεγχος της υφής των καρπιδίων ροδιού εντάσσεται στις διαδικασίες προσδιορισμού του βαθμού υποβάθμισης τους συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης στους θαλάμους ελεγχόμενων συνθηκών. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε είχε ως σημείο αναφοράς τη χρήση αναλυτή υφής (INSTRON, Model 1011, Massachusetts, USA) για τον υπολογισμό της μέγιστης δύναμης που απαιτείται για τη διάρρηξη της σάρκας του καρπιδίου ροδιού. Το άκρο του οργάνου έφερε κυλινδρικό έμβολο, διαμέτρου κεφαλής 40 mm, το οποίο κινούνταν με ταχύτητα 1.0 mm s^{-1} και διένυε απόσταση 1 cm. Η διαδικασία αφορούσε τη σύνθλιψη κατά μέσο όρο 10 καρπιδίων ροδιού από το σύνολο των μεταχειρίσεων.

3.10. Στατιστική Ανάλυση

Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια του προγράμματος SPSS, έκδοση 19.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). Η ανάλυση διασποράς (ANOVA) πραγματοποιήθηκε βάσει των δεδομένων που συλλέχθηκαν, με σκοπό την αξιολόγηση της επίδρασης της θερμοκρασίας, της συγκέντρωσης του κονιάκ και των αλληλεπιδράσεων τους στα μικροβιακά επίπεδα, το χρώμα, την υφή και τις αισθητήριες ιδιότητες. Η μέθοδος πολλαπλών συγκρίσεων Tukey χρησιμοποιήθηκε για τη σύγκριση των μέσων. Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε σε $p \leq 0.05$.

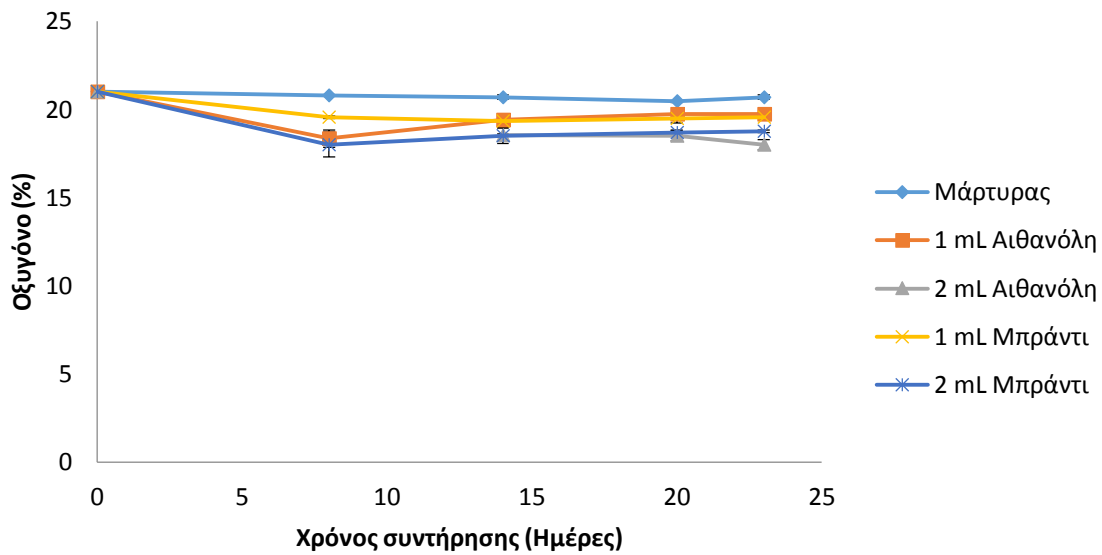
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

4.1. Σύσταση Αέρα κεφαλής της συσκευασίας

Η σύσταση των αερίων της κεφαλής της συσκευασίας, σύμφωνα με τα αποτελέσματα των μετρήσεων, διαφοροποιήθηκε με τη πρόοδο της συντήρησης στις διάφορες θερμοκρασίες. Τα επίπεδα συγκέντρωσης του O₂ εμφάνισαν πτωτικές τάσεις κατά την αποθήκευση, στο σύνολο των μεταχειρίσεων και των θερμοκρασιών που ελέγχθηκαν, όπως παρόμοια αναφέρουν και οι López-Rubira *et al.* (2005). Η μείωση αυτή ενισχύθηκε ιδιαίτερα, ενώ πραγματοποιήθηκε σε μικρότερο χρονικό διάστημα με την αύξηση της θερμοκρασίας συντήρησης των καρπιδίων από τους 4°C στους 20°C. Σύμφωνα με τη Sandhya (2010), η πτώση των επιπέδων O₂ πιθανόν να σχετίζεται με τον αυξημένο ρυθμό αναπνοής των καρπιδίων, τη μικροβιακή ανάπτυξη και τη διαπερατότητα του φιλμ συσκευασίας. Επίσης, οι Caleb *et al.* (2012) απέδειξαν πως η μείωση της θερμοκρασίας από τους 15 στους 5°C περιόρισε το ρυθμό κατανάλωσης του O₂ και παραγωγής του CO₂ των καρπιδίων ροδιού κατά 67 και 70%, αντίστοιχα. Το χρονικό διάστημα που εξετάστηκε αντιστοιχούσε με τη συνολική διάρκεια ζωής του προϊόντος.

Επίσης, η καθοδική τάση των επιπέδων O₂ μεταξύ των διαφόρων μεταχειρίσεων ενισχύεται με την αύξηση της συγκέντρωσης των αλκοολούχων διαλυμάτων και της θερμοκρασίας συντήρησης, συγκριτικά με τους μάρτυρες. Αναλυτικά, στους 4, 10 και 20°C οι μάρτυρες εμφάνισαν μείωση των συγκεντρώσεων O₂ από 21% σε 20.7, 20.3 και 18.7%, αντίστοιχα, όταν η μεγαλύτερη μείωση O₂ για τους 4 και 10°C σημειώθηκε στις μεταχειρίσεις με 2 ml αιθανόλης (από 21% σε 18 και 17.5%, αντίστοιχα), ενώ στους 20°C παρατηρήθηκε στην επέμβαση με 2 ml μπράντι (από 21% σε 15.3%) (Διάγραμμα 1). Περαιτέρω, η συγκέντρωση των αλκοολούχων διαλυμάτων φαίνεται να επιδρά στη μείωση αυτή, με τέτοιο τρόπο ώστε η αύξηση της ποσότητάς τους να επηρεάζει εντονότερα τη πτώση των επιπέδων του O₂. Η καθοδική τάση αυτή μάλιστα ενισχύεται με την αύξηση της θερμοκρασίας συντήρησης. Έτσι, η μεγαλύτερη μείωση των επιπέδων O₂ εντοπίζεται στη μεταχείριση με 2 ml αιθανόλης και μπράντι στους 4°C με 18% και 18.8% (σε 23 ημέρες), στους 10°C με 17.5% και 17.9% (σε 14 ημέρες), ενώ στους 20°C με 15.5% και

15.3% (σε 6 ημέρες), αντίστοιχα. Οι Martínez-Romero *et al.* (2013) ερευνώντας την αντιμικροβιακή δράση πηγματος *Aloe vera* διαπίστωσαν την αναστολή του ρυθμού αναπνοής κατά την αποθήκευση των καρπιδίων ροδιού σε θερμοκρασία 3°C. Η επίδραση αυτή ήταν υψηλότερη ειδικά στη περίπτωση όπου εφαρμόζεται η *A. vera* σε ποσοστό 100%.



Διάγραμμα 1: Συγκέντρωση O₂ κατά τη διάρκεια του χρόνου συντήρησης στις διάφορες επεμβάσεις που εξετάστηκαν (Μάρτυρας, 1-2 mL αιθανόλης, 1-2 mL μπράντι)

Σε αντίθεση, τα επίπεδα του CO₂ διατήρησαν τη μηδενική τιμή τους σχεδόν στο σύνολο των μεταχειρίσεων που αφορούσαν τις θερμοκρασίες των 4°C και 10°C, όταν σε αυτή των 20°C σημειώθηκε μια εξαιρετικά μικρή αύξηση στο τέλος της περιόδου συντήρησης (6 ημέρες). Πιο συγκεκριμένα, στις επεμβάσεις με 1 ml αιθανόλης και μπράντι η αύξηση της συγκέντρωσης της κεφαλής της συσκευασίας ήταν της τάξεως του 0.5-0.7%, ενώ στις περιπτώσεις εφαρμογής 2 ml από τα παραπάνω διαλύματα, η αύξηση των επιπέδων CO₂ κυμάνθηκε μεταξύ 0.1% και 0.6%. Οι Caleb *et al.* (2013) καταμέτρησαν αύξηση του παραγόμενου CO₂ την 5^η ημέρα συντήρησης, σε θερμοκρασία 15°C, για τις ποικιλίες ροδιού ‘Acco’ και ‘Herskawitz’. Τα αποτελέσματα αυτά διαφοροποιήθηκαν όταν η θερμοκρασία συντήρησης μειώθηκε στους 5°C. Επιπροσθέτως, η παθητική διαδικασία τροποποίησης της ατμόσφαιρας συνδέθηκε με τη σταδιακή αύξηση των εκπομπών CO₂

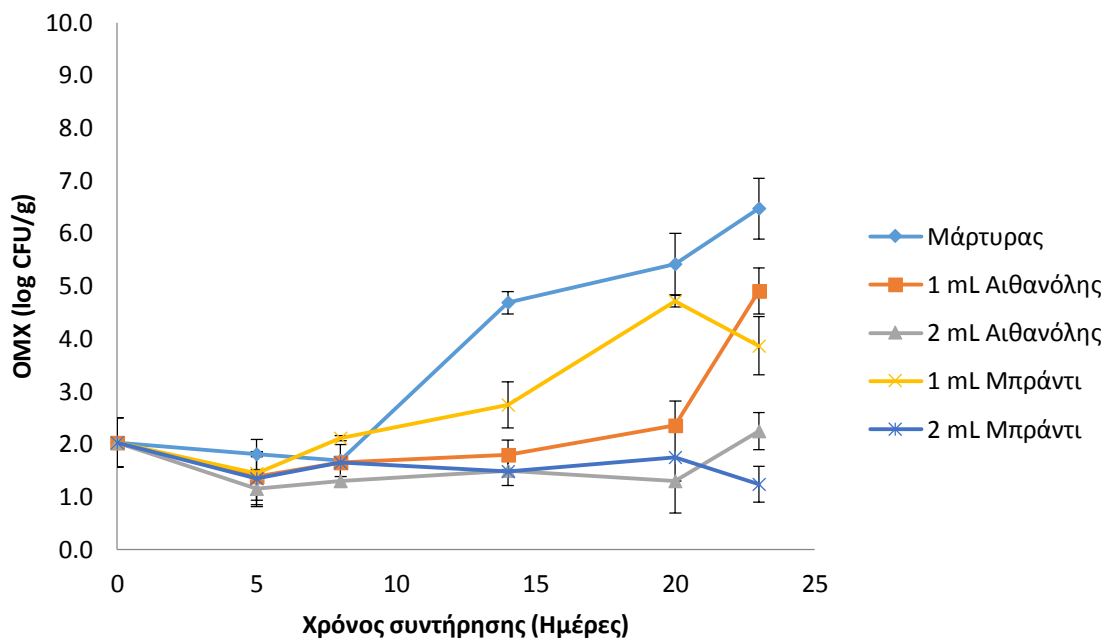
και μείωση των επιπέδων O₂ (Caleb et al. 2011), τάση που παρατηρήθηκε και στη παρούσα μελέτη. Παρόλα αυτά, τα χαμηλά επίπεδα CO₂ που καταμετρήθηκαν στη «κεφαλή» της συσκευασίας είναι παρόμοια με αυτά της ατμόσφαιρας και πιθανόν σχετίζονται με τη χρήση των διάτρητων μεμβρανών, αναστέλλοντας την αύξηση της συγκέντρωσης τους. Η παραδοχή αυτή ενισχύεται από τα αποτελέσματα ερευνητών που ανέπτυξαν πιθανά συστήματα συσκευασίας καρπιδίων ροδιού υπό αερόβιες συνθήκες (μη παθητική ατμόσφαιρα) (López-Rubira et al. 2005; Ayhan & Eştürk 2009; Martínez-Romero et al. 2013).

4.2. Μικροβιολογική Ανάλυση

Η εφαρμογή αιθανόλης 36% v/v και μπράντι ίδιου αλκοολικού βαθμού ανέδειξε την ανασταλτική δράση των παραγόμενων πτητικών αερίων τους κατά τη διάρκεια αποθήκευσης των καρπιδίων, στις διάφορες θερμοκρασίες συντήρησης που ελέγχθηκαν. Η συγκυριαρχία των βακτηρίων γαλακτικού οξέος (LAB) με τις ζύμες και τους μύκητες είναι χαρακτηριστική για το ίδιο χρονικό διάστημα συντήρησης, ανεξάρτητα της θερμοκρασίας και του είδους του αλκοολικού διαλύματος.

Τα δείγματα καρπιδίων ροδιού που αποτέλεσαν τους μάρτυρες (*Control*) στις θερμοκρασίες των 4, 10 και 20°C παρουσίασαν ταχύτερη μικροβιολογική υποβάθμιση σε σχέση με αυτά που τοποθετήθηκαν σε δίχωρα τριβλία, προκειμένου να ελεγχθεί η επίδραση της αιθανόλης ή του μπράντι (36% v/v) σε διάφορες συγκεντρώσεις, στις αντίστοιχες θερμοκρασίες. Όπως επισημαίνουν και οι Sepulveda *et al.* (2000), καρπίδια που συσκευάστηκαν σε διάτρητες σακούλες πολυαιθυλενίου παρουσίασαν αύξηση της ολικής μεσόφιλης χλωρίδας, μετά από 7 ημέρες συντήρησης στους 4°C. Η μικροβιολογική υποβάθμιση του τροφίμου ταυτίζεται με το όριο των 7 log CFU/g, το οποίο συμπίπτει με το πέρας της εμπορικής διάρκειας ζωής του, σύμφωνα με τα μικροβιολογικά κριτήρια (López-Rubira et al. 2005; Ayhan & Eştürk 2009). Στους 4°C, ο πληθυσμός της Ολικής Μεσόφιλης χλωρίδας (OMX) των καρπιδίων που αποτέλεσαν τους μάρτυρες ανήλθε στους 6.5 log CFU/g κατά την 23^η ημέρα συντήρησης (*Διάγραμμα 2*). Μικρότερη ανάπτυξη παρατηρήθηκε στη περίπτωση της μεταχείρισης με 1 ml αιθανόλης 36% v/v και 1 ml

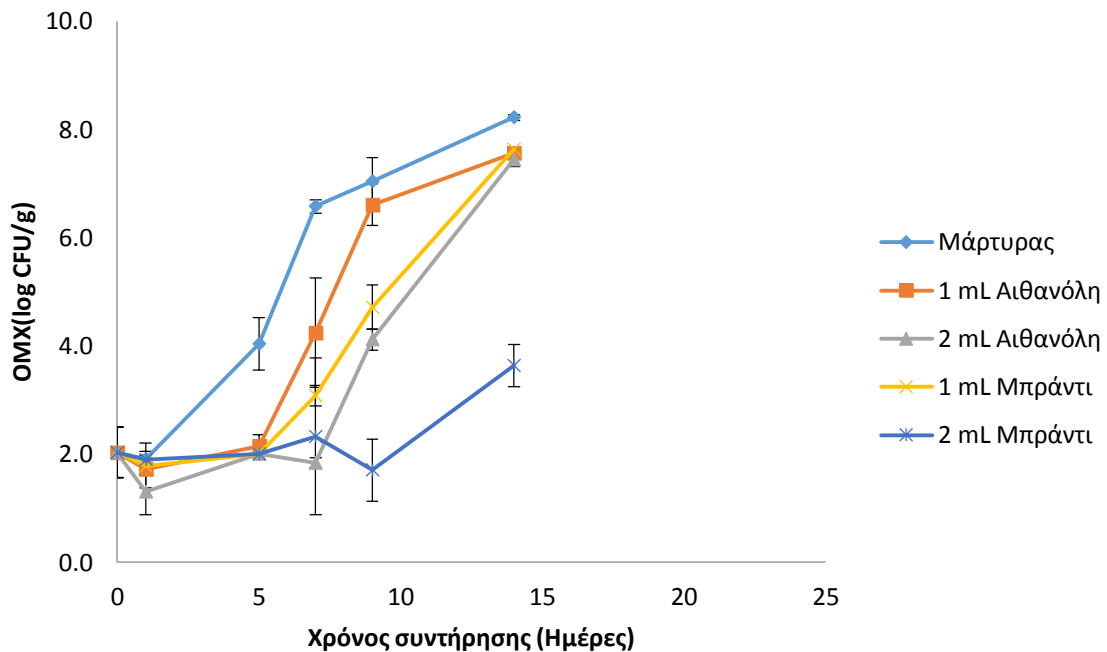
μπράντι ήταν 4.9 log CFU/g και 3.9 log CFU/g, αντίστοιχα. Ομοίως, κατά τη μεταχείριση των καρπιδίων με αλκοολούχο διάλυμα συγκέντρωσης 2 ml, οι πληθυσμοί της OMX στη περίπτωση εφαρμογής αιθανόλης 36% v/v ήταν υψηλότεροι συγκριτικά με αυτούς που μετρήθηκαν κατά τη χρήση μπράντι (2.2 log CFU/g και 1.2 log CFU/g, αντίστοιχα). Η OMX των επεμβάσεων αυτών εμφανίζεται μειωμένη σε σχέση με τις υπόλοιπες κατά 50-80%. Παρόμοια καθυστέρηση στην αύξηση της μικροβιακής αλλοίωσης παρατηρήθηκε και κατά την εφαρμογή πηγματος *Aloe vera* σαν αντιμικροβιακό παράγοντα, όπως ανέφεραν οι Martinez-Romero *et al.* (2013).



Διάγραμμα 2: Ανάπτυξη της Ολικής Μεσόφιλης χλωρίδας (OMX) κατά τη διάρκεια του χρόνου συντήρησης στους 4°C, στις διάφορες επεμβάσεις που εξετάστηκαν (Μάρτυρας, 1-2 mL αιθανόλης, 1-2 mL μπράντι)

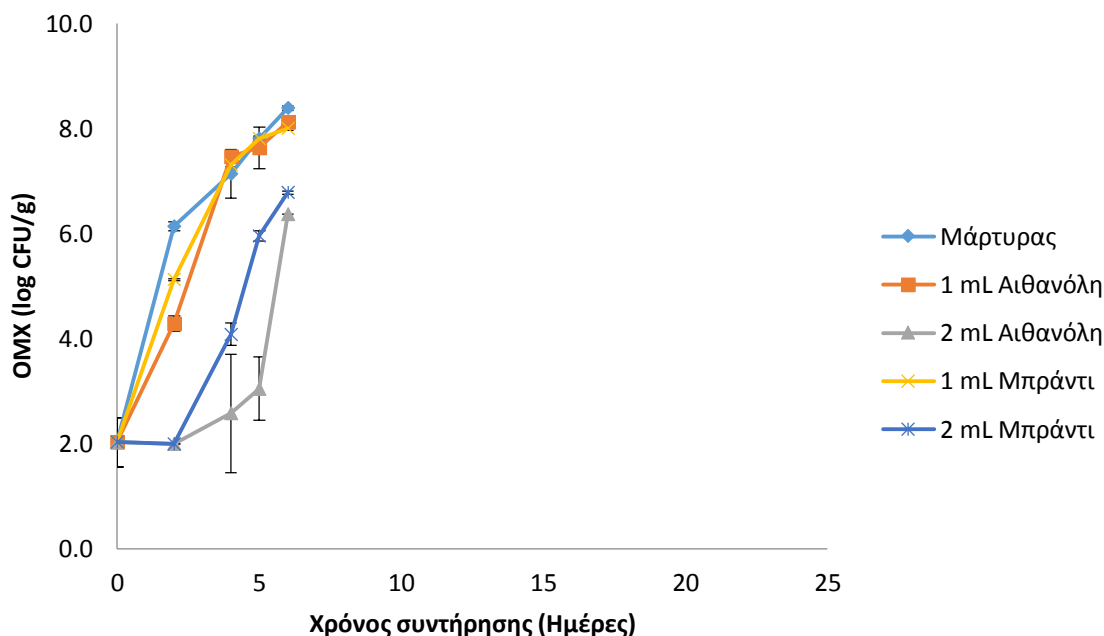
Περαιτέρω, στο χρονικό σημείο της μικροβιολογικής απόρριψης των μαρτύρων (9^η ημέρα) που συντηρούνταν στους 10°C, οι πληθυσμοί της OMX ανέρχονταν στους 7 log CFU/g και ήταν μεγαλύτεροι από αυτούς των μεταχειρίσεων με αλκοολούχο διάλυμα. Την 9^η ημέρα συντήρησης, η OMX των δειγμάτων με 1 ml αιθανόλη ήταν 6.6 log CFU/g, αυξημένη συγκριτικά με αυτή που καταγράφηκε στη περίπτωση των δειγμάτων που δέχθηκαν μεταχείριση με 1 ml μπράντι (4.7 log CFU/g) (Διάγραμμα 3). Η εφαρμογή 2 ml

αιθανόλης περιόρισε περαιτέρω την OMX σε 4.1 log CFU/g, ενώ στην επέμβαση με 2 ml μπράντι ισούνταν με 1.7 log CFU/g.



Διάγραμμα 3: Ανάπτυξη της Ολικής Μεσόφιλης χλωρίδας (OMX) κατά τη διάρκεια του χρόνου συντήρησης στους 10°C, στις διάφορες επεμβάσεις που εξετάστηκαν (Μάρτυρας, 1-2 mL αιθανόλης, 1-2 mL μπράντι)

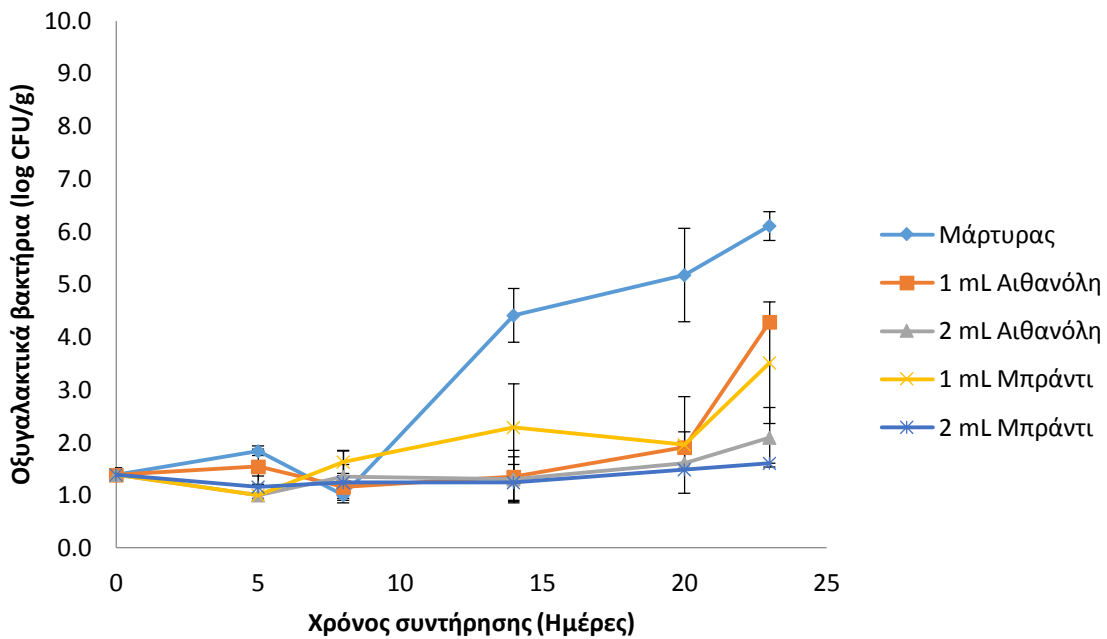
Τέλος, παρόμοια αποτελέσματα εξήχθησαν κατά τη καταμέτρηση των πληθυσμών της OMX των δειγμάτων καρπιδίων ροδιού που αποθηκεύτηκαν στους 20°C (Διάγραμμα 4). Η 4^η ημέρα συντήρησης αποτέλεσε το χρονικό σημείο μικροβιολογικής απόρριψης του μάρτυρα (7.1 log CFU/g), ενώ οι πληθυσμοί της OMX των υπόλοιπων μεταχειρίσεων παρατίθενται ακολούθως με την εξής φθίνουσα σειρά: 1 ml αιθανόλης (7.5 log CFU/g) > 1 ml μπράντι (7.3 log CFU/g) > 2 ml μπράντι (4.1 log CFU/g) > 1 ml αιθανόλης (2.6 log CFU/g). Η αύξηση του μικροβιακού επηρεάζεται από τη θερμοκρασία αποθήκευσης με τρόπο τέτοιο ώστε η αύξηση της θερμοκρασίας να προκαλεί κάλυψη του ορίου της μικροβιολογικής απόρριψης σε συντομότερο χρονικό διάστημα (Caleb et al. 2011).



Διάγραμμα 4: Ανάπτυξη της Ολικής Μεσόφιλης χλωρίδας (OMX) κατά τη διάρκεια του χρόνου συντήρησης στους 20°C, στις διάφορες επεμβάσεις που εξετάστηκαν (Μάρτυρας, 1-2 mL αιθανόλης, 1-2 mL μπράντι)

Στη περίπτωση των βακτηρίων γαλακτικού οξέος (LAB), η εφαρμογή των αλκοολούχων διαλυμάτων ανέστειλε σημαντικά την ανάπτυξη του μικροβιακού πληθυσμού των καρπιδίων ροδιού κατά τη διάρκεια της συντήρησής τους, στις θερμοκρασίες των 4, 10 και 20°C. Αναλυτικά, η μικροβιολογική απόρριψη των μαρτύρων την 23^η ημέρα συντήρησης σε θερμοκρασία 4°C συνέπεσε με τη καταμέτρηση 6.1 log CFU/g, όταν τις υπόλοιπες επεμβάσεις για το ίδιο χρονικό σημείο το μικροβιακό φορτίο ήταν χαμηλότερο (από 1.6-4.3 log CFU/g) (Διάγραμμα 5). Η συγκέντρωση του αλκοολούχου διαλύματος φαίνεται πως επηρέασε την αντιμικροβιακή του ισχύ. Η καταμέτρηση του μικροβιακού πληθυσμού μετά την εφαρμογή 2 ml αιθανόλης και μπράντι ανέδειξε την αντιμικροβιακή δράση τους επιτρέποντας την ανάπτυξη 2.1 log CFU/g και 1.6 log CFU/g, αντίστοιχα, όταν στη περίπτωση εφαρμογής 1 ml των παραπάνω τα αποτελέσματα που λήφθηκαν ήταν 4.3 log CFU/g και 3.5 log CFU/g. Ακόμα, η υποβάθμιση των καρπιδίων φαίνεται να ανεστάλη σε μεγαλύτερο βαθμό μετά την εφαρμογή του μπράντι συγκριτικά με την αιθανόλη, στα ίδια επίπεδα συγκέντρωσης. Πιο

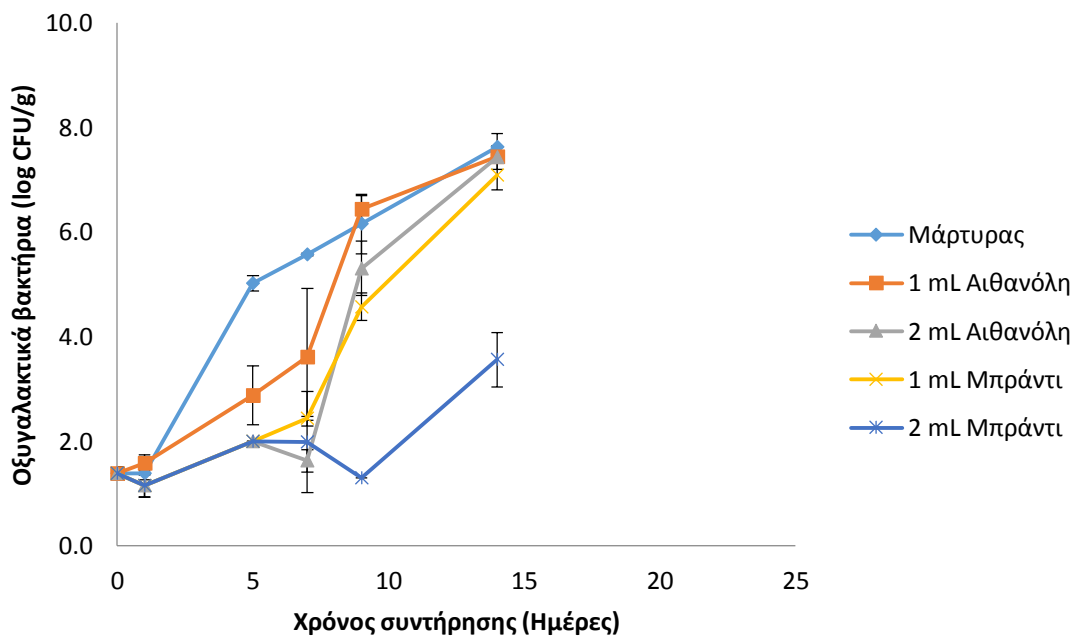
συγκεκριμένα, στην επέμβαση με 1 ml μπράντι καταμετρήθηκαν 3.5 log CFU/g (<4.3 log CFU/g της επέμβασης με αιθανόλη), ενώ σε αυτή με 2 ml αντιστοιχούσαν 1.6 log CFU/g (<2.1 log CFU/g με αιθανόλη). Οι Lopez-Rubira *et al.* (2005) αναφέρουν τη προληπτική δράση της UV-C έναντι των οξυγαλακτικών βακτηρίων. Πιο συγκεκριμένα, η ελάχιστη επεξεργασία των καρπιδίων ροδιού με την ακτινοβολία αυτή οδήγησε σε μείωση της ανάπτυξης των LAB, η οποία διατηρήθηκε έως και το τέλος της διάρκειας ζωής του προϊόντος (μέσος όρος 14 ημερών στους 5°C).



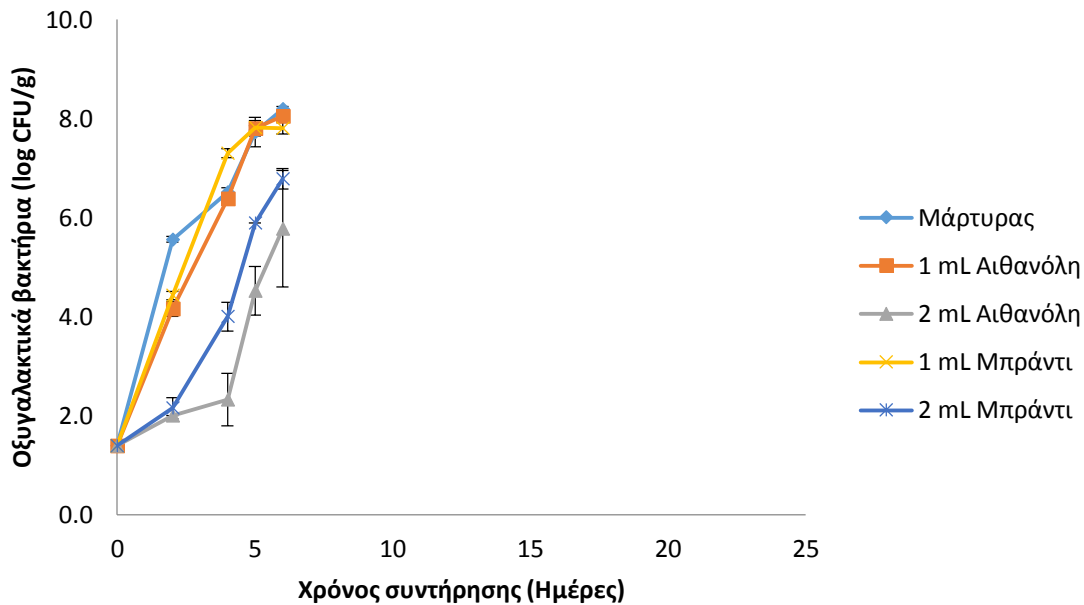
Διάγραμμα 5: Ανάπτυξη των οξυγαλακτικών βακτηρίων κατά τη διάρκεια του χρόνου συντήρησης στους 4°C, στις διάφορες επεμβάσεις που εξετάστηκαν (Μάρτυρας, 1-2 mL αιθανόλης, 1-2 mL μπράντι)

Παρόμοια τάση παρατηρήθηκε κατά τη συντήρηση του προϊόντος στη θερμοκρασία των 10°C (Διάγραμμα 6). Η επίδραση της αιθανόλης και του μπράντι στο μέγεθος του μικροβιακού πληθυσμού ανέδειξε την ανασταλτική τους δράση. Η 9^η ημέρα συντήρησης αποτέλεσε το χρονικό σημείο μικροβιολογικής απόρριψης των δειγμάτων που αποτέλεσαν τους μάρτυρες (6.2 log CFU/g), όταν μόνο αυτά που δέχθηκαν την επίδραση των πτητικών αερίων 2 ml αιθανόλης εμφάνισαν μικρότερο πληθυσμό (5.3 log CFU/g). Η ανασταλτική δράση του μπράντι φάνηκε περισσότερο ισχυρή λόγω του ότι το ίδιο χρονικό σημείο στη συγκέντρωση 1 ml καταμετρήθηκαν 4.6 log CFU/g, ενώ σε αυτή των 2 ml 1.3

log CFU/g. Η αύξηση της θερμοκρασίας συντήρησης είναι πιθανό να επηρέασε αρνητικά τη αντιμικροβιακή δράση της αιθανόλης στις μικρότερες συγκεντρώσεις, ενώ να ενίσχυσε αυτή του μπράντι. Η τάση αυτή επαληθεύτηκε κατά τη διάρκεια της συντήρησης των καρπιδίων στους 20°C (Διάγραμμα 7). Συγκεκριμένα, η μικροβιολογική απόρριψη των μαρτύρων επήλθε την 4^η ημέρα αποθήκευσής του, όταν ο μικροβιακός πληθυσμός αντιστοιχούσε σε 6.5 log CFU/g. Οι μεταχειρίσεις με 1 ml αιθανόλης και μπράντι εμφάνισαν παρόμοια αποτελέσματα (6.4 log CFU/g και 7.3 log CFU/g, αντίστοιχα), διατηρώντας το μικροβιακό φορτίο του προϊόντος σε υψηλά επίπεδα. Η αύξηση της συγκέντρωσης των αλκοολούχων διαλυμάτων φαίνεται πως επηρέασε θετικά την ανασταλτική τους δράση, παρά την υψηλή εφαρμοζόμενη θερμοκρασία συντήρησης. Έτσι, τα δείγματα που δέχθηκαν την επίδραση των πτητικών αερίων 2 ml αιθανόλης εμφάνισαν 2.3 log CFU/g, ενώ στη περίπτωση των 2 ml μπράντι καταμετρήθηκαν 4.0 log CFU/g.



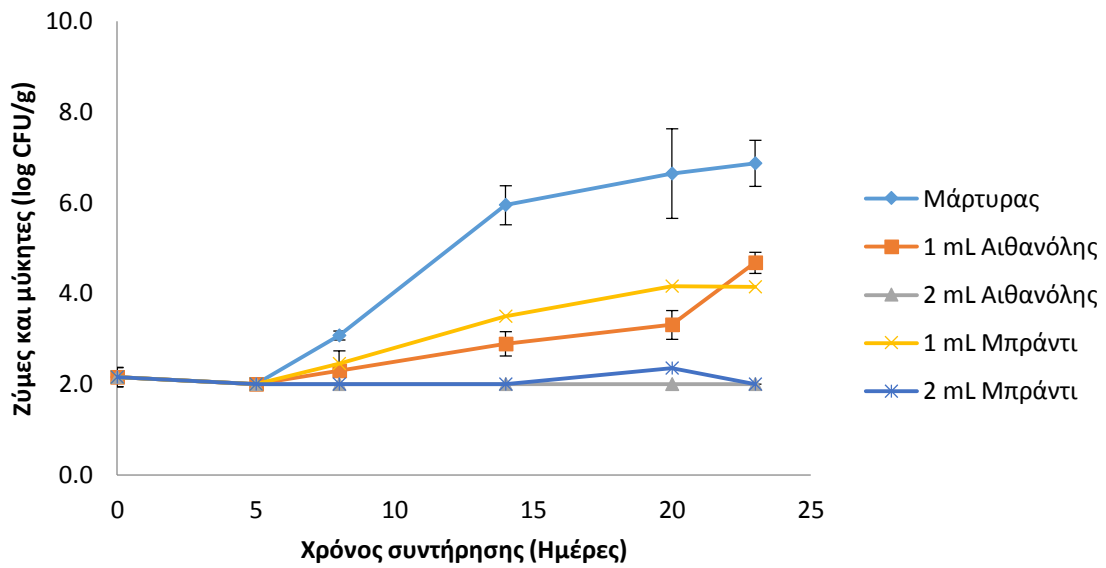
Διάγραμμα 6: Ανάπτυξη των οξυγαλακτικών βακτηρίων κατά τη διάρκεια του χρόνου συντήρησης στους 10°C, στις διάφορες επεμβάσεις που εξετάστηκαν (Μάρτυρας, 1-2 mL αιθανόλης, 1-2 mL μπράντι)



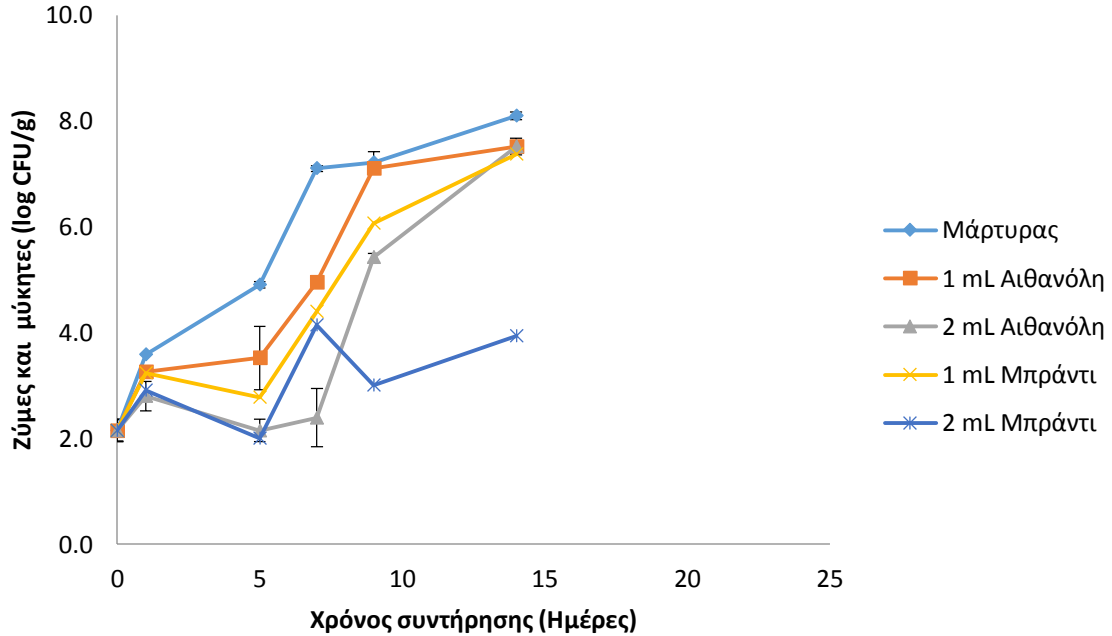
Διάγραμμα 7: Ανάπτυξη των οξυγαλακτικών βακτηρίων κατά τη διάρκεια του χρόνου συντήρησης στους 20°C, στις διάφορες επεμβάσεις που εξετάστηκαν (Μάρτυρας, 1-2 mL αιθανόλης, 1-2 mL μπράντι)

Τέλος, ο έλεγχος του πληθυσμού των ζυμών και μυκήτων στους 4°C εμφάνισε παρόμοια συμπεριφορά με αυτή των οξυγαλακτικών βακτηρίων (Διάγραμμα 8). Έτσι, την ημέρα απόρριψης των μαρτύρων (6.9 log CFU/g την 23^η ημέρα συντήρησης) οι μεταχειρίσεις με 1 ml αιθανόλη και μπράντι φάνηκε να αναστέλλουν λιγότερο την ανάπτυξη του μικροβιακού πληθυσμού (4.7 και 4.1 log CFU/g, αντίστοιχα) συγκριτικά με τα καρπίδια που συσκευάστηκαν σε 2 ml αιθανόλης και μπράντι (2.0 log CFU/g η κάθε ουσία). Στους 10°C, οι μάρτυρες απορρίφθηκαν σύμφωνα με το μικροβιολογικά κριτήρια την 7^η ημέρα συντήρησης (7.1 log CFU/g), ενώ επαναλήφθηκε η τάση μείωσης του μικροβιακού πληθυσμού, λόγω της δράσης των πτητικών αερίων, στις υψηλότερες συγκεντρώσεις αλκοολούχων διαλυμάτων που δοκιμάστηκαν (2 ml) (Διάγραμμα 9). Τέλος, στους 20°C η επίδραση της συγκέντρωσης της αιθανόλης και του μπράντι φάνηκε να επηρεάζει το μικροβιακό φορτίο των καρπιδίων, όπως και σε σχέση με τους μάρτυρες (Διάγραμμα 10). Η εφαρμογή ποσότητας 2 ml από τα αλκοολούχα διαλύματα μείωσε το πληθυσμό των ζυμών και μυκήτων (3.3-4.4 log CFU/g) την 4^η ημέρα συντήρησης, κατά την οποία οι μάρτυρες απορρίφθηκαν. Η προσθήκη 1 ml αιθανόλης και μπράντι φάνηκε να μην δρα κατασταλτικά της ανάπτυξης των ζυμών και μυκήτων (7.3 log CFU/g και 7.2

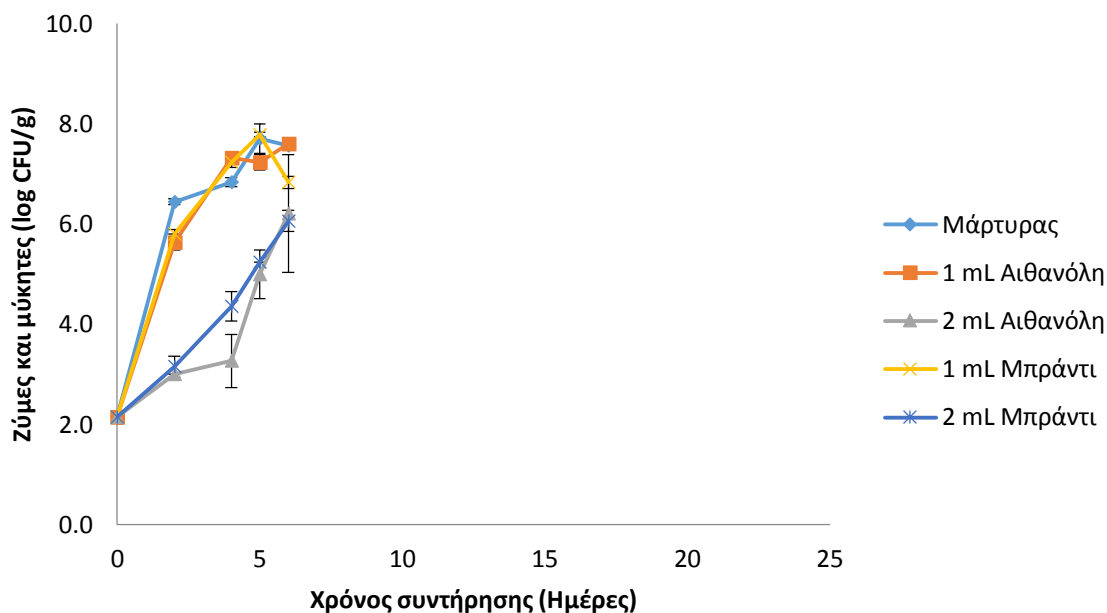
log CFU/g, αντίστοιχα). Η τάση αυτή φαίνεται πως συνδέεται με την επίδραση της υψηλής θερμοκρασίας συντήρησης.



Διάγραμμα 8: Ανάπτυξη των ζυμών και μυκήτων κατά τη διάρκεια του χρόνου συντήρησης στους 4°C, στις διάφορες επεμβάσεις που εξετάστηκαν (Μάρτυρας, 1-2 mL αιθανόλης, 1-2 mL μπράντι)



Διάγραμμα 9: Ανάπτυξη των ζυμών και μυκήτων κατά τη διάρκεια του χρόνου συντήρησης στους 10°C, στις διάφορες επεμβάσεις που εξετάστηκαν (Μάρτυρας, 1-2 mL αιθανόλης, 1-2 mL μπράντι)



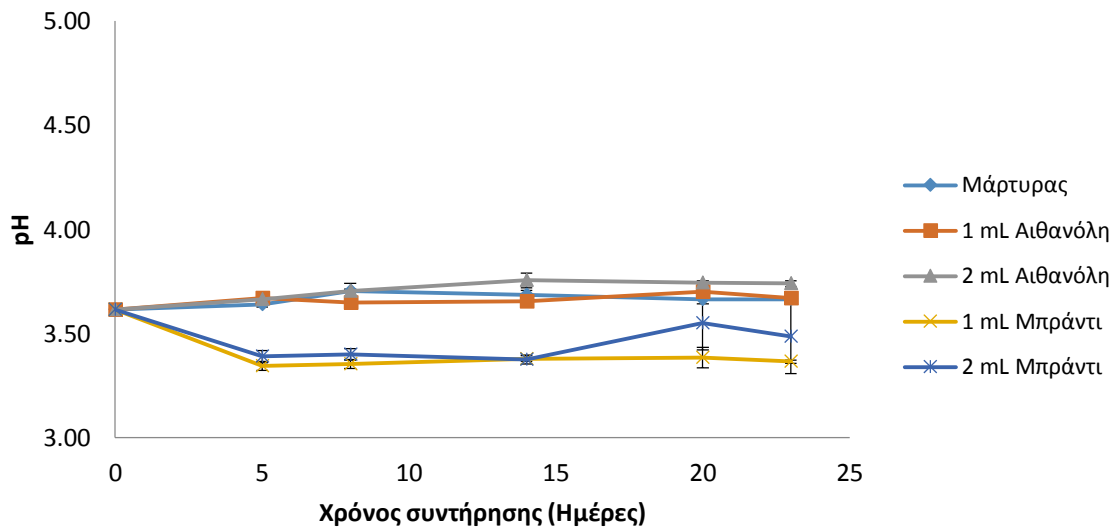
Διάγραμμα 10: Ανάπτυξη των ζυμών και μυκήτων κατά τη διάρκεια του χρόνου συντήρησης στους 20°C, στις διάφορες επεμβάσεις που εξετάστηκαν (Μάρτυρας, 1-2 mL αιθανόλης, 1-2 mL μπράντι)

Οι Maghoumi *et al.* (2013) απέδειξαν πως ο συνδυασμός της UV-C με νερό θερμοκρασίας 55°C ήταν αποτελεσματικός στη μείωση του πληθυσμού των ζυμών και μυκήτων. Στη παρούσα μελέτη, οι υψηλότερες τιμές ζυμών και μυκήτων μπορεί να αποδοθεί στο γεγονός ότι δύναται να αναπτυχθούν σε χαμηλότερο pH συγκριτικά με τα αερόβια μεσόφιλα βακτήρια (Suárez-Jacobo *et al.* 2010; Varela-Santos *et al.* 2012).

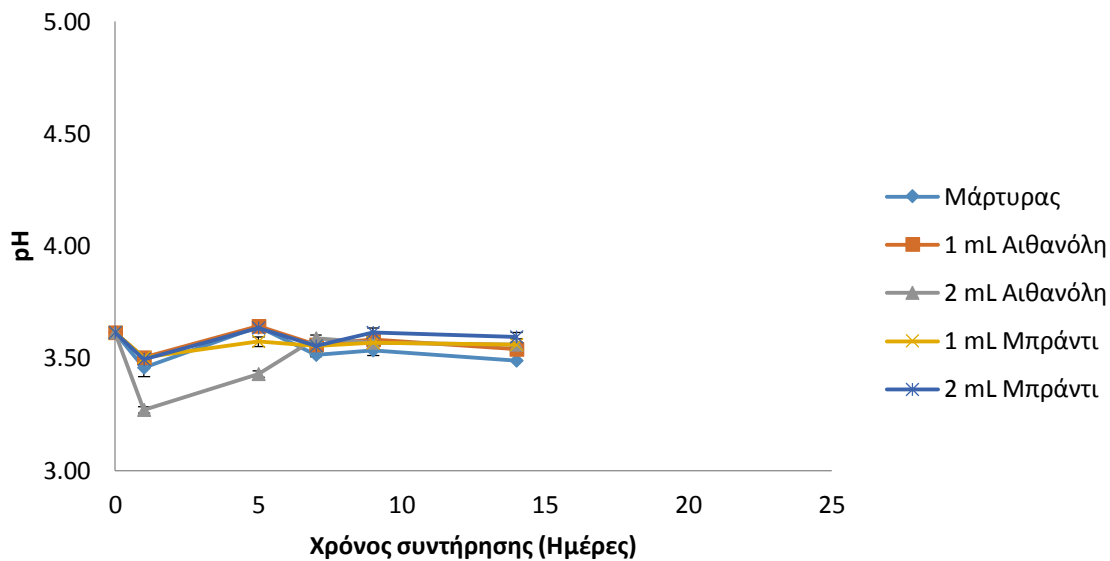
4.3. Μεταβολή του pH των καρπιδίων

Η μείωση του pH των καρπιδίων ροδιού κατά τη διάρκεια της συντήρησής τους στις διάφορες θερμοκρασίες ήταν περιορισμένη. Οι παρατηρούμενες μεταβολές της αρχικής τιμής του διαφοροποιούνταν ανάλογα με τη θερμοκρασία συντήρησης. Πιο αναλυτικά, οι μεταβολές αυτές περιελάμβαναν τη μείωση του pH από 3.62 σε 3.37 στις 23 ημέρες συντήρησης του προϊόντος για τη θερμοκρασία των 4°C, από 3.62 σε 3.48 για το χρονικό διάστημα των 14 ημερών συντήρησης στους 10°C και από 3.62 σε 3.43 για 7 ημέρες στους 20°C (Διάγραμμα 11, 12, 13). Επιπροσθέτως, η υψηλότερη μείωση της τιμής

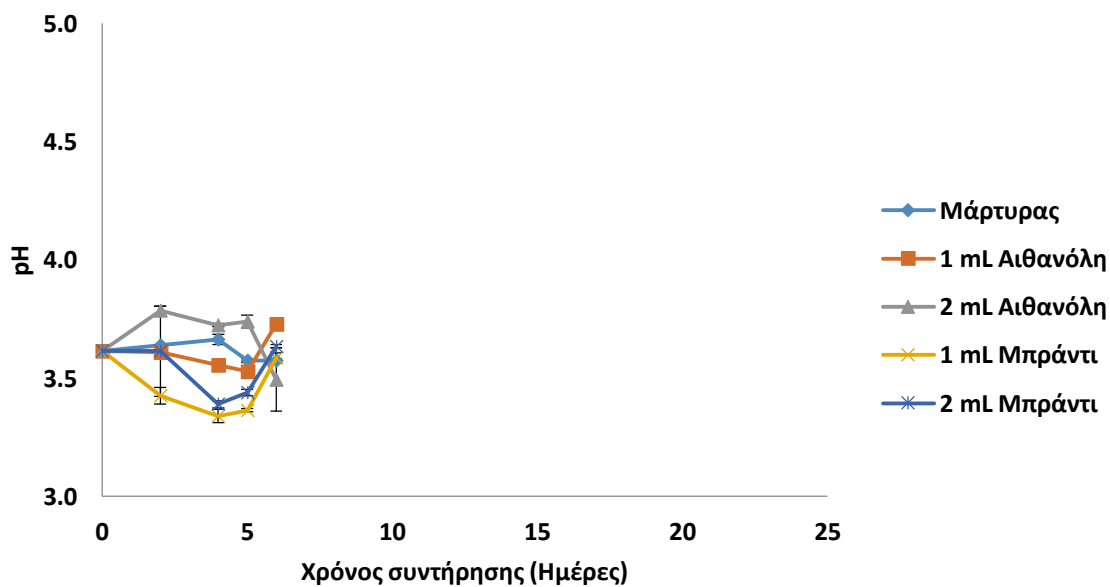
του pH μεταξύ των διαφορετικών μεταχειρίσεων και θερμοκρασιών φάνηκε να σχετίζεται με το είδος της μεταχείρισης. Έτσι, στους 4°C και 20°C η συσκευασία με το 1 ml μπράντι εμφάνισε τη μεγαλύτερη μείωση με 0.25 και 0.19 μονάδες μέτρησης pH, αντίστοιχα, όταν στους 10°C η μεγαλύτερη μεταβολή αφορούσε τη συσκευασία όπου εφαρμόστηκαν 2 ml αιθανόλης (0.14). Ομοίως, οι Ayhan *et al.* (2009) δεν παρατήρησαν σημαντικές διαφορές στο pH των έτοιμων προς κατανάλωση καρπιδίων μεταξύ των MAP συσκευασιών που ελέγχθηκαν (από 3.30 μειώθηκε σε 3.27 στο σύνολο των επεμβάσεων), όπως και οι Sepulveda *et al.* σε καρπίδια ποικιλίας ‘Wonderful’. Παρόμοια αποτελέσματα ανέφεραν οι Caleb *et al.* (2013), ενώ οι Artes *et al.* (2000) επισήμαναν μικρή μείωση του pH στο τέλος της διάρκειας ζωής καρπών ροδιού, οι οποίοι συσκευάστηκαν σε διάτρητες σακούλες πολυπροπυλενίου (PP) και αποθηκεύτηκαν στους 5°C.



Διάγραμμα 11: Μεταβολή της τιμής του pH κατά τη διάρκεια του χρόνου συντήρησης στους 4°C, στις διάφορες επεμβάσεις που εξετάστηκαν (Μάρτυρας, 1-2 mL αιθανόλης, 1-2 mL μπράντι)



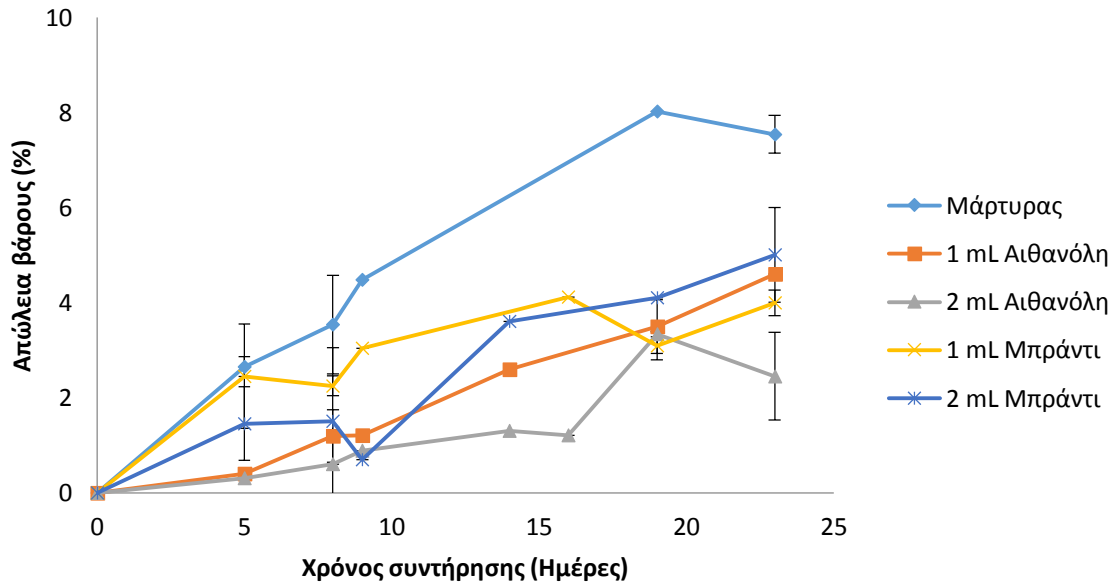
Διάγραμμα 12: Μεταβολή της τιμής του pH κατά τη διάρκεια του χρόνου συντήρησης στους 10°C, στις διάφορες επεμβάσεις που εξετάστηκαν (Μάρτυρας, 1-2 mL αιθανόλης, 1-2 mL μπράντι)



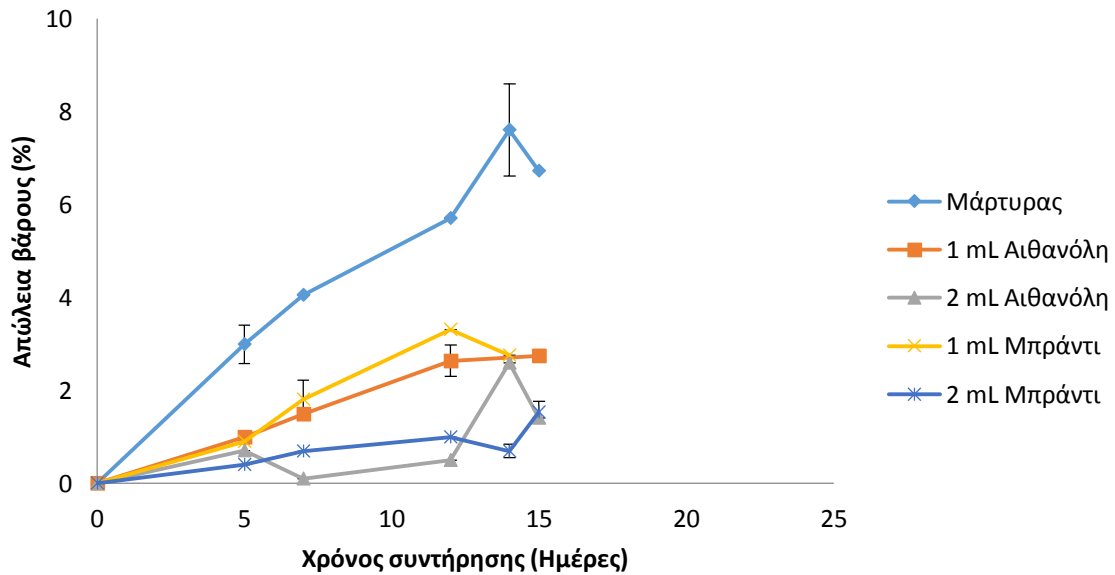
Διάγραμμα 13: Μεταβολή της τιμής του pH κατά τη διάρκεια του χρόνου συντήρησης στους 20°C, στις διάφορες επεμβάσεις που εξετάστηκαν (Μάρτυρας, 1-2 mL αιθανόλης, 1-2 mL μπράντι)

4.4. Μεταβολή του τελικού βάρους των καρπιδίων

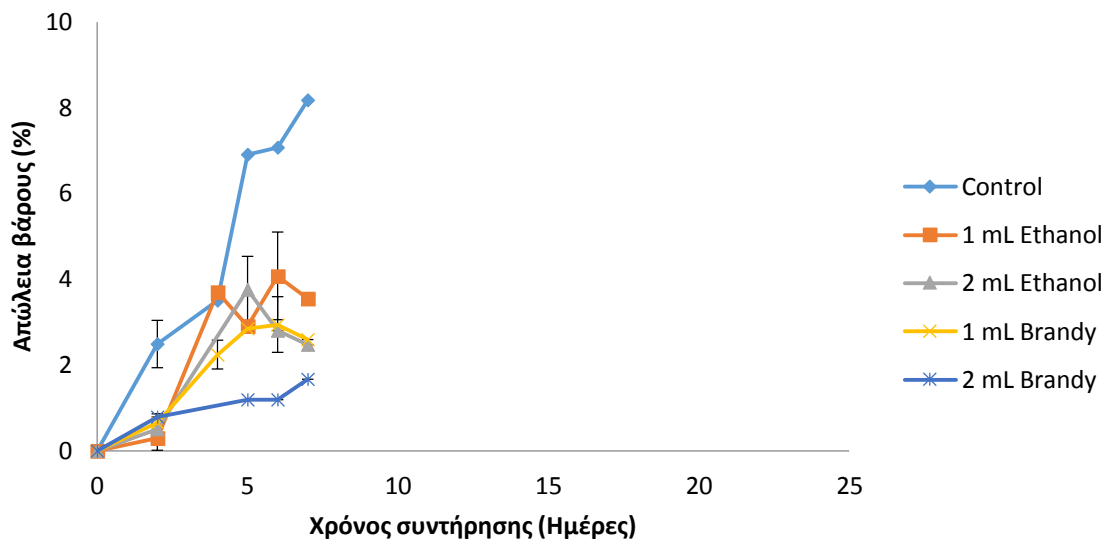
Η απώλεια του αρχικού βάρους των καρπιδίων ροδιού, κατά την εξέλιξη της συντήρησής τους, μεταβάλλονταν ανάλογα με τη θερμοκρασία αποθήκευσης και ανεξαρτήτως του είδους του αντιμικροβιακού παράγοντα που χρησιμοποιήθηκε. Οι Sepulveda *et al.* ανέδειξαν τη θετική επίδραση της ημιδιαπερατής συσκευασίας στην διατήρηση του βάρους των καρπιδίων ποικιλίας ‘Wonderful’, όταν οι διάτρητες σακούλες πολυπροπυλενίου οδηγούσαν σε απώλειες της τάξεως του 5.2 και 3.5% για 7 και 14 ημέρες συντήρησης, αντίστοιχα, σε θερμοκρασία 4°C. Η αύξηση της θερμοκρασίας συντήρησης, από τους 4°C στους 20°C, επιτάχυνε όχι μόνο το ρυθμό μείωσης του βάρους του εδώδιμου τμήματος του ροδιού, αλλά και τη ποσοστιαία απώλεια ανά μονάδα χρόνου. Οι απώλειες του βάρους των δειγμάτων που αποτέλεσαν τους μάρτυρες ήταν υψηλότερες στους 20°C σε σχέση με τους 10 και 4°C (8.2%, 6.7% και 7.5%, αντίστοιχα), ενώ πραγματοποιήθηκαν μετά από χρονικό διάστημα 7, 15 και 23 ημερών συντήρησης, αντίστοιχα (Διάγραμμα 14, 15, 16). Οι Caleb *et al.* (2013), στην έρευνά τους, ανέφεραν συνεχή μείωση του βάρους καρπιδίων των ποικιλιών ‘Acco’ και ‘Herskawitz’ μετά την 3^η ημέρα συντήρησης, στις θερμοκρασίες των 5, 10 και 15°C (με ανώτατα ποσοστά απωλειών 0.79, 0.91 και 1.94%, αντίστοιχα). Επίσης, οι Gil *et al.* (1996) επεσήμαναν την απώλεια βάρους ελάχιστα επεξεργασμένων καρπιδίων με χλώριο ή χλώριο σε συνδυασμό με αντιοξειδωτικό παράγοντα, ποικιλίας ‘Molar de Elche’ στους 1, 4 και 8°C για 7 ημέρες.



Διάγραμμα 14: Ποσοστιαία μεταβολή του βάρους των καρπιδίων κατά τη διάρκεια του χρόνου συντήρησης στους 4°C, στις διάφορες επεμβάσεις που εξετάστηκαν (Μάρτυρας, 1-2 mL αιθανόλης, 1-2 mL μπράντι)



Διάγραμμα 15: Ποσοστιαία μεταβολή του βάρους των καρπιδίων κατά τη διάρκεια του χρόνου συντήρησης στους 10°C, στις διάφορες επεμβάσεις που εξετάστηκαν (Μάρτυρας, 1-2 mL αιθανόλης, 1-2 mL μπράντι)



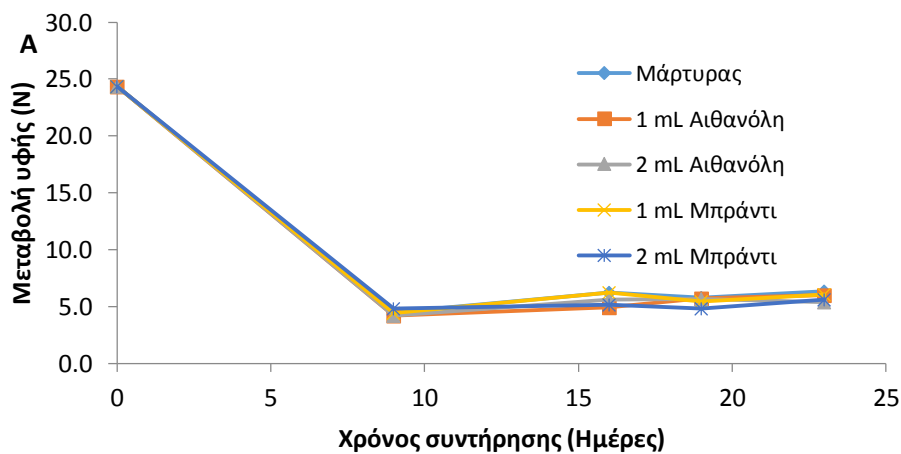
Διάγραμμα 16: Ποσοστιαία μεταβολή του βάρους των καρπιδίων κατά τη διάρκεια του χρόνου συντήρησης στους 20°C, στις διάφορες επεμβάσεις που εξετάστηκαν (Μάρτυρας, 1-2 mL αιθανόλης, 1-2 mL μπράντι)

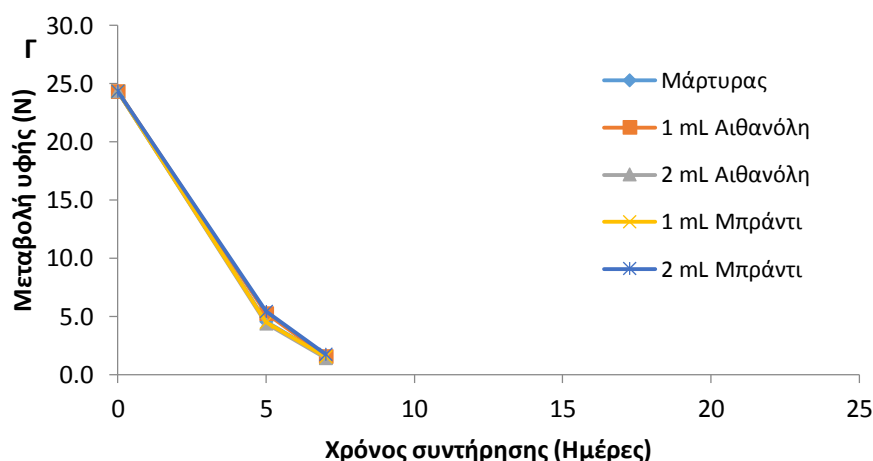
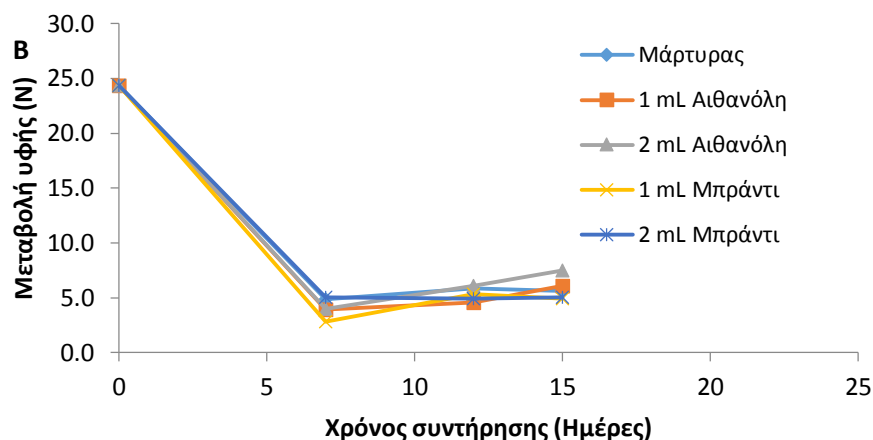
Η διαφοροποίηση στην αναστολή των απωλειών βάρους, μεταξύ των μεταχειρίσεων όπου εφαρμόστηκε διαφορετική συγκέντρωση αντιμικροβιακού παράγοντα, ήταν εμφανής. Ειδικότερα, η εφαρμογή 2 ml αλκοολούχου διαλύματος, αιθανόλης 36% v/v ή μπράντι, παρουσίασε την υψηλότερη αναστολή στην επί τοις % απώλεια βάρους, ακολουθούμενη από τα δείγματα όπου είχαν δεχθεί μεταχειρίσεις με 1 ml αιθανόλη ή μπράντι και τέλος, τους μάρτυρες. Η ίδια τάση παρατηρήθηκε και στις θερμοκρασίες των 4 και 10°C (Διάγραμμα 14, 15). Αντίθετα, δεν φαίνεται να υπάρχει διαφοροποίηση στη περίπτωση όπου ελέγχθηκαν διαφορετικές συγκεντρώσεις του ίδιου αντιμικροβιακού παράγοντα. Συνεπώς, λόγω του ότι το ρόδι είναι ιδιαίτερα ευαίσθητο στην απώλεια του βάρους του (Elyatem & Kader 1984), η αναστολή της κυρίως για τα καρπίδια, με την εφαρμογή του μπράντι, είναι πιθανό να αποτελέσει ένα ισχυρό πλεονέκτημα της προτεινόμενης αντιμικροβιακής συσκευασίας αποτρέποντας τη ξήρανση και τελικά τη συρρίκνωσή τους.

4.5. Μεταβολή της υφής των καρπιδίων

Η υποβάθμιση της τραγανότητας και κατά συνέπεια της φρεσκότητας των καρπιδίων ήταν σημαντική με τη πρόοδο της συντήρησης, ενώ καθίσταντο εντονότερη καθώς η θερμοκρασία αποθήκευσης αυξανόταν από τους 4 στους 20°C (Διάγραμμα 17 Α, Β, Γ). Αναλυτικότερα, η μέγιστη δύναμη που απαιτούνταν για τη διάρρηξη της σάρκας των καρπιδίων την ημέρα εξαγωγής τους από το καρπό (μηδενική ημέρα) αντιστοιχούσε σε 24.3 N, όταν για τις θερμοκρασίες των 4, 10 και 20°C οι αναφερόμενες τιμές των μετρήσεων κυμαίνονταν από 5.4 ± 1.3 - 6.3 ± 1.9 N την 23^η ημέρα, 4.9 ± 1.6 - 7.5 ± 1.6 N την 15^η ημέρα και 1.4 ± 0.4 - 1.7 ± 0.7 N την 7^η ημέρα συντήρησης, αντίστοιχα. Επίσης, οι διαφορετικές μεταχειρίσεις των έτοιμων προς κατανάλωση καρπιδίων δεν φαίνεται να επηρέασαν την υφή στο τέλος της διάρκειας ζωής τους. Κατά τη διενέργεια του οργανοληπτικού ελέγχου του προϊόντος, η υποβάθμιση αυτή της υφής δεν έγινε αντιληπτή από το σύνολο των δοκιμαστών που επιλέχθηκαν για τη διαδικασία.

Οι Martínez-Romero *et al.* (2013) ανέφεραν πως η εφαρμογή της *Aloe vera*, μόνη της ή σε συνδυασμό με αντιοξειδωτικές ουσίες, για την επικάλυψη των καρπιδίων ροδιού καθυστέρησε σημαντικά την υποβάθμιση της υφής τους (σκληρότητας), σε σχέση με τους μάρτυρες έως τη 12^η ημέρα συντήρησης. Παρόλα αυτά, η εφαρμογή MAP παρουσίασε ανάλογα αποτελέσματα, παρατείνοντας μάλιστα την εμπορική διάρκεια ζωής του προϊόντος μέχρι και 14-15 ημέρες (Ayhan & Eştürk 2009; Caleb et al. 2013).





Διάγραμμα 17 Α,Β,Γ: Μεταβολή της μέγιστης δύναμης (N) για τη διάρρηξη της σάρκας των καρπιδίων κατά τη διάρκεια του χρόνου συντήρησης στους 4, 10 και 20°C αντίστοιχα, στις διάφορες επεμβάσεις που εξετάστηκαν (Μάρτυρας, 1-2 mL αιθανόλης, 1-2 mL μπράντι)

4.6. Χρωματομετρική Ανάλυση

Ο Πίνακας 1 περιγράφει τη μεταβολή των παραμέτρων L^* , a^* , b^* των καρπιδίων ροδιού κατά το χρονικό διάστημα συντήρησής τους στις θερμοκρασίες των 4, 10 και 20°C, τόσο αυτών που αποτέλεσαν τους μάρτυρες όσο και των καρπιδίων που δέχθηκαν την επίδραση των πτητικών αερίων αιθανόλης 36% v/v και μπράντι, ίδιου αλκοολικού βαθμού. Σε θερμοκρασίες συντήρησης 4 και 10°C κατά την 23^η και 14^η ημέρα, αντίστοιχα, η φωτεινότητα, εκφραζόμενη από τη παράμετρο L^* , παρουσίασε μικρή πτώση συγκριτικά με τη μηδενική ημέρα (χρόνος εξαγωγής τους από το καρπό). Αυτό ίσχυσε για το σύνολο

των καρπιδίων όπου εφαρμόστηκαν η αιθανόλη 36% v/v και το μπράντι, όταν οι μάρτυρες σημείωσαν αύξηση για το συγκεκριμένο παράγοντα, που πιθανόν σχετίζεται με την αύξηση των ανθοκυανινών λόγω της διαδικασίας της ωρίμανσης των καρπιδίων. Οι Ayhan *et al.* (2009) ανέφεραν πως η φωτεινότητα (L^*) κάτω από συνθήκες παθητικής MAP, όμοιας με αυτή που εφαρμόστηκε στη παρούσα μελέτη, παρέμεινε αμετάβλητη κατά τη διάρκεια 18 ημερών συντήρησης στους 5°C. Επίσης, επισημαίνεται η σταθερή περιεκτικότητα των ανθοκυανινών στα καρπίδια, οι οποίες διαμορφώνουν τη παραπάνω τάση, όντας υπεύθυνες για το χρώμα τους. Η αύξηση της φωτεινότητας (L^*) στους μάρτυρες και η μείωση στις μεταχειρίσεις με *Aloe vera* και αντιοξειδωτικές ουσίες επαληθεύτηκε από τους Martínez-Romero *et al.* (2013), οι οποίοι επισήμαναν επίσης τη σταθερή συγκέντρωση των ανθοκυανινών. Η αύξησή τους πραγματοποιείται μετά τη συγκομιδή και κατά την αποθήκευση των καρπιδίων (Sayyari *et al.* 2010; Mirdehghan *et al.* 2006). Η διακύμανση της φωτεινότητας διέφερε όσο η θερμοκρασία συντήρησης του προϊόντος σημείωνε άνοδο. Πιο συγκεκριμένα, στους 20°C, τα καρπίδια που δέχθηκαν την επίδραση των πτητικών αερίων της αιθανόλης και του μπράντι εμφάνισαν αύξηση των τιμών της φωτεινότητάς τους, κάτι που έρχεται σε αντιδιαστολή με τη τάση που παρατηρήθηκε στις υπόλοιπες εφαρμοζόμενες θερμοκρασίες.

Όσο αφορά τη παράμετρο a^* , η οποία σχετίζεται με την ερυθρότητα του τροφίμου και χρησιμοποιείται ως δείκτης της σταθερότητας του χρώματος, τα καρπίδια ροδιού που δέχθηκαν την επίδραση των αντιμικροβιακών ιδιοτήτων της αιθανόλης 36% v/v εμφάνισαν τις χαμηλότερες τιμές συγκριτικά με τα αντίστοιχα δείγματα που δέχθηκαν επεξεργασία με μπράντι, αλλά και τους μάρτυρες, στις θερμοκρασίες των 4 και 10°C την 23^η και 14^η ημέρα, αντίστοιχα. Αντίθετα, όταν η θερμοκρασία συντήρησης διατηρούνταν σε υψηλά επίπεδα (20°C) τα δείγματα που αποτέλεσαν τους μάρτυρες φάνηκε να παρουσιάζουν μείωση της τιμής της ερυθρότητας από 16.7 ± 2 σε 14.9 ± 0.7 (7^η ημέρα), όταν στους 4 και 10°C παρουσίασαν αύξηση από 16.7 ± 2 σε 22.2 ± 0.2 και 21.5 ± 2.6 , αντίστοιχα. Στο πλαίσιο αυτό, οι Caleb *et al.* (2013) υποστήριξαν πως κανένας παράγοντας δεν επηρεάζει τη παράμετρο της ερυθρότητας παρά μόνο η ποικιλία, όταν ερεύνησαν τα χρωματικά χαρακτηριστικά καρπιδίων των ποικιλιών 'Acco' και 'Herskawitz'. Οι μη σημαντικές ή κυμαινόμενες συνέπειες της παθητικής MAP και της θερμοκρασίας στις

παραμέτρους του χρώματος συμφωνούν και με τις μελέτες των Gil *et al.* (2000), Sepulveda *et al.* (2000), Ayhan *et al.* (2009). Τα παραπάνω συμπεράσματα που σχετίζονται με τις παραμέτρους L^* και a^* δεν συμφωνούν με αυτά των Bai *et al.* (2011), οι οποίοι υποστήριξαν πως η επίδραση της αιθανόλης σε κεράσια οδήγησε στη μείωση των τιμών τους κατά τη διάρκεια συντήρησης στους 10°C, με το ρυθμό αυτό μείωσης να αυξάνεται ανάλογα με τη θερμοκρασία.

Η παράμετρος b^* , η οποία ταυτίζεται με τη κίτρινη απόχρωση που αποκτά το τρόφιμο, παρουσίασε μικρή αύξηση στα δείγματα που αποτέλεσαν τους μάρτυρες στις θερμοκρασίες των 4 και 10°C (23^η και 14^η ημέρα, αντίστοιχα), ενώ στους 20°C τα αντίστοιχα δείγματα εμφάνισαν μείωση της τιμής της συγκεκριμένου παραμέτρου, στο τέλος της διάρκειας ζωής τους. Αντίθετα, αυξητική ήταν η τάση των τιμών της όσο αφορά τα καρπίδια που δέχθηκαν την επίδραση των αλκοολούχων διαλυμάτων στις θερμοκρασίες των 10 και 20°C, όταν στους 4°C οι τιμές που λήφθηκαν την 23^η ημέρα ήταν μικρότερες από αυτή της μηδενικής. Όπως αναφέρθηκε όμως παραπάνω, η επίδραση της θερμοκρασίας στις παραμέτρους του χρώματος είναι μη σημαντικές. Ομοίως, το χρονικό διάστημα αποθήκευσης και η εφαρμογή MAP σε καρπίδια ροδιού δεν επηρέασε τη παράμετρο b^* , σύμφωνα με τους Ayhan *et al.* (2009), κάτι που επιβεβαίωσαν και οι Sepulveda *et al.* (2000), οι οποίοι δε παρατήρησαν κάποια χρωματική μεταβολή κατά την αποθήκευση των καρπιδίων σε ημιδιαπερατή μεμβράνη, στους 4°C ± 0.5 για 14 ημέρες.

Πίνακας 1: Μεταβολή των παραμέτρων L^* , a^* , b^* των καρπιδίων ροδιού κατά το χρονικό διάστημα συντήρησής τους στις θερμοκρασίες των 4, 10 και 20°C σε όλες τις μεταχειρίσεις του μάρτυρα, αιθανόλης και μπράντι.

		4°C			10°C		20°C	
		0 Ημέρες	14 Ημέρες	23 Ημέρες	7 Ημέρες	14 Ημέρες	4 Ημέρες	7 Ημέρες
L^*	Μάρτυρας	27.9 ± 1.7	29.7 ± 4.0	31.1 ± 1.4	26.8 ± 1.6	28.8 ± 1.1	30.8 ± 1.8	24.9 ± 0.9
	1 mL Αιθανόλη		24.3 ± 4.7	26.4 ± 1.4	32.3 ± 1.9	25.9 ± 1.0	31.6 ± 1.6	28.5 ± 1.9
	2 mL Αιθανόλη		25.8 ± 1.5	28.1 ± 1.1	28.2 ± 5.5	27.5 ± 1.3	27.4 ± 1.6	31.1 ± 1.9
	1 mL Μπράντι		24.6 ± 0.9	24.9 ± 0.4	28.6 ± 0.4	27.0 ± 0.4	27.6 ± 0.8	31.5 ± 1.7
	2 mL Μπράντι		23.9 ± 2.2	24.8 ± 0.1	32.3 ± 0.7	29.8 ± 1.9	27.7 ± 1.2	26.4 ± 1.2
a^*	Μάρτυρας	16.7 ± 2.0	19.0 ± 1.2	22.2 ± 0.2	19.5 ± 1.9	23.6 ± 2.2	18.3 ± 0.5	15.5 ± 0.4
	1 mL Αιθανόλη		18.3 ± 2.6	15.5 ± 3.3	21.2 ± 1.5	18.4 ± 1.9	20.0 ± 1.3	16.9 ± 0.7
	2 mL Αιθανόλη		15.1 ± 2.5	16.2 ± 1.2	24.8 ± 1.3	13.1 ± 0.4	14.9 ± 2.0	18.2 ± 2.0
	1 mL Μπράντι		19.4 ± 1.5	20.0 ± 0.5	17.0 ± 1.6	21.2 ± 2.7	21.8 ± 0.6	18.7 ± 1.2
	2 mL Μπράντι		16.3 ± 0.3	21.1 ± 0.7	20.4 ± 1.5	19.8 ± 1.2	19.5 ± 0.4	21.3 ± 1.6
b^*	Μάρτυρας	10.3 ± 1.3	12.9 ± 1.0	12.4 ± 0.9	9.7 ± 1.5	11.6 ± 1.5	9.9 ± 0.7	5.4 ± 0.3
	1 mL Αιθανόλη		8.7 ± 0.4	7.0 ± 1.7	11.5 ± 2.0	8.1 ± 2.0	8.5 ± 0.3	5.1 ± 0.5
	2 mL Αιθανόλη		6.1 ± 0.9	8.0 ± 0.2	11.6 ± 3.3	7.2 ± 0.8	6.4 ± 0.9	10.8 ± 2.2
	1 mL Μπράντι		7.6 ± 1.2	6.9 ± 0.8	7.4 ± 0.3	9.8 ± 2.2	9.2 ± 1.5	10.4 ± 1.3
	2 mL Μπράντι		6.9 ± 0.7	7.9 ± 0.7	10.2 ± 0.5	9.8 ± 0.6	8.6 ± 0.3	10.6 ± 1.0

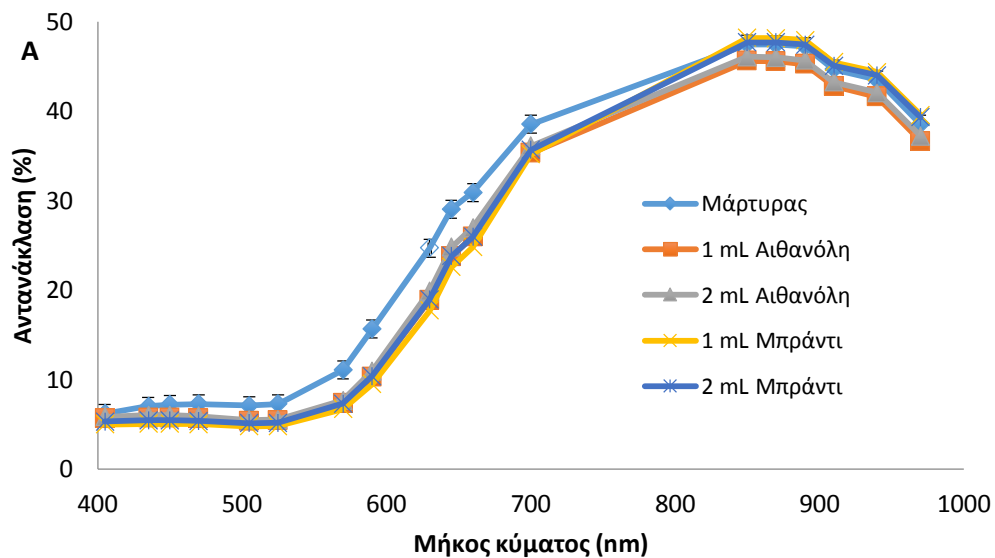
4.7. Πολυφασματική Απεικόνιση

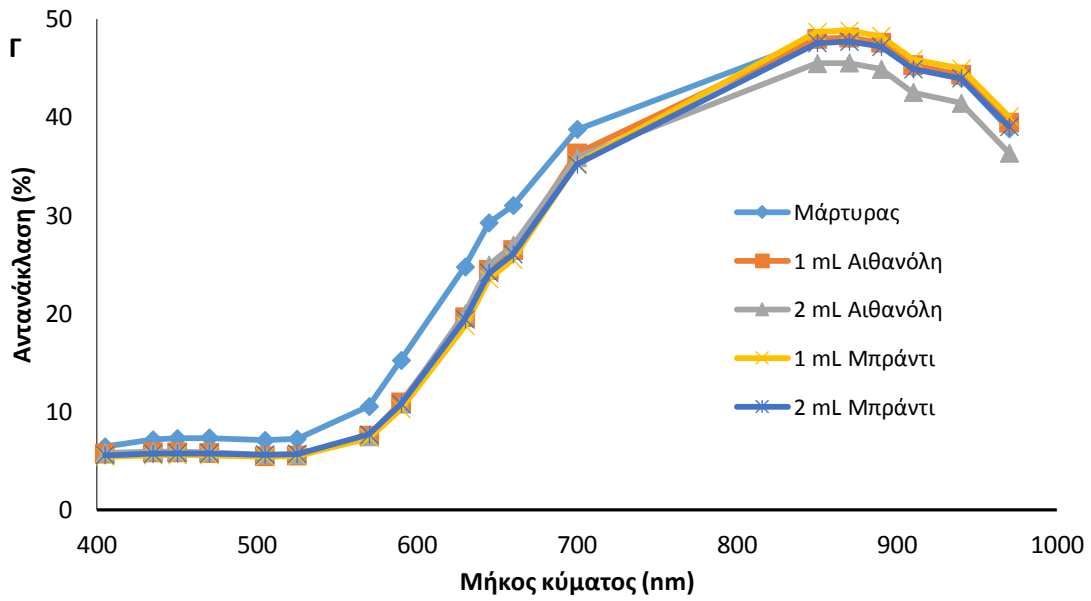
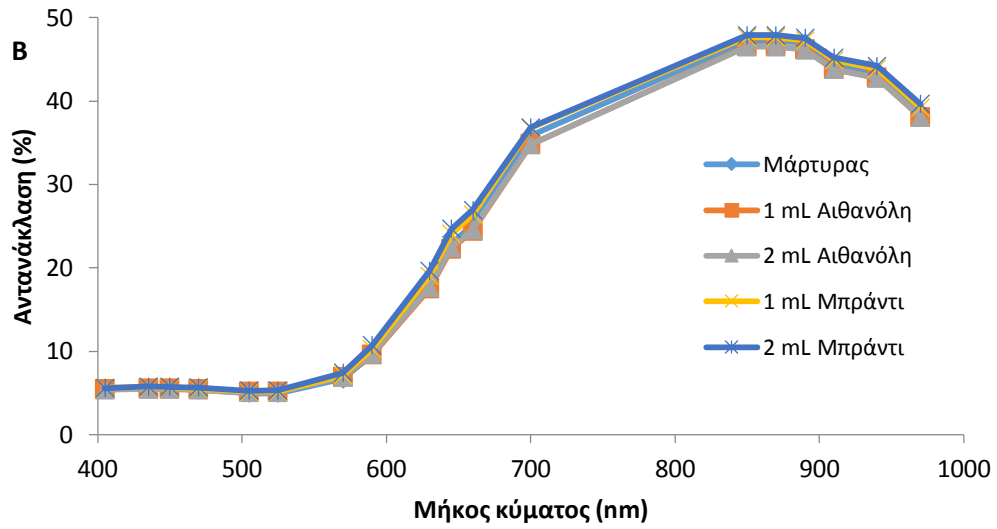
Η επίδραση του είδους της μεταχείρισης αλλά και της θερμοκρασίας συντήρησης των καρπιδίων ροδιού ήταν περισσότερο έντονη όταν προσδιορίστηκε με βάση τις πολυφασματικές εικόνες από ότι με το χρωματόμετρο. Το τελευταίο ανέλυσε περίπου 2.5 cm² του δείγματος σε σύγκριση με τα 80 cm² της πολυφασματικής ανάλυσης, εξάγοντας περισσότερο αντιπροσωπευτικές τιμές (Løkke et al. 2013). Την ημέρα της μικροβιολογικής απόρριψης του μάρτυρα και στις θερμοκρασίες των 4 και 20°C (23^η και 5^η ημέρα, αντίστοιχα), τα δείγματα που αποτέλεσαν τους μάρτυρες εμφάνισαν υψηλότερες τιμές στη περιοχή 400-500 nm του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος σε σχέση με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις (Διάγραμμα 18 Α, Β, Γ). Αντίθετα, στους 10°C (την 9^η ημέρα) το σύνολο των μεταχειρίσεων εμφάνισαν παρόμοια αντανάκλαση στη περιοχή αυτή, με τις μικρότερες τιμές να σημειώνονται στις επεμβάσεις με 1 και 2 ml αιθανόλης 36% v/v. Τα συγκεκριμένα μήκη κύματος ταυτίζονται με τη περιοχή ανίχνευσης των καροτενοειδών.

Περαιτέρω, οι εντάσεις αντανάκλασης των μαρτύρων στη ερυθροκίτρινη περιοχή VIS (550-700 nm), η οποία περιλαμβάνει τις περιοχές απορρόφησης της χλωροφύλλης (Lunadei et al. 2012), ήταν υψηλότερες σε σχέση με τις μεταχειρίσεις των καρπιδίων με αιθανόλη 36% v/v και μπράντι, σε θερμοκρασίες συντήρησης 4 και 10°C. Το αποτέλεσμα αυτό υποδηλώνει μικρότερη απορρόφηση του φωτός από τα καρπίδια. Τα καρπίδια που διατηρούνταν στους 10°C σημείωσαν παρόμοιες τιμές αντανάκλασης σε όλα τα μήκη κύματος.

Τέλος, στη περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος με μήκη κύματος >760 nm παρατηρήθηκαν διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων. Πιο συγκεκριμένα, τα καρπίδια που διατηρούνταν στους 4, 10 και 20°C και δέχθηκαν την επίδραση των πτητικών αερίων 1 και 2 ml αιθανόλης 36% v/v, σημείωσαν την υψηλότερη απορρόφηση φωτός σε σχέση με τους μάρτυρες. Η παραπάνω διαφοροποίηση ήταν εντονότερη στα καρπίδια που συντηρούνταν στη θερμοκρασία των 4°C. Η χαμηλότερη αντανάκλαστικότητα των καρπιδίων στη περιοχή του NIR πιθανόν να οφείλεται σε διάσπαση των κυτταρικών τοιχωμάτων, όπου με τη πρόοδο της συντήρησης σχετίζεται με τη γήρανση τους. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη παραγωγή χαμηλότερης έντασης σήματος σκέδασης και ως εκ τούτου χαμηλότερη

αντανάκλαστικότητα (Nicolai et al. 2007). Περαιτέρω, η αντανάκλαση στη περιοχή NIR επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από τη περιεκτικότητα σε νερό. Έτσι, όσο μεγαλύτερη ποσότητα νερού εντοπίζεται στο τρόφιμο τόσο χαμηλότερη καθίσταται η αντανάκλαστικότητα του (Büning-Pfaue 2003; Cen & He 2007). Ταυτόχρονα με τη πρόοδο της συντήρησης τα κύτταρα των καρπιδίων διαρρηγνύονται λόγω φυσικής γήρανσης ή ζυμωτικών διεργασιών. Με τον τρόπο αυτό το κυτταρικό νερό απελευθερώνεται στο μεσοκυττάριο χώρο (Toivonen & Brummell 2008), αυξάνοντας τη ποσότητα του ελεύθερου νερού και συνεπώς, του προφίλ της αντανάκλασης των καρπιδίων. Η περίσσεια νερού στις επεμβάσεις με 1 και 2 ml αιθανόλης 36% v/v επαλήθευσε τη μικροσκοπική παρατήρηση της τάσης αυτής, κατά τη διενέργεια της πειραματικής διαδικασίας. Σύμφωνα με τους Suzuki *et al.* (2005), η υπερβολική έκθεση του μπρόκολου σε αιθανόλη προκάλεσε θραύση της μεμβράνης του πλάσματος.

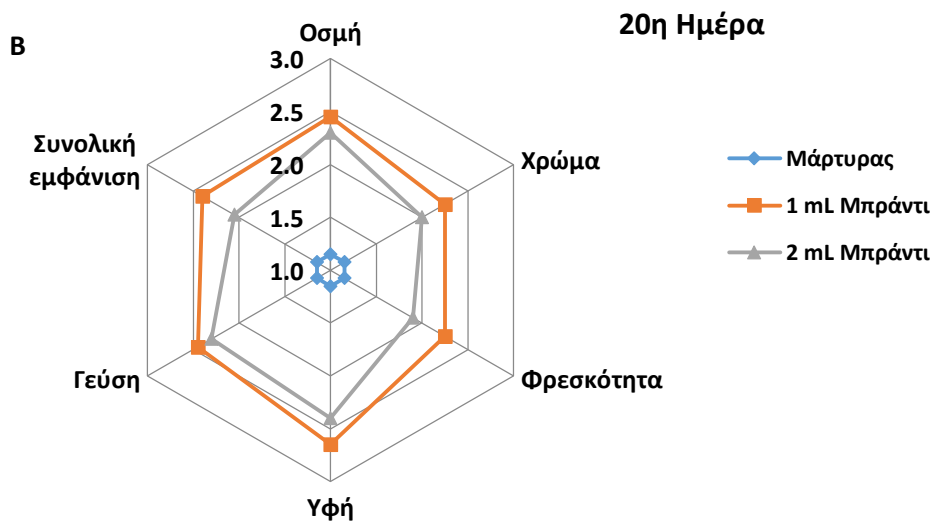
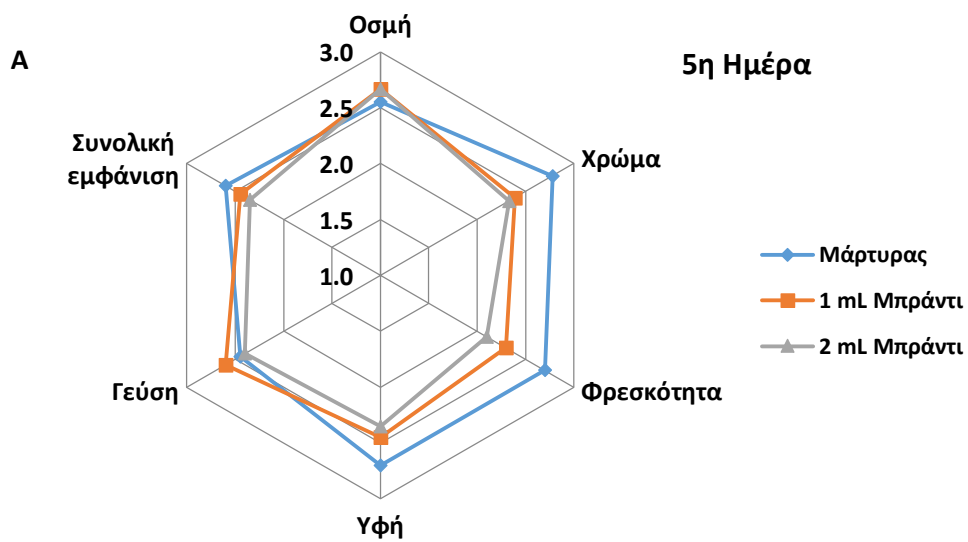




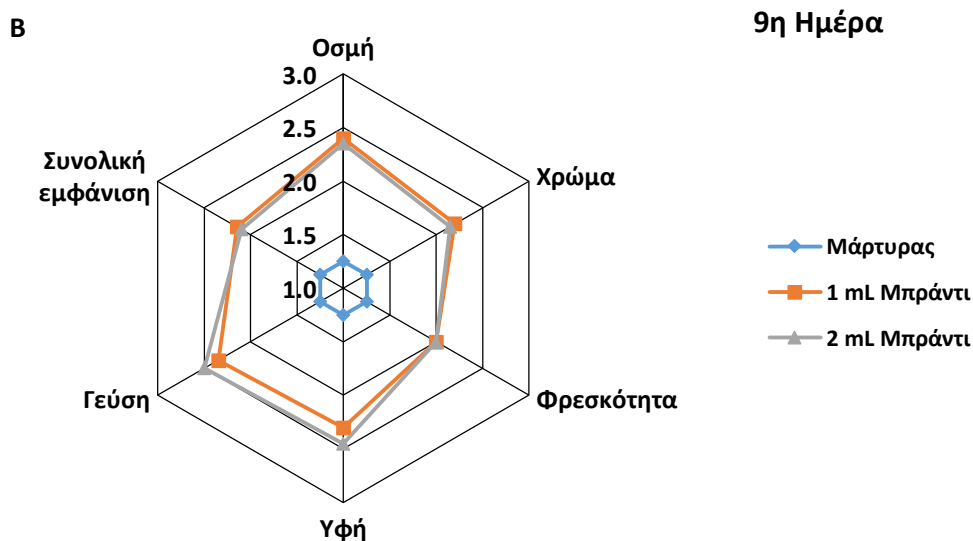
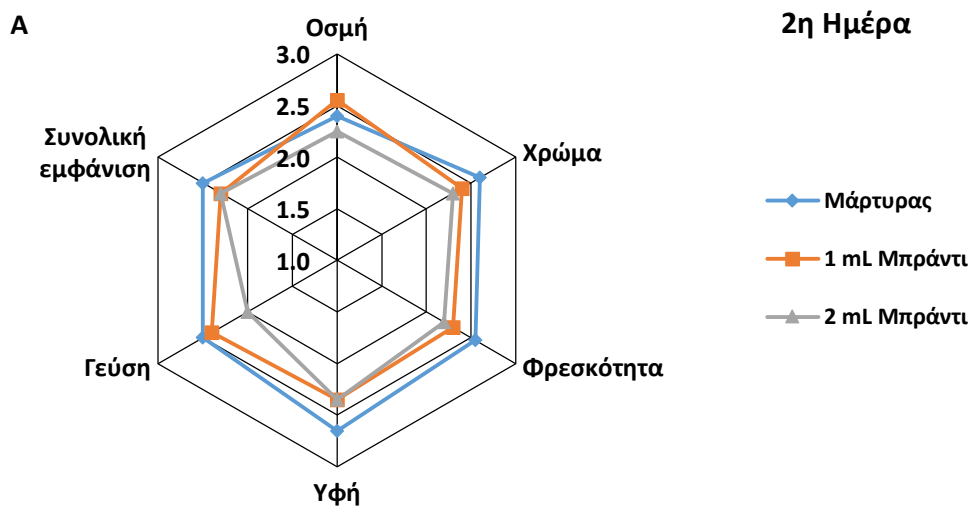
Διάγραμμα 18 Α, Β, Γ: Ποσοστιαία αντανάκλαση σε διάφορα μήκη κύματος των καρπιδίων την 23^η, 9^η και 5^η ημέρα στις θερμοκρασίες συντήρησης των 4^οC, 10^οC και 20^οC, αντίστοιχα.

4.8. Οργανοληπτικός έλεγχος

Στα Διαγράμματα 19 A, B και 20 A, B που παρατίθενται παρακάτω απεικονίζεται η επίδραση των πτητικών αερίων στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των καρπιδίων ροδιού, απόρροια της εφαρμογής μπράντι σε διαφορετικές συγκεντρώσεις (1 και 2 ml) κατά την ανάπτυξη της ενεργού συσκευασίας. Πιο συγκεκριμένα, ελέγχθηκε η επίδραση των παραγόμενων αερίων στην οσμή, το χρώμα, τη φρεσκότητα, την υφή, τη γεύση και τη συνολική εμφάνιση των καρπιδίων, κατά τη διάρκεια της συντήρησής τους στις θερμοκρασίες των 4 και 10°C. Τα δείγματα που αποτέλεσαν τους μάρτυρες σημείωσαν τις υψηλότερες βαθμολογίες για το σύνολο των αισθητήριων χαρακτηριστικών, σε σχέση με τα καρπίδια όπου εφαρμόστηκε 1 και 2 ml μπράντι, την 5^η και 2^η ημέρα συντήρησης για τις θερμοκρασίες των 4 και 10°C, αντίστοιχα. Παρόλα αυτά, τη χρονική στιγμή όπου λάμβανε χώρα η μικροβιολογική απόρριψη των μαρτύρων (στις 20 και 9 ημέρες για τους 4°C και 10°C, αντίστοιχα), καθώς και η πρόσδοση του χαρακτηρισμού «απορριπτέο προϊόν» από τους γευσιγνώστες, τα συσκευασμένα δείγματα με τις διαφορετικές συγκεντρώσεις μπράντι (1 και 2 ml) ήταν οργανοληπτικώς αποδεκτά (βαθμολογία>2). Ελάχιστα επεξεργασμένα καρπίδια ποικιλίας 'Hicaznar' χαρακτηρίστηκαν με βάση τη βαθμολογία που έλαβαν ως «αποδεκτά» (βαθμολογία \geq 3 σε κλίμακα 5), στο τέλος της διάρκειας ζωής τους (18^η ημέρα), σε θερμοκρασία 5°C και κάτω από συνθήκες τροποποιημένης ατμόσφαιρας (21% O₂, 79% N₂) (Ayhan & Eştürk 2009). Η βαθμολόγησή τους αφορούσε χαρακτηριστικά όπως το χρώμα, τη γεύση, τη φρεσκότητα και την υφή.



Διαγράμματα 19 A, B: Οργανοληπτική αξιολόγηση των καρπιδίων με βάση την οσμή, το χρώμα, τη φρεσκότητα, την υφή, τη γεύση και τη συνολική εμφάνιση, κατά την 5^η και 20^η ημέρα συντήρησης στους 4°C.



Διαγράμματα 20 A, B: Οργανοληπτική αξιολόγηση των καρπιδίων με βάση την οσμή, το χρώμα, τη φρεσκότητα, την υφή, τη γεύση και τη συνολική εμφάνιση, κατά την 2^η και 9^η ημέρα συντήρησης στους 10°C.

Περαιτέρω, οι γευσιγνώστες δεν επεσήμαναν οποιαδήποτε αρνητική γεύση των καρπιδίων που δέχθηκαν τις μεταχειρίσεις με μπράντι. Η γεύση αυτών που συσκευάζονταν με το παραπάνω αλκοολούχο διάλυμα χαρακτηρίστηκε ως ήπια και ευχάριστη (βαθμολογία >2 για τις θερμοκρασίες των 4 και 10°C). Η αποδοχή αυτή πιθανόν να οφείλεται στην εξοικείωση των δοκιμαστών, ως καταναλωτές, με τη γεύση του εμπορικά

διαθέσιμου λικέρ ροδιού. Ακόμα, η συγκριμένη βαθμολογία ίσως δικαιολογείται από το γεγονός πως εξαλείφεται σε σημαντικό βαθμό η όξινη γεύση, χαρακτηριστικό της ποικιλίας ροδιού που μελετάται. Παρόμοια, οι Martínez-Romero *et al.* (2013) ανέφεραν πως η βαθμολόγηση για το χρώμα, το άρωμα, την υφή και τη γεύση καρπιδίων ποικιλίας ‘Mollar de Elche’ που δέχθηκαν μεταχείριση με πήγμα *Aloe vera* ήταν ιδιαίτερα υψηλή, όταν αυτή που δόθηκε στο μάρτυρα ήταν κάτω από το όριο αποδοχής, κατά την 8^η ημέρα συντήρησης στους 3°C. Όσο αφορά την εικόνα του προϊόντος, το χρώμα των έτοιμων προς κατανάλωση καρπιδίων αποτελεί έναν ιδιαίτερα σημαντικό παράγοντα, τον οποίο ο καταναλωτής λαμβάνει υπόψη προτού προβεί στην αγορά του. Στο πλαίσιο αυτό, οι López-Rubira *et al.* (2005) εξέτασαν την επίδραση της ημερομηνίας συγκομιδής στη συνολική εμφάνιση και ποιότητα των καρπιδίων που δέχθηκαν ή χωρίς να δεχθούν την επίδραση UV-C, για χρονικό διάστημα συντήρησης 13-15 ημερών στους 5°C. Τα καρπίδια που προήλθαν από ώριμους καρπούς παρουσίασαν μικρότερη κατά 4 ημέρες διάρκεια ζωής σε σχέση με τα πρώιμα, ενώ το καφέτιασμα επιτεύχθηκε 3 ημέρες νωρίτερα συγκριτικά με τα τελευταία, χωρίς η μεταχείριση με UV-C να προκαλεί ανεπιθύμητες ποιοτικές αλλαγές. Παρόμοια αποτελέσματα παρουσίασαν και οι Maghoumi *et al.* (2013), ύστερα από μεταχείριση των καρπιδίων με UV-C και HO. Στη παρούσα μελέτη, τα καρπίδια που περιέχονταν στις συσκευασίες με το μπράντι εμφάνισαν περισσότερο έντονο και βαθύ κόκκινο χρωματισμό σε σχέση με τους μάρτυρες κατά τη διάρκεια της συντήρησης, κάτι που έρχεται σε συμφωνία με τις μετρήσεις της παραμέτρου a^* .

Τέλος, η εφαρμογή του μπράντι στη προτεινόμενη ενεργή συσκευασία προσδίδει στα καρπίδια το χαρακτηριστικό του άρωμα, αποτελώντας ταυτόχρονα μοναδικό γνώρισμα του τελικού προϊόντος. Η ανάδυση του συγκεκριμένου αρώματος κατά το άνοιγμα της συσκευασίας πραγματοποιήθηκε από τους γευσσιγνώστες την 9^η και 20^η ημέρα συντήρησης στους 10 και 4°C, αντίστοιχα. Η αξιολόγησή τους (βαθμολογία>2) ήταν θετική σε σχέση με τους μάρτυρες, οι οποίοι εντάσσονταν στη κατηγορία των οργανοληπτικών απορριπτέων καρπιδίων (βαθμολογία<2). Σε ανάλογη περίπτωση όπου καρπίδια ροδιού επεξεργάστηκαν με πήγμα *Aloe vera*, οι γευσσιγνώστες δεν αντιλήφθηκαν πιθανή αλλοίωση της γεύσης τους, ενώ το άρωμά τους ταυτιζόταν με αυτό των φρέσκων καρπιδίων κατά τη 12^η ημέρα συντήρησης και θερμοκρασία 3°C. Σε αντίθεση, οι μάρτυρες

την ίδια ημέρα ήταν οργανοληπτικά απορριπτέοι (Martínez-Romero et al. 2013). Τέλος, παρά το γεγονός πως το σύνολο των γευσιγνωστών αποτελούνταν από ανειδίκευτα μέλη, οι σχετικές τυπικές αποκλίσεις περιορίστηκαν μεταξύ 0.2-0.5, ενισχύοντας με αυτό τον τρόπο την αξιοπιστία της οργανοληπτικής αξιολόγησης.

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

5. ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ

5.1. Στατιστική περιγραφή της καλλιέργειας της ροδιάς παγκοσμίως

Μέχρι τις αρχές του 2000 ο καρπός του ροδιού καταλάμβανε την 18^η θέση παγκοσμίως όσο αφορά τα φρούτα με τη μεγαλύτερη κατανάλωση ανά παραγωγικό έτος. Τα πολλαπλά οφέλη του για την υγεία του ανθρώπου, η διαθεσιμότητά του με τη μορφή έτοιμων προς κατανάλωση καρπιδίων, αλλά και η βελτίωση των χαρακτηριστικών των καλλιεργούμενων ποικιλιών ισχυροποιούν τις προβλέψεις ανέλιξης του στη 10^η θέση της παραπάνω λίστας, σε βάθος δεκαετίας (Citrogold Ltd. 2010). Σύμφωνα με εκτιμήσεις, η συνολική παγκόσμια παραγωγή ροδιών υπολογίζεται περίπου στα 3 εκατομμύρια τόνους και οι καλλιεργούμενες εκτάσεις σε περισσότερα από 3 εκατομμύρια στρέμματα, από τα οποία ποσοστό μεγαλύτερο του 76% εντοπίζεται στην Ινδία (900.000 τόννοι), το Ιράν (800.000 τόννοι), τη Κίνα (250.000 τόννοι), τη Τουρκία (210.000 τόννοι) και τις Η.Π.Α (200.000 τόννοι).

Στην Ευρώπη, ο περιορισμένος αριθμός των καλλιεργούμενων εκτάσεων οδήγησε τις παραγωγούς χώρες στην ανάπτυξη νέων ποικιλιών, του ισοζυγίου των εξαγωγών, καθώς και του μάρκετινγκ του προϊόντος (Δρογούδη et al. 2012). Σε αυτό το πλαίσιο, το μεγαλύτερο βάρος της διαφημιστικής εκστρατείας δόθηκε στην ανάδειξη της θρεπτικής αξίας τους (Τζουραμάνη et al. 2008). Μεταξύ των κρατών-μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η Ισπανία παρουσιάζεται ως η κύρια παραγωγός χώρα ροδιών, με περίπου 60.000 τόνους ετησίως. Η εξαγωγική δραστηριότητά της χαρακτηρίζεται ως έντονη λόγω της διακίνησης του 55% της παραγόμενης ποσότητας (Δρογούδη et al. 2012; Βέμμος 2013). Στην Ελλάδα, η καλλιέργεια της ροδιάς παρέμενε διάσπαρτη για αρκετά χρόνια ενώ η μετέπειτα διάδοσή της οδήγησε σε ομαδικές φυτεύσεις κυρίως στη Μακεδονία και τη Πελοπόννησο (Δρογούδη 2009). Σύμφωνα με στοιχεία του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, το 2007 η συνολική καλλιεργούμενη έκταση αντιστοιχούσε σε 4.000 στρέμματα, ενώ σήμερα εκτιμάται πως η καλλιέργεια καλύπτει έκταση τουλάχιστον 12.000 στρεμμάτων (πιθανολογείται πως αγγίζει τις 20.000 στρέμματα) (Βέμμος 2013).

Η ελληνική αγορά προκειμένου να καλύψει τις ανάγκες της προβαίνει σε εισαγωγή μεγάλων ποσοτήτων ροδιών κυρίως από τη Τουρκία, το Ιράν, την Ινδία, την Αίγυπτο και το Ισραήλ (Τζουραμάνη et al. 2008). Η έλλειψη που παρατηρείται τόσο στην Ελλάδα όσο και διεθνώς, σε συνδυασμό με την αυξανόμενη ζήτηση των καρπών λόγω των ολοένα και υψηλότερων απαιτήσεων της παγκόσμιας βιομηχανίας, δικαιολογούν τις θετικές προοπτικές της καλλιέργειας (Βέμμος 2013).

5.2. Απόδοση οπωρώνα ροδιάς

Η είσοδος της ροδιάς σε καρποφορία πραγματοποιείται κατά το δεύτερο με τρίτο έτος ζωής του φυτού, ενώ εξαρτάται από τη ποικιλία και το τρόπο πολλαπλασιασμού (Βέμμος 2013). Η εμπορικά αξιοποιήσιμη παραγωγή αρχίζει ουσιαστικά το τρίτο έτος, όπου κατά μέσο όρο παράγονται 100 kg/στρέμμα (Τζουραμάνη et al. 2008). Περαιτέρω, η απόδοση οπωρώνα ηλικίας 8-10 ετών δύναται να αγγίζει τους 1.8-2.5 τόνους/στρέμμα, ενώ τείνει να μειώνεται σταδιακά μετά τα 30 χρόνια (Βέμμος 2013).

Η απόδοση σε επίπεδο μεμονωμένων φυτών ροδιάς υπολογίζεται κατά μέσο όρο σε 30-40 kg. Το βάρος του καρπού κυμαίνεται από 150 g έως 800 g και είναι άμεσα εξαρτώμενο από τη καλλιεργούμενη ποικιλία. Τα καρπίδια αποτελούν το εδώδιμο μέρος του καρπού, αντιπροσωπεύουν περίπου το 52% του συνολικού του βάρους και αριθμούνται σε 300-600, ανάλογα με το μέγεθός του (Δρογούδη et al. 2012). Έτσι, η εμπορικότητα του ροδιού επηρεάζεται κατά κύριο λόγο από το μέγεθός του, ώστε οι μεγάλοι καρποί (>400 g) να πωλούνται σε υψηλή τιμή ενώ οι πολύ μικρού μεγέθους να παρουσιάζουν μηδαμινή εμπορική αξία (Τζουραμάνη et al. 2008).

5.3. Μέσο Κόστος εγκατάστασης της καλλιέργειας

Ο ορθός σχεδιασμός και εγκατάσταση του οπωρώνα αποτελούν τις βασικές προϋποθέσεις ώστε οποιαδήποτε ανάλογη επενδυτική κίνηση να παρουσιάζει το μικρότερο δυνατό επιχειρηματικό κίνδυνο. Πιο συγκεκριμένα, οι αποστάσεις φύτευσης,

το σχήμα διαμόρφωσης της κόμης και η ελεγχόμενη άρδευση των δένδρων συγκαταλέγονται μεταξύ των κυριότερων παραγόντων που καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό τη μέγιστη απόδοση ανά στρέμμα και τη παραγωγή υψηλής ποιότητας καρπών. Γενικά, οι εμπορικοί οπωρώνες στοχεύουν σε απόδοση μεγαλύτερη από 2.5 τόνους ανά στρέμμα καλής ποιότητας καρπών (Δρογούδη et al. 2012).

Ο αριθμός των δενδρυλλίων που εγκαθίστανται σε έκταση ενός στρέμματος κυμαίνεται από 50 έως 100, ανάλογα με τις αποστάσεις φύτευσης και το σχήμα μόρφωσης της κόμης που θα υιοθετηθεί. Ειδικότερα, η διατήρηση των φυτών υπό μορφή δένδρου σε κύπελλο ή θάμνο καθορίζει το τελικό αριθμό των φυτών, κατά μέσο όρο, σε 55 ή 75, αντίστοιχα (Βέμμος 2013). Τα παραπάνω σχήματα μόρφωσης είναι αυτά που κυριαρχούν στους οπωρώνες της Ελλάδας. Πριν την εγκατάσταση της φυτείας απαιτείται μια σειρά εργασιών, η σημαντικότητα των οποίων είναι αδιαμφισβήτητα εξαιρετικά υψηλή για την ανάπτυξη και ευρωστία της.

Η δειγματοληψία του εδάφους αποτελεί τη σημαντικότερη διαδικασία για την επιτυχία της καλλιέργειας και προηγείται οποιασδήποτε άλλης επέμβασης. Η εργαστηριακή ανάλυση των αντιπροσωπευτικών εδαφικών δειγμάτων της καλλιεργούμενης έκτασης προσδιορίζει τη κοκκομετρική σύστασή του (άμμος, ιλύς, άργιλλος), καθώς και την επάρκεια ή την έλλειψη οργανικής ουσίας και θρεπτικών στοιχείων, καθορίζοντας με ακρίβεια το είδος και τη ποσότητα των λιπασμάτων που πρέπει να προστεθούν. Στη συνέχεια πραγματοποιούνται η άροση-όργωμα για την αφρατοποίηση του εδάφους, η διασπορά οργανικής ουσίας για τη βελτίωση της γονιμότητάς του σε συνδυασμό με την εφαρμογή βασικής λίπανσης (N-P-K), το σβάρνισμα (καλλιέργεια) του εδάφους για την ενσωμάτωση σε αυτό των οργανικών ουσιών και το θρυμμάτισμα των σβώλων της προηγούμενης διαδικασίας του οργώματος, η ισοπέδωσή του, η χάραξη των γραμμών φύτευσης, η εγκατάσταση του φυτικού υλικού και του αρδευτικού συστήματος.

Κατά το στάδιο εγκατάστασης του οπωρώνα, οι υψηλότερες δαπάνες αντιστοιχούν στην αγορά των δενδρυλλίων (προτιμώνται δενδρύλλια ηλικίας δύο ετών), στο σχεδιασμό και στη κατασκευή του αρδευτικού συστήματος της καλλιέργειας. Το σύνολο των εργασιών που διενεργούνται πριν τη φύτευση καταλαμβάνει συγκριτικά μικρότερο ποσοστό των συνολικών δαπανών (29.5%). Έτσι, το τελικό κόστος εγκατάστασης των

δενδρυλλίων ροδιάς συνδέεται άμεσα με τη πυκνότητα φύτευσής τους και ανέρχεται στα 670 €/στρέμμα στη περίπτωση καλλιέργειας δένδρων ροδιάς, ενώ σε αυτή όπου τα φυτά διατηρούνται σε μορφή θάμνου ανέρχεται στα 790 €/στρέμμα. Στο Πίνακα 2 περιγράφεται αναλυτικά το μέσο κόστος εγκατάστασης του οπωρώνα ανά στρέμμα συναρτήσει της πυκνότητας φύτευσης.

Πίνακας 2: Υπολογισμός Μέσου Κόστους εγκατάστασης οπωρώνα ροδιάς ανά στρέμμα

	<i>Μονάδα</i>		<i>Κόστος (€/Μονάδα)</i>		<i>Τελικό Κόστος (€)</i>	
Δειγματοληψία και ανάλυση εδάφους	-		60		60	
Άρροση-όργωμα	-		30		30	
Λίπανση	-		60		60	
Σβάρνισμα-καλλιέργεια εδάφους	-		20		20	
Ισοπέδωση	-		15		15	
Χάραξη γραμμών φύτευσης	-		30		30	
Δενδρύλλια	55	75	5		275	375
Αρδευτικό σύστημα	-		180	200	180	200
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ (€/στρέμμα)	-	-	-	-	670	790

5.4. Μέσο Κόστος συγκομιδής

Οι οπωρώνες της ροδιάς συγκαταλέγονται μεταξύ των φυτειών όπου παρουσιάζουν περιορισμένες απαιτήσεις σε ότι αφορά τις καλλιεργητικές φροντίδες. Πιο συγκεκριμένα, οι σημαντικότερες από το σύνολο των επεμβάσεων περιορίζονται χρονικά σε διάστημα έξι (6) μηνών, από το τέλος της άνοιξης έως τη περίοδο συγκομιδής (ή τέλη χειμώνα για τις όψιμες ποικιλίες). Η διαδικασία της συγκομιδής αποτελεί το τελικό στάδιο της καλλιέργειας πριν το προϊόν διοχετευθεί στην αγορά. Κατά το στάδιο αυτό, η συλλογή των υγείων και ποιοτικά αποδεκτών καρπών διενεργείται από τον ίδιο το παραγωγό ή το φορέα που έχει αναλάβει την αγορά και προώθηση τους. Στη περίπτωση όπου η συγκομιδή δεν εκτελείται από το παραγωγό, το κόστος της υπολογίζεται κατά μέσο όρο σε 25 €/στρέμμα.

Το χρηματικό ποσό αυτό δύναται να μετακυλήσει και να επηρεάσει τελικά τη τελική αξία του προϊόντος.

5.5. Εξαγωγή καρπιδίων ροδιού με μηχανικά μέσα

Η έναρξη χρήσης του μηχανικού εξαγωγέα καρπιδίων ροδιού τοποθετείται χρονικά περίπου το 2000, στα πλαίσια της συνεργασίας μεταξύ της Ευρώπης και του Ισραήλ για την διερεύνηση πιθανής σκοπιμότητας της αυτοματοποιημένης εξαγωγής του εδώδιμου τμήματος του καρπού. Η προσπάθεια αυτή είχε σαν αποτέλεσμα την ανάπτυξη μιας τεχνολογίας επεξεργασίας ροδιού ιδιαίτερα αποδοτικής, όπου το προϊόν χαρακτηρίζεται για την υγιεινή και την ασφάλειά του.

Η σύγκριση του παραδοσιακού τρόπου εξαγωγής των καρπιδίων με την αυτοματοποιημένη διαδικασία αποδεικνύει την αναποτελεσματικότητα και το κοστοβόρο χαρακτήρα της. Για την εξαγωγή καρπιδίων από ρόδια συνολικού βάρους 25 kg απαιτείται η απασχόληση ενός εξειδικευμένου, έμπειρου εργάτη για χρονικό διάστημα 8 h. Το 20% περίπου των καρπιδίων ανά καρπό καταστρέφεται κατά τη συγκεκριμένη διαδικασία. Σε αντιδιαστολή, η μηχανική εξαγωγή παρουσιάζει αποδοτικότητα της τάξεως του 95% λόγω του ότι μόνο το 2-3% των καρπιδίων ανά καρπό καταστρέφεται, ενώ εμφανίζει δυναμικό παραγωγής που ποικίλει ανάλογα με τις εκάστοτε προδιαγραφές των εξαγωγών καρπιδίων από 200-250 kg έως 670 kg ρόδια ανά ώρα.

Τα προϊόντα που έχουν σαν κύριο συστατικό τους τα καρπίδια αποτελούν προϊόντα εντάσεως εργασίας. Η δαπάνη παραγωγής τους κρίνεται υψηλή λόγω της εύκολης υποβάθμισης των καρπών και του μεγάλου όγκου απορριμμάτων που προκύπτει από την επεξεργασία τους. Η αυτοματοποιημένη εξαγωγή τους επιτρέπει ένα επιταχυνόμενο ρυθμό παραγωγής με ελάχιστη εργασία αποδίδοντας ταυτόχρονα ένα ποιοτικό προϊόν, υψηλής ασφάλειας και υγιεινής. Το γεγονός αυτό προσδίδει στην επένδυση μικρότερο επενδυτικό κίνδυνο, ενώ το παραγόμενο προϊόν παρουσιάζει επαρκή οικονομική απόδοση σε σχέση με το κόστος παρασκευής του για ένα ιδιαίτερα μεγάλο εύρος της αγοράς, από αυτή των έτοιμων προς κατανάλωση καρπιδίων έως τη φαρμακοβιομηχανία, τα αλκοολούχα ποτά και τα καλλυντικά.

5.6. Προώθηση της παραγωγής στην αγορά

Η συγκομιδή της παραγωγής αποτελεί το τελευταίο στάδιο φυσικής παρουσίας του καρπού στη φυτεία. Στη συνέχεια, αυτοί μεταφέρονται σε θαλάμους συντήρησης, ακόμη και για αρκετές εβδομάδες, ώστε να παραταθεί η εμπορευματοποίησή τους μέχρι τη τελική διάθεση στην αγορά, είτε ως νωποί είτε ως έτοιμα προς κατανάλωση καρπίδια. Η προώθηση του εδώδιμου τμήματος του καρπού αποτελεί την εναλλακτική μορφή διάθεσης του προϊόντος, ιδιαίτερα δημοφιλούς τα τελευταία χρόνια (Munoz 2000). Η συγκεκριμένη μορφή του προσδίδει σημαντικά υψηλή προστιθέμενη αξία σε μια ολοένα ευαισθητοποιημένη σε θέματα υγείας κοινωνία. Τα σημαντικότερα προβλήματα που εντοπίζονται κατά τη διαδικασία συσκευασίας του αφορούν τη παρουσία τμημάτων του πλακούντα και του φλοιού των καρπών μεταξύ των καρπιδίων, τη συνύπαρξη ελαττωματικών (μικρό μέγεθος, κατεστραμμένος φλοιός, χωρίς φυσιολογικό σχήμα ή με διάφορες φυσιολογικές ανωμαλίες) και εμπορεύσιμων καρπιδίων, καθώς και την αδυναμία ταξινόμησής τους με βάση το χρώμα (λευκό έως βαθύ ερυθρό) προκειμένου να εξασφαλισθεί η ομοιομορφία του προϊόντος (Blasco et al. 2009).

Η συσκευασία του εδώδιμου τμήματος του ροδιού αποτελεί το τελικό στάδιο της αλυσίδας παραγωγής του προϊόντος, εξασφαλίζοντας τη ποιότητα και την ασφάλειά του προκειμένου να διατίθεται σε εμπορική κλίμακα. Η διαδικασία αυτή και κατά επέκταση η τυποποίηση των καρπιδίων έπεται της εξαγωγής των από τους καρπούς, ενώ ακολουθεί η αποθήκευσή τους σε θαλάμους ελεγχόμενων συνθηκών για χρονικό διάστημα 1-2 ημερών, προκειμένου να αποτραπεί η ποιοτική υποβάθμιση του προϊόντος. Η διανομή στα σημεία πώλησης υλοποιείται μέσω φορητών ψυγείων σε θερμοκρασίες συντήρησης (2-5°C).

Το χρονικό διάστημα που παρεμβάλλεται μεταξύ της συσκευασίας των καρπιδίων και της διανομής, όπως και διάθεσής τους ως τελικό προϊόν στα σημεία λιανικής πώλησης, είναι σύντομο. Η εξασφάλιση της σταθερότητας της ψυκτικής αλυσίδας αποτελεί βασική προϋπόθεση για την ασφάλεια και την άριστη ποιότητα του προϊόντος, λόγω της ευαισθησίας των καρπιδίων στις υψηλές θερμοκρασίες. Σήμερα, ο συνήθης εμπορικός τύπος συσκευασίας βασίζεται στη τεχνολογία της Τροποποιημένης Ατμόσφαιρας (MAP), ενώ ταυτόχρονα συνεχίζεται η διάθεση της απλής πλαστικής συσκευασίας («κουπάκι»)

από πολυπροπυλένιο (PP) ή τερεφθαλικό πολυαιθυλένιο (PET), η στεγανοποίηση της οποίας πραγματοποιείται με φιλμ ή πλαστικά καπάκια. Στη βιβλιογραφία εντοπίζονται σημαντικές έρευνες των τελευταίων ετών σύμφωνα με τις οποίες είναι δυνατή η παράταση της εμπορικής διάρκειας ζωής των καρπιδίων διαφόρων ποικιλιών ροδιού, μέσω της συσκευασίας τροποποιημένης ατμόσφαιρας, σε 7-15 ημέρες. Ειδικότερα, οι *Sepulveda et al.* (2000) ερεύνησαν το χρόνο διατήρησης καρπιδίων της ποικιλίας “Wonderful” ύστερα από την εφαρμογή αντιοξειδωτικών διαλυμάτων και ημιπερατών φιλμ (cryovac και διάτρητης μεμβράνης πολυαιθυλενίου). Με το πέρας 14 ημερών συντήρησης στους 4°C τα καρπίδια χαρακτηρίζονταν για τη καλή φυσική, χημική και μικροβιολογική τους ποιότητα (Caleb et al. 2011). Αντίθετα, η διανομή τους σε απλή πλαστική συσκευασία (PP ή PET) συρρικνώνει την εμπορική διάρκεια ζωής του προϊόντος στις 5 ημέρες από την ημερομηνία εξαγωγής των καρπιδίων από το καρπό.

Οι αυξανόμενες απαιτήσεις της αγοράς για τα έτοιμα προς κατανάλωση (*ready to eat*) καρπίδια ροδιού καθιστά πρόκληση για τη βιομηχανία την ανεύρεση λύσεων παράτασης της εμπορικής διάρκειας ζωής τους. Παρά τα πολλαπλά οφέλη της συσκευασίας τροποποιημένης ατμόσφαιρας, η εφαρμογή της για τα ελάχιστα επεξεργασμένα καρπίδια εξακολουθεί να είναι περιορισμένη εξαιτίας της δυσκολίας στην επιλογή των κατάλληλων πολυμερών μεμβρανών, εφόσον καμία από τις υφιστάμενες δε δύναται να προσφέρει τις απαιτούμενες ιδιότητες της MAP. Μάλιστα, στη περίπτωση όπου επικρατούν ακατάλληλες συνθήκες συντήρησης ή θερμοκρασίες κατά τη μεταφορά του τελικού προϊόντος, οι μεμβράνες αυτές μπορούν να προκαλέσουν έντονο ρυθμό αναπνοής των καρπιδίων ή αυξημένη διαπερατότητα στις υψηλές θερμοκρασίες. Επιπροσθέτως, η διαφορετική αντίδραση των διαφόρων ποικιλιών ροδιάς στη MAP απαιτεί περαιτέρω έρευνα προκειμένου να καταστεί δυνατή η επιτυχής εφαρμογή της διαθέσιμης τεχνολογίας (Caleb et al. 2011).

Η αναζήτηση νέων μεθόδων για τη παράταση της εμπορικής διάρκειας ζωής των έτοιμων προς κατανάλωση καρπιδίων έχει οδηγήσει σε ενδεδειγμένη έρευνα με επιδιωκόμενο στόχο την ανάπτυξη και υλοποίησή τους. Μεταξύ των μεθόδων αυτών εντάσσεται η εφαρμογή αλκοολούχου ποτού (κονιάκ) ως αντιμικροβιακού παράγοντα και η εκτίμηση

της επίδρασής του στη φυσική, χημική και μικροβιολογική κατάσταση του προϊόντος, το οποίο αποτέλεσε αντικείμενο έρευνας της παρούσας μελέτης.

5.7. Παρουσίαση υφιστάμενης εμπορικής συσκευασίας στην Ελλάδα

Τα τελευταία χρόνια η συσκευασία των έτοιμων προς κατανάλωση καρπιδίων ροδιού εντάσσεται στο σχεδιασμό της βιομηχανίας για προώθηση των ελάχιστα επεξεργασμένων φρούτων και λαχανικών. Ως εκ τούτου, η απομάκρυνση του φλοιού του ροδιού για την εξαγωγή του εδώδιμου τμήματός του αποτελεί χρονοβόρα διαδικασία, γεγονός που περιορίζει τη κατανάλωσή του μιας και δε συνάδει με τους σημερινούς ταχείς ρυθμούς της καθημερινότητας. Έτσι, η προώθηση των έτοιμων προς κατανάλωση καρπιδίων κάλυψε με επιτυχία το κενό αυτό της αγοράς.

Η ανάπτυξη του προϊόντος παγκοσμίως και ιδιαίτερα στις Η.Π.Α πραγματοποιήθηκε στις αρχές του 2000, όπου οι ευεργετικές ιδιότητες του ροδιού συνετέλεσαν στην ευρεία αποδοχή και κατανάλωσή του. Στην Ελλάδα, το προϊόν απευθύνεται ως επί το πλείστον στους κατοίκους των αστικών κέντρων, λόγω της χρηστικότητας του για ένα σύνολο του πληθυσμού όπου χαρακτηρίζεται από τον υψηλό φόρτο εργασίας και τους έντονους ρυθμούς ζωής. Έτσι, τα κυριότερα κανάλια διανομής αποτελούν οι μεγάλες αλυσίδες υπεραγορών (super markets), οι οποίες του προσδίδουν το χαρακτήρα ενός εύκολα προσβάσιμου προϊόντος. Τέλος, η τιμή διάθεσης στο εμπόριο λιανικής αναδεικνύει την υψηλή προστιθέμενη αξία του, η οποία αποδίδεται στη διαδικασία εξαγωγής του εδώδιμου τμήματος του καρπού που έχει προηγηθεί.

Η τελική επιλογή της συσκευασίας καθορίζεται από την υφιστάμενη νομοθεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Κανονισμός EC 1935/2004, Οδηγία 2002/72/EC) σε συνδυασμό με την αντίστοιχη εθνική νομοθεσία των κρατών-μελών της. Οι γενικές αρχές που διατυπώνονται στο Κανονισμό είναι αυτές της αδράνειας και της ασφάλειας, οι οποίες ερμηνεύονται στην ειδική νομοθεσία για τα πλαστικά υλικά που έρχονται σε επαφή με τρόφιμα. Ειδικότερα, η αρχή της αδράνειας αφορά τη συνολική ποσότητα των ουσιών, εξαιρουμένου του νερού, που δύναται να μεταναστεύσει από το πλαστικό υλικό στο τρόφιμο (*Overall Migration Limit*, ανώτερο όριο $OMG=60 \text{ mg/kg}$ τροφίμου), ενώ η αρχή

της ασφάλειας αντιπροσωπεύει την ειδική έγκριση καταλληλότητας των ουσιών που χρησιμοποιούνται για τη κατασκευή των πλαστικών υλικών μετά τη τοξικολογική τους αξιολόγηση από την Ευρωπαϊκή Αρχή για την Ασφάλεια των Τροφίμων (Οδηγία 2002/72/EC) (Rijk & Rob 2010).

Η άκαμπτη συσκευασία περιλαμβάνει πλαστικά (PS, PP, PET, APET) σκεύη τα οποία προτιμώνται λόγω του χαμηλού κόστους τους, της άριστης προσαρμοστικότητας αλλά και προστασίας που παρέχουν στο τρόφιμο, προσφέροντας στον καταναλωτή ένα ιδιαίτερα ελκυστικό προϊόν. Τα σκεύη αυτά χρησιμοποιούνται κυρίως σε συσκευασίες προϊόντων υψηλής αξίας, όπως μικρά φρούτα, φράουλες, μανιτάρια και άλλα, ή πολύ ευαίσθητων προϊόντων. Ειδικότερα, οι PET συσκευασίες μίας χρήσης ενδείκνυνται για θερμοκρασίες από -40°C έως $+70^{\circ}\text{C}$, κατάλληλες για φρέσκα και κατεψυγμένα τρόφιμα, καθώς και προϊόντα που διατηρούνται σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος. Περαιτέρω, οι PP συσκευασίες μίας χρήσης είναι ανθεκτικές σε θερμοκρασίες από -20°C έως $+130^{\circ}\text{C}$, παρέχουν επιπλέον τη δυνατότητα χρήσης τους στο φούρνο μικροκυμάτων, ενώ επιτρέπουν το αεροστεγές σφράγισμα με ταυτόχρονη έγχυση ειδικού μίγματος αερίων (MAP) για την επίτευξη παράτασης της εμπορικής διάρκειας του προϊόντος. Η πώληση των καρπιδίων ροδιού στην ελληνική αγορά πραγματοποιείται κυρίως μέσω απλής πλαστικής συσκευασίας PP ή PET με αρθρωτό (ενσωματωμένο) καπάκι, ενώ λιγότερο συναντάται η συσκευασία PP ελεγχόμενης ατμόσφαιρας (MAP), η οποία αποτελεί το κύριο τρόπο εμπορευματοποίησης των καρπιδίων σε διεθνές επίπεδο. Η στεγανότητα της τελευταίας εξασφαλίζεται με τη χρήση μεμβράνης (φιλμ), η οποία σφραγίζεται θερμικά. Η υφιστάμενη εμπορική συσκευασία καρπιδίων ροδιού είναι συνολικού βάρους 250 g. Η διάρκεια ζωής (*shelf life*) του εδώδιμου τμήματος του ροδιού στην απλή συσκευασία PP ορίζεται στις 5-7 ημέρες από την ημερομηνία εξαγωγής του από το καρπό, ενώ στη περίπτωση της MAP ο εμπορικός χρόνος ζωής του προϊόντος επεκτείνεται έως τις 2 εβδομάδες (Caleb et al. 2011).

Η τιμή λιανικής πώλησης στις υπεραγορές διαμορφώνεται στα 3.10-3.50 €/τεμάχιο, ανάλογα με τον ακριβή χρόνο διάθεσης (πρώιμη ή όψιμη παραγωγή) και τη γλυκύτητα της ποικιλίας. Οι όξινες ποικιλίες λαμβάνουν σχετικά χαμηλότερη τιμή συγκριτικά με τις γλυκές (της τάξεως του 10-12%), λόγω του ότι οι τελευταίες εμφανίζουν

καλύτερα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και η καλλιέργειά τους οδηγεί στη συγκομιδή ροδιών επιτραπέζιας χρήσης, εν αντιθέσει με τη καλλιέργεια των όξινων ποικιλιών η οποία προσανατολίζεται κυρίως στη παραγωγή καρπών χυμοποίησης.

Το pH των φρέσκων καρπιδίων ροδιού κυμαίνεται από 3.30 έως 3.70 και καθορίζεται από τη ποικιλία προέλευσής τους. Ομοίως, το χρώμα διαβαθμίζεται από ροζ έως έντονο ερυθρό ή πορφυρό, ενώ η υφή τους παρουσιάζει μικρή υποβάθμιση ως προς τη τραγανότητα με τη πρόοδο της συντήρησης. Στο Πίνακα 3 παρουσιάζεται συνοπτικά η διατροφική αξία ανά 100 g προϊόντος.

Πίνακας 3: Διατροφική αξία του εμπορικά υφιστάμενου προϊόντος ανά 100 g

Θρεπτικά Συστατικά	ανά 100 g	Ημερήσια Συνιστώμενη πρόσληψη (%)
Θερμίδες /Ενέργεια	83 kcal/ 346 KJ	2000 kcal
Νερό	77.97 g	2.9%
Λιπαρά	1.17 g	1.8%
▪ Κορεσμένα	0.120 g	0.6%
▪ Μονοακόρεστα	0.093 g	0.0%
▪ Πολυακόρεστα	0.079 g	0.0%
Χοληστερίνη	0.0 mg	0.0%
Σύνολο Υδατανθράκων	18.71 g	6.2%
▪ Φυτικές ίνες	4.0 g	16.0%
▪ Σάκχαρα	13.68 g	-
Πρωτεΐνες	1.67 g	3.3%
Βιταμίνη Α	0.0 μg	0.0%
Βιταμίνη C	10.2 mg	17.0%
Νάτριο	3.0 mg	0.13%
Ασβέστιο	10.0 mg	1%
Σίδηρος	0.30 mg	1.7%

Πηγή: USDA National Nutrient Database: Full Report (All Nutrients) 09286, Pomegranates, raw

5.8. Παρουσίαση Προτεινόμενης Ενεργής συσκευασίας

Η ανάπτυξη και η μετέπειτα υιοθέτηση της ενεργού συσκευασίας από τη βιομηχανία τροφίμων συγκαταλέγεται μεταξύ των σημαντικότερων τεχνολογικών εξελίξεων στο τομέα της μεταποίησης. Παρά τα παραδείγματα εμπορικής εφαρμογής της στην Ευρώπη, αλλά κυρίως στην Αμερική και την Ιαπωνία, η συγκεκριμένη τεχνολογία αιχμής δεν έχει εξαπλωθεί ευρέως στην αγορά. Στην Ελλάδα παρατηρείται μικρός αριθμός προϊόντων τα οποία αξιοποιούν τις ήδη εφαρμοσμένες σε διεθνές επίπεδο υποκατηγορίες ενεργούς συσκευασίας, όπως για παράδειγμα τους προσροφητές οξυγόνου. Επιπροσθέτως, οι σχετικά πρόσφατες τεχνολογίες ενεργού συσκευασίας που αξιοποιούν τις ιδιότητες φυσικών αντιμικροβιακών, μεταξύ των οποίων συγκαταλέγονται τα αιθέρια έλαια και τα αλκοολούχα διαλύματα ή ποτά, δεν έχουν εμπορευματοποιηθεί για κάποιο προϊόν σε παγκόσμια κλίμακα.

Στη παρούσα μελέτη αναπτύχθηκε η ενεργός συσκευασία καρπιδίων ροδιού ποικιλίας *Wonderful*, βασιζόμενη στη σταδιακή απελευθέρωση των πτητικών αερίων του αλκοολούχου ποτού μπράντι *METAXA* (36% v/v αλκοόλη), αρχικά στη κεφαλή και κατά επέκταση στο εσωτερικό περιβάλλον της συσκευασίας. Η επιλογή ενός ελληνικού και διεθνώς αναγνωρίσιμου ποτού, η έναρξη της παραγωγής του οποίου τοποθετείται χρονικά στα τέλη του 20^{ου} αιώνα, προσδίδει στο τελικό προϊόν έναν ξεχωριστό, τοπικό χαρακτήρα. Το γεγονός αυτό ενισχύεται περαιτέρω από την παρουσία του μπράντι *METAXA* μεταξύ των 50 κορυφαίων εμπορικών σημάτων οινοπνευματωδών ποτών στο κόσμο.

Η εφαρμογή του αλκοολούχου ποτού δύναται να επηρεάσει το άρωμα και τη γεύση των καρπιδίων ροδιού, ενώ ταυτόχρονα η αντιμικροβιακή δραστηριότητα της αιθανόλης μπορεί να αποτρέψει την αύξηση του μικροβιακού φορτίου του προϊόντος, παρατείνοντας την εμπορική διάρκεια ζωής του. Η διερεύνηση της πιθανής αντιμικροβιακής ιδιότητας των αερίων αυτών πραγματοποιήθηκε σε θερμοκρασία συντήρησης (4°C), αποσκοπώντας στη προσομοίωση των πραγματικών συνθηκών ψυκτικής αλυσίδας που εφαρμόζονται σε εμπορική κλίμακα (2-5°C). Η αποφυγή εφαρμογής χημικών προσθέτων για την επέκταση των ημερών εμπορικής διάθεσής του αποτελεί σημείο αναφοράς της συγκεκριμένης συσκευασίας, η οποία συνάδει με την επικρατούσα τάση για μείωση της κατανάλωσης των

χημικά επεξεργασμένων τροφίμων ενώ ταυτόχρονα, η οικονομική του απόδοση συγκριτικά με το κόστος κατασκευής του είναι ιδιαίτερα υψηλή.

5.8.1. Σύνθεση τελικού προϊόντος

Το προτεινόμενο τελικό προϊόν αποτελείται από το εδώδιμο τμήμα ροδιών ποικιλίας Wonderful, το μπράντι *METAXA* και το απορροφητικό υλικό όπου φέρει το αλκοολούχο διάλυμα. Η πλαστική συσκευασία PP περιέχει καρπίδια συνολικού βάρους 250 g, απαλλαγμένα από πιθανά υπολείμματα φλοιού και πλακούντα του καρπού απόρροια της διαδικασίας εξαγωγής τους. Η παραπάνω εργασία υλοποιείται χειροκίνητα ή με μηχανικά μέσα μέσω αυτόματου εξαγωγέα καρπιδίων από τον καρπό του ροδιού.

Το μπράντι *METAXA* (36% v/v) επωμίζεται το ρόλο του αντιμικροβιακού παράγοντα της ενεργού συσκευασίας. Παράγεται από αποστάγματα οίνου αναμειγμένα ή όχι με άλλα αποστάγματα κρασιού που έχουν εξαχθεί σε λιγότερο από 95% vol. Η περιεκτικότητα των πτητικών ουσιών του μπράντι είναι τουλάχιστον 125 g hl⁻¹ σε 100% vol αλκοόλης και η μέγιστη περιεκτικότητα σε μεθανόλη ανέρχεται στα 200 g hl⁻¹ σε 100% vol αλκοόλης. Ο φορέας του αλκοολούχου διαλύματος χαρακτηρίζεται για την υψηλή απορροφητικότητά του, εξασφαλίζοντας με τον τρόπο αυτό τη δέσμευση του μπράντι και τη σταδιακή αποδέσμευσή στο εσωτερικό της συσκευασίας κατά τη διάρκεια της περιόδου συντήρησης.

5.8.2. Ανάλυση του τελικού προϊόντος (φυσικοχημική, θρεπτική, μικροβιολογική, αισθητήρια)

Για τη πλήρη περιγραφή του προϊόντος απαιτείται η λεπτομερής αναφορά και πληροφόρηση για μια σειρά χαρακτηριστικών του, μεταξύ των οποίων συγκαταλέγονται οι φυσικοχημικές ιδιότητες, η θρεπτική αξία, η σύσταση του μικροβιολογικού πληθυσμού και ενδεχομένως η περιγραφική (αισθητήρια) ανάλυση. Η τελευταία ουσιαστικά αποτελεί την αξιολόγηση του προϊόντος μέσω της εκτίμησης της έντασης των διαφορών

χαρακτηριστικών του σε μια κλίμακα με τη χρήση των ανθρώπινων αισθήσεων (θέα, μυρωδιά, αφή, προτίμηση).

Το pH των καρπιδίων ροδιού είναι όξινο και κυμαίνεται από 3.30 έως 3.70 κατά το χρονικό διάστημα της συντήρησης του προϊόντος. Το χρώμα τους είναι σκούρο ερυθρό ή πορφυρό, χαρακτηριστικό της ποικιλίας *Wonderful*. Η θρεπτική αξία ανά 100 g τελικού προϊόντος, όπως προκύπτει από την υπάρχουσα βιβλιογραφία, παρατίθεται στο *Πίνακα 4*.

Πίνακας 4: Διατροφική αξία του προτεινόμενου τελικού προϊόντος ανά 100 g

Θρεπτικά Συστατικά	Καρπίδια ροδιού/ 100 g	Μπράντι “METAXA”/ 20 ml	Σύνολο	Ημερήσια Συνιστώμενη πρόσληψη (%)
Θερμίδες /Ενέργεια	83 kcal/ 346 KJ	44 kcal/ 185 KJ	127 kcal/ 531 KJ	2000 kcal
Νερό	77.97 g	13.20 g	91.17 g	3.4%
Λιπαρά	1.17 g	0.0 g	1.17 g	1.8%
▪ Κορεσμένα	0.120 g	0.0 g	0.120 g	0.6%
▪ Μονοακόρεστα	0.093 g	0.0 g	0.093 g	0.0%
▪ Πολυακόρεστα	0.079 g	0.0 g	0.079 g	0.0%
Χοληστερίνη	0.0 mg	0.0 mg	0.0 mg	0.0%
Σύνολο	18.71 g	0.2 g	18.91 g	6.3%
Υδατανθράκων				
▪ Φυτικές ίνες	4.0 g	0.0 g	4.0 g	16.0%
▪ Σάκχαρα	13.68 g	0.2 g	14.2 g	-
Πρωτεΐνες	1.67 g	0.0 g	1.67 g	3.3%
Βιταμίνη Α	0.0 μg	0.0 μg	0.0 μg	0.0%
Βιταμίνη C	10.2 g	0.0 mg	10.2 mg	17.0%
Νάτριο	3.0 mg	0.0 mg	3.0 mg	0.13%
Ασβέστιο	10.0 mg	0.0 mg	10.0 mg	1.0%
Σίδηρος	0.3 mg	0.0 mg	0.3 mg	1.7%

Πηγή: USDA National Nutrient Database

Η χαμηλή τιμή pH (<4) που χαρακτηρίζει τα καρπίδια ροδιού ερμηνεύει τη δράση των ζυμών, των μυκήτων και των βακτηρίων γαλακτικού οξέος (LAB), τα οποία συνδέονται με τη μικροβιακή αλλοίωση και συνεπώς τη ποιοτική υποβάθμιση του προϊόντος. Η συγκυριαρχία των παραπάνω παραγόντων αλλοίωσης είναι χαρακτηριστική κατά τη διάρκεια της συντήρησης στη προτεινόμενη ενεργό συσκευασία, σε συνθήκες τροποποιημένης ατμόσφαιρας και συγκεκριμένη θερμοκρασία (4°C). Το μπράντι, συστατικό της ενεργού συσκευασίας, δεν παρουσιάζει κάποιο μικροβιολογικό κίνδυνο.

Η αισθητήρια ανάλυση του τελικού προϊόντος αποτελεί τη συνολική περιγραφή του παράλληλα με τη πρόοδο της συντήρησης. Η εφαρμογή της ενεργού συσκευασίας σε συγκεκριμένες συνθήκες θερμοκρασίας (4°C) αποσκοπεί στη διατήρηση αναλλοίωτων των ιδιοτήτων του χρώματος, της τραγανότητας ή φρεσκότητας και γενικά της υφής των καρπιδίων, προσφέροντας τα αντιπροσωπευτικά οργανοληπτικά γνωρίσματα του φρέσκου ροδιού. Η όξινη γεύση των καρπιδίων παραμένει ανιχνεύσιμη ενώ η επίδραση του μπράντι προσδίδει τη χαρακτηριστική γεύση του ποτού χωρίς να ταυτόχρονα να αναιρεί τη ταυτότητα του προϊόντος. Τέλος, η ανάδυση του αρώματος του μπράντι κατά την αποσφράγιση της συσκευασίας, αλλά και για κάθε άνοιγμα αυτής προκειμένου να καταναλωθεί το προϊόν, είναι σταθερή έως το τέλος της εμπορικής διάρκειας ζωής του προϊόντος.

5.8.3. Εμπορική διάρκεια ζωής και συνθήκες διατήρησης του τελικού προϊόντος

Ο υψηλός ρυθμός αναπνοής του εδώδιμου τμήματος του ροδιού μετά την εξαγωγή του από το καρπό, σε συνδυασμό με τη επιδιωκόμενη διατήρηση της φρεσκότητάς του ώστε το τελικό προϊόν να είναι εμπορεύσιμο, προϋποθέτει τους κατάλληλους χειρισμούς αποθήκευσης και διανομής. Για τους παραπάνω λόγους συμπεριλαμβανομένου και της εποχικότητας του ροδιού, η διάθεση του τελικού προϊόντος στο εμπόριο είναι άμεση, εντός 24-48 h. Η προτεινόμενη θερμοκρασία κατά την αποθήκευση και διανομή του τελικού προϊόντος είναι οι 2-5°C (μέση θερμοκρασία 4°C).

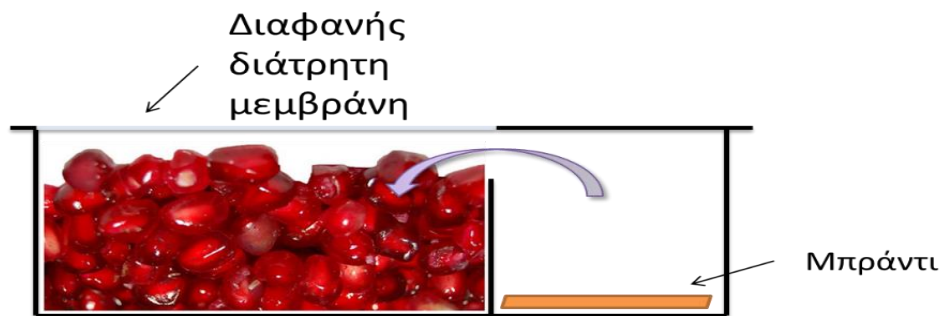
Η διάρκεια ζωής (*shelf life*) των καρπιδίων στην υφιστάμενη εμπορική πλαστική συσκευασία PET υπολογίζεται σε 5-7 ημέρες, όταν στη περίπτωση της συσκευασίας

τροποποιημένης ατμόσφαιρας αυξάνεται μέχρι τις 15 ημέρες. Η προτεινόμενη ενεργή συσκευασία δύναται να επεκτείνει τη διάρκεια ζωής του προϊόντος στις 23 ημέρες, με εφαρμοζόμενη θερμοκρασία αποθήκευσης και διανομής τους 4°C.

5.8.4. *Mock up της συσκευασίας (μοντέλο)*

Η συσκευασία των καρπιδίων ροδιού περιλαμβάνει τη χρήση υλικών που πρωτίστως εξασφαλίζουν την ασφάλεια του τροφίμου. Η δίχωρη σχήματος οβάλ συσκευασία από πολυπροπυλένιο (PP) (SEALED AIR[®], CRYOVAC[®]) επιλέχθηκε ως η πλέον κατάλληλη για το προϊόν. Η συνολική χωρητικότητα της συσκευασίας ανέρχεται στα 500 g (250 g για κάθε ένα από τα τμήματά της), με διαστάσεις 120 x 151 mm και βάθος ανά δοχείο 81 mm, όπως αυτές δίνονται από το κατασκευαστή. Για το σφράγισμα της συσκευασίας χρησιμοποιείται διάτρητη (*micro perforated*) πολυστρωματική μεμβράνη (CLR film, CRYOVAC[®]).

Ο ένας από τους δύο χώρους της συσκευασίας πληρώνεται με τα έτοιμα προς κατανάλωση καρπίδια ροδιού βάρους 250 g, όταν στο κάτω μέρος του δεύτερου χώρου τοποθετείται το απορροφητικό υλικό (AC-25 Dri-Loc[®], CRYOVAC[®]) με το μπράντι (*METAXA*) (εκτιμώμενο βάρος 20 g). Έτσι, η ανατομία της συσκευασίας δυνητικά αποτρέπει την άμεση επαφή του αντιμικροβιακού παράγοντα με τα καρπίδια. Στο *Σχήμα 1* παρουσιάζεται η μορφή του τελικού προϊόντος.



Σχήμα 1: Πλευρική απεικόνιση της προτεινόμενης ενεργού συσκευασίας καρπιδίων ροδιού

5.8.5. Υπολογισμός Τελικού κόστους της προτεινόμενης ενεργού συσκευασίας

Η κοστολόγηση του τελικού προϊόντος πραγματοποιήθηκε για τη συσκευασία των 250 g. Η συνολική δαπάνη κατασκευής του παρατίθεται αναλυτικά στο Πίνακα 5.

Είδος κόστους	Περιγραφή	Κόστος
ΥΛΙΚΑ	ΚΑΡΠΙΔΙΑ ΡΟΔΙΟΥ 250 G	0.59€
	ΜΠΡΑΝΤΙ ΜΕΤΑΧΑ (36% v/v) 50 ML	0.32€
ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ	ΕΞΑΓΩΓΗ ΚΑΡΠΙΔΙΩΝ	0.95€
	ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΚΑΡΠΙΔΙΩΝ ΡΟΔΙΟΥ	0.03€
	ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΟΥ ΜΕΣΟΥ	0.03€
	ΕΓΧΥΣΗ ΜΠΡΑΝΤΙ ΣΤΟ ΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΟ ΜΕΣΟ	0.06€
	ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΣΕ ΨΥΓΕΙΟ	0.02€
ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ	ΟΒΑΛ ΔΙΠΛΗ ΡΡ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ	0.24€
	MICRO-PERFORATED ΣΑΚΟΥΛΑ	0.13€
	ΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΟ ΜΕΣΟ	0.10€
	ΕΜΠΟΡΙΚΗ ΕΤΙΚΕΤΑ	0.03€
Μέσο Συνολικό Κόστος συσκευασίας (€)		2.50€
Προτεινόμενη τιμή λιανικής (€)		4.50€- 4.80€

Ο υπολογισμός του κόστους των επιμέρους υλικών πραγματοποιήθηκε με βάση τις τιμές που εφαρμόζονται στο χονδρικό εμπόριο. Συγκεκριμένα, για τον υπολογισμό του κόστους 250 g καρπιδίων ροδιού χρησιμοποιήθηκε η τρέχουσα τιμή αγοράς ενός kg ροδιού, η οποία αντιστοιχεί κατά μέσο όρο σε 0.88€. Επιπροσθέτως, η τιμή αγοράς του μπράντι ΜΕΤΑΧΑ 36% v/v αλκοόλης υπολογίζεται σε 3.24€/500 ml, ενώ το κόστος απόκτησης των δίχωρων οβάλ ΡΡ συσκευασιών ανέρχεται σε 0.24€/τεμάχιο (η παλέτα αντιστοιχεί σε 20.000 κομμάτια). Ομοίως, το κόστος απόκτησης των micro-perforated

σακουλών και του απορροφητικού υλικού («σερβιέτα») είναι 0.13€ και 0.10€ ανά τεμάχιο, αντίστοιχα. Στις παραπάνω τιμές συμπεριλαμβάνεται ο Φ.Π.Α 23%.

6. ΑΝΑΛΥΣΗ ΥΠΑΡΧΟΥΣΑΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ-ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΜΚΤ

6.1. Παρουσίαση Υφιστάμενης κατάστασης στην Ελληνική αγορά

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, έως τα τέλη περίπου της δεκαετίας του 2000 η εξάπλωση της καλλιέργειας της ροδιάς στην Ελλάδα ήταν περιορισμένη. Τα στοιχεία της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας αναφέρουν πως το 2007 υπήρχαν περίπου 2.000 στρέμματα, τα οποία εντοπίζονταν κυρίως στην Πελοπόννησο. Κατά την επταετία 2005-2012 υπολογίστηκε ότι η έκταση της καλλιέργειας εκτινάχθηκε στα 20.000 στρέμματα. Η αύξηση αυτή, σε συνδυασμό με τη σταθερά ανοδική ζήτηση των καρπών από τις διεθνείς αγορές, επέβαλε τη συστηματοποίηση της καλλιέργειας του ροδιού, ενώ η ανάπτυξη νέων, αλλά και υφιστάμενων μονάδων επεξεργασίας και τυποποίησης κρίθηκε αναγκαία προκειμένου το τελικό προϊόν να είναι ανταγωνιστικό στις ελληνικές και διεθνείς αγορές.

Σήμερα, η μέση ετήσια παραγωγή της Ελλάδας υπολογίζεται σε 35.000 τόνους περίπου, καθιστώντας την μία σχετική «μικρή» παραγωγό χώρα στη παγκόσμια αγορά, τη στιγμή που η ζήτηση από το διεθνές εμπόριο είναι σταθερά αυξημένη έως και ανοδική. Η ολοένα και υψηλότερη κατανάλωση ροδιού, τόσο του νωπού καρπού όσο και των προϊόντων του (έτοιμα προς κατανάλωση καρπίδια, χυμός, αλκοολούχο ποτό-λικέρ), οφείλεται στις αποδεδειγμένες, μέσω επιστημονικής έρευνας, ευεργετικές δράσεις για την υγεία του ανθρώπου, οι οποίες το κατέστησαν ως από τα πλέον δημοφιλή. Με αυτό το τρόπο, οι επιπτώσεις της παγκόσμιας οικονομικής ύφεσης μετριάζονται μέσω της υψηλής απορρόφησής τους από τις αγορές.

Τα τελευταία χρόνια, ο τομέας των ελάχιστα επεξεργασμένων φρούτων και λαχανικών στην Ελλάδα παρουσίασε σημαντική ανάπτυξη. Μέχρι τα τέλη του 20^{ου} αιώνα η αγορά έτοιμων, τυποποιημένων φρούτων και λαχανικών ήταν σημαντικά περιορισμένη. Η ανάπτυξή της συνδεόταν άμεσα με τη κουλτούρα και τις καταναλωτικές συνήθειες των Ελλήνων, οι οποίοι προσανατολιζόνταν κυρίως στην αγορά φρέσκων, χωρίς πρότερη επεξεργασία, προϊόντων. Έτσι, η απορρόφηση από την αγορά έτοιμων κομμένων σαλατών ή ακόμα και τυποποιημένων φρούτων ή λαχανικών, ήταν περιορισμένη. Η μεταβολή των συνθηκών διαβίωσης, η μετακίνηση ενός μεγάλου μέρους του πληθυσμού από αγροτικές ή ημιαστικές περιοχές στα αστικά κέντρα, η αλλαγή της σύνθεσης του νοικοκυριού

(αποτελείται ως επί το πλείστον από ένα ή δύο άτομα, χωρίς παιδιά) η υιοθέτηση ενός νέου τρόπου ζωής με κύρια χαρακτηριστικά τους έντονους ρυθμούς της καθημερινότητας, τη κατανάλωση φαγητού εκτός σπιτιού και συνεπώς τη διάθεση όλο και λιγότερου χρόνου για τη προετοιμασία γευμάτων, οδήγησε στην απορρόφηση νέων χρηστικών προϊόντων. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα οι υπεραγορές να καθίστανται ο βασικός τόπος προμήθειας των φρέσκων φρούτων ή λαχανικών, κάτι που προκάλεσε την υποβάθμιση της λειτουργίας των υπαίθριων αγορών και «γέννησε» την ανάγκη της τυποποίησης τους, απαραίτητη για τη διασφάλιση της ποιότητας και της ασφάλειας των τροφίμων.

Σήμερα, στον ελλαδικό χώρο δραστηριοποιείται περιορισμένος αριθμός επιχειρήσεων, μικρού ή μεσαίου μεγέθους, που διαχειρίζεται αποκλειστικά τη παραγωγή της ροδιάς και δραστηριοποιούνται κυρίως σε τοπικό επίπεδο. Πιο συγκεκριμένα, οι επιχειρήσεις αυτές αποτελούν κατά κύριο λόγο απόρροια της κινητικότητας των αγροτικών συνεταιρισμών, μέσω της ενοποίησης ενός σημαντικού αριθμού καλλιεργητών, καθώς και ατομικές επιχειρήσεις, οι οποίες πραγματοποιούν καθετοποίηση των δραστηριοτήτων τους (παραγωγή, τυποποίηση ή μεταποίηση, πώληση τελικού προϊόντος). Ενδεικτικά, μεταξύ των εταιρειών που έχουν ως τόπο λειτουργίας και εργασιών τους την Ελλάδα είναι η «ΡΟΔΙ ΕΛΛΑΣ Α.Β.Ε.Ε.Ε, ο «ΑΣΟΠ» ή Αγροτικός Συνεταιρισμός Παραγωγών Οπωροκηπευτικών Αγίου Αθανασίου Δράμας, η «Wonderful Pom», τα «Φυτώρια Ροδιάς-Όλγα Δημαράκη», η «Οικογένεια Χριστοδούλου», η «Κήρινθος» και η «Ροδόνας Α.Ε». Ο βαθμός συγκέντρωσης στον τομέα αυτό της εμπορίας των καρπών ροδιού είναι μικρός, λόγω του ότι το σύνολο των επιχειρήσεων δραστηριοποιείται ως επί το πλείστον σε τοπικό επίπεδο.

Από τις παραπάνω επιχειρήσεις τουλάχιστον το 50% προχωρά στην επεξεργασία και συσκευασία των έτοιμων προς κατανάλωση καρπιδίων. Η διανομή του τελικού προϊόντος πραγματοποιείται μέσω των κατάλληλων καναλιών διανομής σε τοπική κυρίως κλίμακα, καλύπτοντας τις ανάγκες των γειτονικών με την έδρα της επιχείρησης περιοχών. Αυτό οφείλεται στους περιορισμούς που θέτει η συσκευασία όσο αφορά τη διάρκεια ζωής των καρπιδίων, καθώς και στις ειδικές συνθήκες μεταφοράς που απαιτούνται. Για παράδειγμα, η διανομή των καρπιδίων της εταιρείας «Φυτώρια Ροδιάς-Όλγα Δημαράκη», με έδρα την Ερμιόνη Αργολίδας, πραγματοποιείται στην ευρύτερη περιοχή της

Πελοποννήσου έως και την Αττική, όπου το τελικό διατίθεται μέσω των υπεραγορών. Εκτός των παραπάνω παραγόντων, η μικρής έντασης διάθεση του προϊόντος συνδέεται άμεσα με τις καταναλωτικές συνήθειες, όπως και τη κουλτούρα του πληθυσμού της Ελλάδας. Η ελληνική αγορά των ελάχιστα επεξεργασμένων καρπιδίων δεν είναι ιδιαίτερα ανεπτυγμένη, όταν η αντίστοιχη σε παγκόσμια επίπεδο έχει επεκταθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια, μετά και τη προώθηση των ευεργετικών δράσεων των καρπών ροδιού. Η εποχικότητα του ροδιού, η περιορισμένη ενσωμάτωσή του στο καθημερινό διαιτολόγιο, καθώς και η δυσκολία εξαγωγής των καρπιδίων από το καρπό, το έχουν τοποθετήσει χαμηλά στη κατάταξη με τα δημοφιλέστερα φρούτα που καταναλώνονται στην Ελλάδα, ενώ η διάθεση των έτοιμων προς κατανάλωση καρπιδίων περιορίζεται σημαντικά από τη μικρά διάρκεια της εμπορικής ζωής του προϊόντος (*shelf life*).

Όπως περιγράφεται αναλυτικά στο *Κεφάλαιο 5.8*, η διάθεση των έτοιμων προς κατανάλωση καρπιδίων πραγματοποιείται εντός 24-48h της εξαγωγής τους από το καρπό. Αυτό οφείλεται στη χρήση απλών πλαστικών συσκευασιών προκειμένου το προϊόν να καταστεί εμπορεύσιμο και στην ευαισθησία του προϊόντος στις μεταχειρίσεις αποθήκευσης και διανομής του. Η χρήση συσκευασιών ελεγχόμενης ατμόσφαιρας είναι εξαιρετικά περιορισμένη στην ελληνική αγορά, ενώ εφαρμόζεται κυρίως στη περίπτωση εξαγωγικής δραστηριότητας της εταιρείας. Έτσι, η εμπορική διάρκεια ζωής των καρπιδίων που διακινούνται στην ελληνική αγορά υπολογίζεται σε 5-7 ημέρες, έως ότου αυτό καταστεί ακατάλληλο. Το γεγονός αυτό αποτελεί ανασταλτικό παράγοντα για την ανάπτυξη του προϊόντος και των καναλιών διανομής του.

6.2. Πλεονεκτήματα της προτεινόμενη ενεργού συσκευασίας και σύγκριση με την υφιστάμενη

Η ανάπτυξη της προτεινόμενης ενεργού συσκευασίας στη παρούσα εργασία βασίστηκε στο εντοπισμένο πρόβλημα της μικρής εμπορικής διάρκειας ζωής των έτοιμων προς κατανάλωση καρπιδίων ροδιού, εμποδίζοντας έτσι τη διάθεσή τους σε απομακρυσμένες περιοχές. Η υιοθέτηση από τις υφιστάμενες επιχειρήσεις, που δραστηριοποιούνται στο χώρο, των απλών πλαστικών συσκευασιών διατηρεί τις πωλήσεις

του συγκεκριμένου προϊόντος σε χαμηλά επίπεδα, περιορίζοντας την ανάπτυξή του και κατά επέκταση τη κερδοφορία των παραπάνω εταιρειών μέσω της αύξησης των πωλήσεων τους. Πιο συγκεκριμένα, η ανάπτυξη μιας συσκευασίας η οποία θα προσέδιδε στο προϊόν μεγαλύτερη εμπορική διάρκεια ζωής, θα παρείχε ταυτόχρονα τη δυνατότητα στις εταιρείες να διαπραγματευθούν υπό ευνοϊκότερους όρους τη ποσότητα και τη τιμή διάθεσής τους.

Η προτεινόμενη ενεργός συσκευασία καρπιδίων ροδιού εμφανίζει σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι της συσκευασίας που συναντάται σήμερα στην ελληνική αγορά, τα οποία δίνουν ιδιαίτερη προοπτική ανάπτυξης του τελικού προϊόντος. Μεταξύ αυτών συγκαταλέγεται η επέκταση της συντηρησιμότητας του προϊόντος από τις 5-7 στις 23 ημέρες (με προοπτική έως τις 30 ημέρες) και συνεπώς η προώθησή του μέσω των κατάλληλων καναλιών διανομής σε απομακρυσμένες εγχώριες ή διεθνείς αγορές, εκτός των τοπικών. Το γεγονός αυτό προσδίδει στην εταιρεία υψηλότερο οικονομικό όφελος λόγω της διάθεσης των καρπιδίων ροδιού σε νέα τμήματα της αγοράς, τα οποία προκύπτουν από την αύξηση της διάρκειας ζωής τους (έως 4 εβδομάδες) και από το χρονικό διάστημα παραμονής τους σε αυτή, παρέχοντας στο καταναλωτή τη δυνατότητα χρήσης του προϊόντος σε βάθος χρόνου. Επίσης, η εφαρμογή του μπράντι “METAXA”, ως αντιμικροβιακού παράγοντα της ενεργού συσκευασίας, προσδίδει στα καρπίδια το χαρακτηριστικό άρωμά του, καθώς και ένα ελαφρό τόνο αλκοολούχου ποτού στη γεύση των καρπιδίων, δημιουργώντας ένα μοναδικό τελικό αποτέλεσμα. Στο πλαίσιο αυτό, τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του ροδιού δεν επηρεάζονται σε βαθμό τέτοιο ώστε να απορριφθεί από το καταναλωτή, ενώ ταυτόχρονα συμβάλλει στη βελτίωση της σχετικά όξινης γεύσης τους. Η παραγωγή του προϊόντος αυτού σε βιομηχανική κλίμακα είναι ικανό να προσδώσει στην επιχείρηση ένα σημείο υπεροχής έναντι των ανταγωνιστών της, το οποίο δύναται να μετατραπεί σε διακριτή υπεροχή και ταυτόχρονα να της προσδώσει ένα διατηρήσιμο ανταγωνιστικό πλεονέκτημα, καθιστώντας την ξεχωριστή μεταξύ των.

Η ανάλυση του εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος της επιχείρησης (SWOT Analysis) που παρασκευάζει το προτεινόμενο τελικό προϊόν δίδεται στο *Σχήμα 2*.



Σχήμα 2: SWOT Analysis της επιχείρησης που κατασκευάζει και προωθεί τη προτεινόμενη ενεργό συσκευασία.

6.3. Στρατηγική Marketing Mix για την ελληνική αγορά

Η προτεινόμενη ενεργός συσκευασία καρπιδίων ροδιού αποτελεί ένα νέο προϊόν το οποίο είναι ικανό να ανταγωνιστεί τις αντίστοιχες συσκευασίες που διανέμονται σήμερα στο λιανικό εμπόριο. Η προστιθέμενη αξία (*added value*) του προϊόντος εντοπίζεται στην επιμήκυνση της εμπορικής διάρκειας ζωής του (23 ημέρες), όταν τα αντίστοιχα έτοιμα προς κατανάλωση καρπίδια ροδιού έχουν χρόνο ζωής μόλις 5-7 ημέρες, από την ημερομηνία εξαγωγής τους από το καρπό. Η είσοδος του στην αγορά φαίνεται πως δε βρίσκει σημαντικά εμπόδια, λόγω των ιδιοτήτων του και της χρήσης ήπιων αντιμικροβιακών ουσιών, οι οποίες αναστέλλουν τη ποιοτική υποβάθμιση των καρπιδίων χωρίς να απαιτείται η επέμβαση με χημικά μέσα. Η τελευταία ιδιότητα του προϊόντος ταυτίζεται απόλυτα με την ολοένα και εντονότερη τάση του περιορισμού των χημικών προσθέτων από τη βιομηχανία τροφίμων. Περαιτέρω, η εφαρμογή του μπράντι “METAXA” προσδίδει στο προϊόν ξεκάθαρο ελληνικό χαρακτήρα, αποτελώντας ένα ιδιαίτερα χρήσιμο εργαλείο για τη διαμόρφωση της στρατηγικής του Μάρκετινγκ.

Λαμβάνοντας υπόψη την υφιστάμενη κατάσταση της αγοράς, η επιλογή του τόπου προώθησης του προϊόντος κρίνεται ιδιαίτερος σημαντική. Σήμερα, η διανομή των καρπιδίων ροδιού εντοπίζεται κυρίως στα αστικά κέντρα, όπως εκτενώς αναλύθηκε παραπάνω. Η κάλυψη των αναγκών τους πραγματοποιείται από τα γειτονικά κέντρα παραγωγής, κάτι που πιθανόν οφείλεται στην υψηλή ευαισθησία του προϊόντος. Συγκεκριμένα, η κάλυψη των αναγκών του νομού Αττικής πραγματοποιείται από επιχειρήσεις που δραστηριοποιούνται κυρίως στη Πελοπόννησο, όταν στη βόρεια Ελλάδα αυτές καλύπτονται από τους γύρω νομούς της Θεσσαλονίκης, ώστε το τελικό προϊόν να μεταφέρεται με τις λιγότερο δυνατές καταπονήσεις στα αστικά κέντρα. Η προτεινόμενη συσκευασία επιτρέπει τη διανομή των προϊόντων σε μεγάλες αποστάσεις, τόσο σε εγχώριο (κάλυψη γεωγραφικά ολόκληρης της Ελλάδας) όσο και διεθνές επίπεδο (Ρωσία, κεντρική και βόρεια Ευρώπη), λόγω της εξασφάλισης της ασφάλειας και ποιότητας των καρπιδίων για μεγάλο χρονικό διάστημα. Έτσι, η είσοδος του νέου προϊόντος σε νέες αγορές, μέσω της ανάπτυξης εκτεταμένων καναλιών διανομής, θα αποτελέσει το σημαντικότερο βήμα για την ανάπτυξή του.

Δευτερευόντως, οι προωθητικές ενέργειες που θα υιοθετηθούν κρίνονται εξαιρετικά σημαντικές για τη διάδοση και την αύξηση των πωλήσεων. Η διαφήμιση του προϊόντος σε έντυπα και ηλεκτρονικά μέσα γενικού και ειδικού ενδιαφέροντος (εφημερίδες, περιοδικά, ιστοσελίδες αγροτικής θεματολογίας, εκθέσεις, περιοδικά σχετικά με HO.RE.CA) περιλαμβάνονται μεταξύ των απαραίτητων ενεργειών, μέσω των οποίων ο καταναλωτής θα πληροφορηθεί για αυτό. Τα κοινωνικά μέσα δικτύωσης αποτελούν επίσης τη νέα τάση προώθησης καταναλωτικών προϊόντων και δύναται να χρησιμοποιηθούν για το σκοπό αυτό. Η εξασφάλιση λοιπόν της παρουσίας του τελικού προϊόντος στο μεγαλύτερο μερίδιο της αγοράς, λόγω της προγενέστερης ανάπτυξης του δικτύου διανομής, διευκολύνει την ομαλότερη απορρόφησή του. Στο πλαίσιο αυτό, η διαφήμιση του νέου προϊόντος σκοπεύει στο να οδηγήσει το καταναλωτή στα κέντρα διανομής του, όπου η διαθεσιμότητα του προϊόντος είναι επιτακτική. Το ιδιαίτερα υψηλό κόστος προώθησής του δικαιολογείται από το γεγονός ότι το προϊόν βρίσκεται στο στάδιο ανάπτυξης, όπου η ένταση των ενεργειών προβολής είναι εξαιρετικά υψηλή προκειμένου να καλυφθεί όσο το δυνατόν μεγαλύτερο μερίδιο αγοράς. Σε αυτό συνεισφέρει και το ότι τα κανάλια διανομής του είναι ακόμα ακαθόριστα, χωρίς να έχουν λάβει τη τελική τους μορφή. Έτσι, προκειμένου να καλυφθούν οι ανάγκες της αγοράς στόχου (*target market*) και λόγω του ότι οι εταιρείες επεξεργασίας και τυποποίησης του προϊόντος είναι μικρού μεγέθους, προτείνεται η προώθηση του προϊόντος αρχικά μέσω της συνεργασίας με 3PL (*3rd party logistics*) εταιρείες. Αυτό θα εξασφαλίσει τη παρουσία του σε συγκεκριμένα σημεία διανομής και σε συγκεκριμένο σημείο στο «ράφι».

Το προτεινόμενο προϊόν απευθύνεται στο σύνολο του πληθυσμού, λόγω των εξαιρετικής θρεπτικής αξίας των καρπιδίων ροδιού. Η τιμή του διαμορφώνεται στα 4.50-4.80€ ανά μονάδα συσκευασίας και ερμηνεύεται με βάση την εμπορική διάρκεια ζωής του σε συνδυασμό με τη διατροφική του αξία. Επίσης, η εποχικότητα των ροδιών επιδρά στη διαμόρφωση του τελικού κόστους του προϊόντος, καθώς η τιμή των όσιμων καρπιδίων είναι σημαντικά υψηλότερη των πρώιμων, ιδιαίτερα κατά τα τέλη Μαΐου όπου η διαθεσιμότητα των νωπών καρπών είναι περιορισμένη.

Το σύνολο των παραπάνω στρατηγικών αποτελεί βασική προϋπόθεση εισόδου του προτεινόμενου προϊόντος στην αγορά, εξασφάλιση της αναγνωσιμότητάς του και

απόκτησής του για τα σημαντικά οφέλη που προσφέρει στο καταναλωτή. Βάσει των παραπάνω, προτείνεται ένα *Marketing Mix* εστιασμένο όχι μόνο στη δυναμική και τα οφέλη του προϊόντος (*Product*) αλλά στο τρόπο και την ένταση της προώθησής του, ώστε να καταφέρει να κερδίσει σύντομα σημαντικό μερίδιο στην αγορά. Ο αρμονικός συνδυασμός των στρατηγικών διαμορφώνει τις απαραίτητες προοπτικές ανάπτυξής του, καταλαμβάνοντας όλο και μεγαλύτερο μερίδιο αγοράς, τόσο σε εγχώριο όσο και σε διεθνές επίπεδο.

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, όπως και τις αναφορές που εντοπίζονται στη βιβλιογραφία, είναι δυνατό να συμπεράνουμε τα εξής:

- Η εφαρμογή 2 ml μπράντι ως προτεινόμενου αντιμικροβιακού παράγοντα της ενεργού συσκευασίας καρπιδίων ροδιού, σε συνδυασμό με τη συντήρηση του προϊόντος σε θερμοκρασία 4°C, δύναται να επεκτείνει την εμπορική διάρκεια ζωής του σε τουλάχιστον 23 ημέρες.
- Η μείωση του ρυθμού αναπνοής των καρπιδίων, η οποία συνδέεται με τα επίπεδα O₂ στη κεφαλή της συσκευασίας, επιτεύχθηκε με την επιλογή αλκοολούχων διαλυμάτων διαφόρων συγκεντρώσεων, αιθανόλης 36% v/v και μπράντι ίδιου αλκοολικού βαθμού, σε θερμοκρασία συντήρησης 4°C. Μάλιστα, η επίδραση του αλκοολούχου διαλύματος καθίσταται εντονότερη με την αύξηση της συγκέντρωσής του.
- Η καθυστέρηση της μικροβιακής αλλοίωσης των καρπιδίων λόγω της επίδρασης των πτητικών αερίων της αιθανόλης και του μπράντι, συγκέντρωσης 36% v/v, εντείνεται όσο η αυξάνει η συγκέντρωση του αντιμικροβιακού παράγοντα.
- Η αποθήκευση του τελικού προϊόντος στην εμπορικά εφαρμοζόμενη θερμοκρασία συντήρησης (4°C) ανέστειλε την ανάπτυξη Ολικής Μεσόφιλης Χλωρίδας (OMX) και αύξησε την εμπορική διάρκεια ζωής του συγκριτικά με αυτές των 10 και 20°C.
- Η επίδραση των πτητικών αερίων του μπράντι στην έκταση των πληθυσμών των OMX, οξυγαλακτικών βακτηρίων (LAB), ζυμών και μυκήτων ήταν περισσότερο αποτελεσματική από αυτή της αιθανόλης, ίδιας συγκέντρωσης και θερμοκρασίας αποθήκευσης.
- Η αύξηση της θερμοκρασίας συντήρησης των καρπιδίων, με ή χωρίς την παρουσία των αλκοολούχων διαλυμάτων εντός της συσκευασίας, προκαλεί ταχύτερη και υψηλότερη ποσοστιαία απώλεια του βάρους των.
- Ομοίως, η υποβάθμιση της τραγανότητας (φρεσκότητας) καθίσταται εντονότερη καθώς η θερμοκρασία αποθήκευσης αυξάνεται από τους 4 στους 20°C κατά τη διάρκεια της συντήρησης.

- Το pH των καρπιδίων δεν επηρεάζεται σημαντικά από την έκλυση των πτητικών αερίων της αιθανόλης και του μπράντι, καθώς και το εύρος των θερμοκρασιών συντήρησης.
- Οι μεταβολές του χρώματος των καρπιδίων ροδιού υπό την επίδραση του μπράντι στους 4°C σχετίζονται με την ενίσχυση του σκούρου ερυθρού χρωματισμού τους.
- Παρόμοια, η χρήση του μπράντι εντός της συσκευασίας δύναται να περιορίσει την όξινη γεύση των καρπιδίων και να προσδώσει το χαρακτηριστικό άρωμά του, το οποίο αναδύεται κατά το άνοιγμα της συσκευασίας.
- Η προτεινόμενη ενεργός συσκευασία εξασφαλίζει τη διανομή του προϊόντος σε απομακρυσμένες εγχώριες ή διεθνείς αγορές από το τόπο προέλευσης.
- Επιπροσθέτως, η διαθεσιμότητα του προϊόντος στους καταναλωτές για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα αυξάνει το οικονομικό όφελος των επιχειρήσεων.
- Η επίδραση των πτητικών αερίων του μπράντι στα καρπίδια ροδιού καθιστά το τελικό προϊόν ως μοναδικό, λόγω της χαρακτηριστικής γεύσης και του αρώματος που τους προσδίδει.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ahvenainen, R., 1996. New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetables. *Trends in Food Science & Technology* June, 7, pp.179–187.
- Akbarpour, V., Hemmati, K. & Sharifani, M., 2009. Physical and Chemical Properties of Pomegranate (*Punica granatum* L.) Fruit in Maturation Stage. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.*, 6(4), pp.411–416.
- Argyri, A., Doulgeraki, A., Blana, V., Panagou, E., Nychas, G-J. E. 2011. Potential of a simple HPLC-based approach for the identification of the spoilage status of minced beef stored at various temperatures and packaging systems. *International journal of food microbiology*, 150(1), pp.25–33.
- Artés, F. & Tomas-Barberan, F.A., 2000. Post-harvest technological treatments of pomegranate and preparation of derived products. In *New food products derived from pomegranate*. pp. 199–204.
- Ayhan, Z. & Eştürk, O., 2009. Overall quality and shelf life of minimally processed and modified atmosphere packaged “ready-to-eat” pomegranate arils. *Journal of food science*, 74(5), pp.C399–405.
- Bai, J., Plotto, A., Spotts, R., & Rattanapanone, N. (2011). Ethanol vapor and saprophytic yeast treatments reduce decay and maintain quality of intact and fresh-cut sweet cherries. *Postharvest Biology and Technology*, 62(2), 204–212.
- Blasco, J., Cubero, S. Gómez-Sanchís, J., Mira, P., Moltó, E. 2009. Development of a machine for the automatic sorting of pomegranate (*Punica granatum*) arils based on computer vision. *Journal of Food Engineering*, 90(1), pp.27–34.
- Boakye, K. & Mittal, G.S., 1996. Changes in colour of beef m. longissimus dorsi muscle during ageing. *Meat science*, 42(3), pp.347–54.
- Brody, A.L., Strupinsky, E.R. & Kline, L.R., 2001. *ACTIVE PACKAGING for FOOD APPLICATIONS*, CRC PRESS.
- Büning-Pfaue, H., 2003. Analysis of water in food by near infrared spectroscopy. *Food Chemistry*, 82(1), pp.107–115.
- Caleb, O.J., Opara, U.L. & Witthuhn, C.R., 2011. Modified Atmosphere Packaging of Pomegranate Fruit and Arils: A Review. *Food and Bioprocess Technology*, 5(1), pp.15–30.

- Caleb, O.J., Mahajan, P.V., Opara, U.L., Witthuhn, C.R. 2012. Modeling the effect of time and temperature on respiration rate of pomegranate arils (cv. “Acco” and “Herskawitz”). *Journal of food science*, 77(4), pp.E80–7.
- Caleb, O.J., Opara, U.L., Mahajan, P.V., Manley, M., Mokwena, L., Tredoux, A.G.J., 2013. Effect of modified atmosphere packaging and storage temperature on volatile composition and postharvest life of minimally-processed pomegranate arils (cvs. “Acco” and “Herskawitz”). *Postharvest Biology and Technology*, 79, pp.54–61.
- Carlin, F. & Nguyen, C., 1997. Control of spoilage and pathogenic microorganisms in minimally processed and mildly heat-processed vegetables. In *Joint Workshop, COST 914/915- Non Conventional Methods for the Control of Postharvest Disease and Microbiological Spoilage*. pp. 1–6.
- Carvalho, D.N., 2006. *Forty Centuries of Ink*, DODO Press.
- Cen, H. & He, Y., 2007. Theory and application of near infrared reflectance spectroscopy in determination of food quality. *Trends in Food Science & Technology*, 18(2), pp.72–83.
- Citrogold Ltd., 2010. Producing Pomegranates in South Africa. , pp.1–3.
- Coma, V., 2008. Bioactive packaging technologies for extended shelf life of meat-based products. *Meat science*, 78(1-2), pp.90–103.
- Commission, E., 2009. *EC No 450/2009 on active and intelligent materials and articles intended to come into contact with food*,
- Commission, E., 2011. *EU Guidance to the Commission Regulation (EC) No 450 / 2009 of 29 May 2009 on active and intelligent materials and articles intended to come into contact with food* ., EU.
- Crites, A.M., Clark, N., Extension, C., Robison, G.D., Mills, L., Crops, N. 2005. Growing Pomegranates in Southern Nevada. *University of Nevada*, pp.1–4.
- Dainelli, D., Gontard, N., Spyropoulos, D., Zondervan-van den Beuken, E., Tobback, P., 2008. Active and intelligent food packaging: legal aspects and safety concerns. *Trends in Food Science & Technology*, 19(2008), pp.S103–S112.
- Day, B.P.F., 2001. Active packaging. In *FOOD PACKAGING TECHNOLOGY*. pp. 282–300.
- Day, B.P.F., 2008. Smart Packaging Technologies for Fast Moving Consumer Goods. In J. Kerry & P. Butle, eds. *Smart Packaging Technologies for Fast Moving Consumer Goods*. JohnWiley & Sons, Ltd, pp. 1–18.

- De Jong, A.R., Boumans, H., Slaghek, T., Van Veen, J., Rijk, R., Van Zandvoort, M., 2005. Active and intelligent packaging for food: is it the future? *Food additives and contaminants*, 22(10), pp.975–9.
- Del Nobile, M., Licciardello, F., Scrocco, C., Muratore, G., Zappa, M. 2007. Design of plastic packages for minimally processed fruits. *Journal of Food Engineering*, 79(1), pp.217–224.
- Dissing, B.S. Nielsen, M.E., Ersbøll, B.K., Frosch, S., 2011. Multispectral imaging for determination of astaxanthin concentration in salmonids. *PloS one*, 6(5), p.e19032.
- Elyatem, S.M. & Kader, A.A., 1984. POST-HARVEST PHYSIOLOGY AND STORAGE BEHAVIOUR OF POMEGRANATE FRUITS. *Scientia Horticulturae*, 24, pp.287–298.
- Emamifar, A., 2011. Applications of Antimicrobial Polymer Nanocomposites in Food Packaging. In A. Hashim, ed. *Advances in Nanocomposite Technology*. InTech, pp. 299–318.
- Ercolini, D., Ferrocino, I., Nasi, A., Ndagijimana, M., Vernocchi, P., La Stora, A., Laghi, L., Mauriello, G., Guerzoni, M.E., Villani, F. 2011. Monitoring of microbial metabolites and bacterial diversity in beef stored under different packaging conditions. *Applied and environmental microbiology*, 77(20), pp.7372–81.
- Erdogrul, Ö. & Şener, H., 2005. The contamination of various fruit and vegetable with *Enterobius vermicularis*, *Ascaris* eggs, *Entamoeba histolyca* cysts and *Giardia* cysts. *Food Control*, 16(6), pp.557–560.
- Ergun, M. & Ergun, N., 2009. Maintaining quality of minimally processed pomegranate arils by honey treatments. *British Food Journal*, 111(4), pp.396–406.
- Fadavi, A., Barzegar, M. & Hossein Azizi, M., 2006. Determination of fatty acids and total lipid content in oilseed of 25 pomegranates varieties grown in Iran. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19(6-7), pp.676–680.
- FAO/WHO, 2009. *Project document for a regional standard for Pomegranate*, Tunisia.
- Fawole, O.A. & Opara, U.L., 2013. Effects of maturity status on biochemical content, polyphenol composition and antioxidant capacity of pomegranate fruit arils (cv. “Bhagwa”). *South African Journal of Botany*, 85, pp.23–31.
- Fischer, U., Carle, R. & Kammerer, D.R., 2011. Identification and quantification of phenolic compounds from pomegranate (*Punica granatum* L.) peel, mesocarp, aril and differently produced juices by HPLC-DAD-ESI/MS (n). *Food chemistry*, 127(2), pp.807–21.

- Ghasemnezhad, M., Zareh, S., Rassa, M., Sajedi, R.H., 2013. Effect of chitosan coating on maintenance of aril quality, microbial population and PPO activity of pomegranate (*Punica granatum* L. cv. Tarom) at cold storage temperature. *Journal of the science of food and agriculture*, 93(2), pp.368–74.
- Gil, M.I., Martinez, J.A. & Artes, F., 1996. Minimally Processed Pomegranate Seeds. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.*, 29(8), pp.708–713.
- Gómez-López, V.M., Rajkovic, A., Ragaert, P., Smigic, N., Devlieghere, F. 2009. Chlorine dioxide for minimally processed produce preservation: a review. *Trends in Food Science & Technology*, 20(1), pp.17–26.
- Han, J.H., 2000. Antimicrobial Food Packaging. *FOODTECHNOLOGY*, 54(3), pp.56–65.
- Hernández-Muñoz, P., Almenar, E., Ocio, M.J., Gavara, R. 2006. Effect of calcium dips and chitosan coatings on postharvest life of strawberries (*Fragaria x ananassa*). *Postharvest Biology and Technology*, 39(3), pp.247–253.
- Holland, D., Hatib, K. & Bar-ya'akov, I., 2009. Pomegranate: Botany, Horticulture, Breeding. *Horticultural Reviews*, 35, pp.127–192.
- Jalikop, S.H., 2010. Pomegranate Breeding. In *Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology*. pp. 1–9.
- Jurenka, J.S., 2008. Therapeutic applications of pomegranate (*Punica granatum* L.): a review. *Alternative medicine review : a journal of clinical therapeutic*, 13(2), pp.128–44.
- Kapetanakou, A.E., Manios, S.G. & Skandamis, P.N., 2013. Application of Edible Films and Coatings in Foods. In I. S. Boziaris, ed. *Food Microbiology. Novel Processing and Microbial Assessment Techniques (In press)*. CRC Press/ Taylor & Francis Group, pp. 1–52.
- Kulkarni, a, Aradhya, S. & Divakar, S., 2004. Isolation and identification of a radical scavenging antioxidant – punicalagin from pith and carpellary membrane of pomegranate fruit. *Food Chemistry*, 87(4), pp.551–557.
- Lanciotti, R., Gianotti, A., Patrignani, F., Belletti, N., Guerzoni, M.E., Gardini, F., 2004. Use of natural aroma compounds to improve shelf-life and safety of minimally processed fruits. *Trends in Food Science & Technology*, 15(3-4), pp.201–208.
- Lansky, E., Neeman, I. & Shubert, S., 2000. Pharmacological and therapeutic properties of pomegranate. In *Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens*. pp. 231–235.

- Løkke, M.M., Seefeldt, H.F., Skov, T., Edelenbos, M. 2013. Color and textural quality of packaged wild rocket measured by multispectral imaging. *Postharvest Biology and Technology*, 75, pp.86–95.
- López-Rubira, V., Conesa, A., Allende, A., Artés, F., 2005. Shelf life and overall quality of minimally processed pomegranate arils modified atmosphere packaged and treated with UV-C. *Postharvest Biology and Technology*, 37(2), pp.174–185.
- Lunadei, L., Diezma, B., Lleó, L., Ruiz-garcia, L., Cantalapiedra, S., Ruiz-altisent, M. 2012. Postharvest Biology and Technology Monitoring of fresh-cut spinach leaves through a multispectral vision system. *Postharvest Biology and Technology*, 63(1), pp.74–84.
- Maghoumi, M., Gómez, P., Artés-Hernández, F. Mostofi, Y. Zamani, Z., Artés, F. 2013. Hot water, UV-C and superatmospheric oxygen packaging as hurdle techniques for maintaining overall quality of fresh-cut pomegranate arils. *Journal of the science of food and agriculture*, 93(5), pp.1162–8.
- Mars, M., 2000. Pomegranate plant material: Genetic resources and breeding, a review. In *Options Méditerranéennes. Serie A: Séminaires Méditerranéens*. pp. 55–62.
- Martínez-Romero, D. et al., 2013. Aloe vera gel coating maintains quality and safety of ready-to-eat pomegranate arils. *Postharvest Biology and Technology*, 86, pp.107–112.
- Mccutcheon, A., Udani, J. & Brown, D.J., 2008. *Scientific and clinical monograph for Pom WONDERFUL - POMEGRANATE JUICE*. American Botanical Council.
- McKellar, R.C., Odumeru, J. Zhou, T., Harrison, A., Mercer, D.G., Young, J.C., Lu, X., Boulter, J., Piyasena, P., Karr, S. 2004. Influence of a commercial warm chlorinated water treatment and packaging on the shelf-life of ready-to-use lettuce. *Food Research International*, 37(4), pp.343–354.
- Mehyar, G.F. & Han, J.H., 2011. Active Packaging for Fresh-Cut Fruits and Vegetables. In *Modified Atmosphere Packaging for Fresh-Cut Fruits and Vegetables*. pp. 267–284.
- Mercure, E.W. & Stover, E., 2007. The Pomegranate : A New Look at the Fruit of Paradise. *HORTSCIENCE VOL.*, 42(5), pp.1088–1092.
- Miguel, M.G., Neves, M.A. & Antunes, M.D., 2010. Pomegranate (*Punica granatum L.*): A medicinal plant with myriad biological properties - A short review. *Journal of Medicinal Plants Research*, 4(25), pp.2836–2847.
- Mirdehghan, S.H., Rahemi, M., Serrano, M., Guillén, F., Martínez-Romero, D., Valero, D. 2006. Prestorage heat treatment to maintain nutritive and functional properties

during postharvest cold storage of pomegranate. *Journal of agricultural and food chemistry*, 54(22), pp.8495–500.

Morton, J., 1987. Pomegranate. In *Fruits of warm climates*. pp. 352–355. Available at: <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/morton/pomegranate.html#Cultivars>.

Mothana, R. & Lindequist, U., 2005. Antimicrobial activity of some medicinal plants of the island Soqotra. *Journal of ethnopharmacology*, 96(1-2), pp.177–81.

Munoz, J.A., 2000. Harvest, manipulation and commercialisation systems of pomegranate (*Punica granatum L.*). In *Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens*. pp. 37–39.

Nicolaï, B.M., Beullens, K., Bobelyn, E., Peirs, A., Saeys, W., Theron, K.I., Lammertyn, J. 2007. Nondestructive measurement of fruit and vegetable quality by means of NIR spectroscopy: A review. *Postharvest Biology and Technology*, 46(2), pp.99–118.

Nychas, G.-J.E., Skandamis, P.N., Tassou, C.C., Koutsoumanis, K.P. 2008. Meat spoilage during distribution. *Meat science*, 78(1-2), pp.77–89.

Oz, A.T. & Ulukanli, Z., 2012. Application of Edible Starch-Based Coating Including Glycerol Plus Oleum Nigella on Arils From Long-Stored Whole Pomegranate Fruits. *Journal of Food Processing and Preservation*, 36(1), pp.81–95. Patterson, C.A., 2008. Packaging Technology. *Technology Watch*, 4(1), pp.1–11.

Patterson, C.A., 2008. Packaging Technology. *Technology Watch*, 4(1), pp.1–11.

Ragaert, P., Verbeke, W., Devlieghere, F., Debevere, J. 2004. Consumer perception and choice of minimally processed vegetables and packaged fruits. *Food Quality and Preference*, 15(3), pp.259–270.

Ramos, B., Miller, F.a., Brandão, T.R.S., Teixeira, P., Silva, C.L.M. 2013. Fresh fruits and vegetables - An overview on applied methodologies to improve its quality and safety (In Press). *Innovative Food Science & Emerging Technologies*.

Restuccia, D., Spizzirri, U.G., Parisi, O.I., Cirillo, G., Curcio, M., Iemma, F., Puoci, F., Vinci, G., Picci, N. 2010. New EU regulation aspects and global market of active and intelligent packaging for food industry applications. *Food Control*, 21(11), pp.1425–1435.

Rhizopoulou, S., 2004. Symbolic plant(s) of the Olympic Games. *Journal of experimental botany*, 55(403), pp.1601–6.

Rijk, R. & Rob, V., 2010. *Global Legislation for Food Packaging Materials*, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co.

- Saeideh Ebrahimi, Badraddin Ebrahim Sayed-Tabatabaei*, B.S., 2010. Microsatellite isolation and characterization in pomegranate (*Punica granatum* L.). *IRANIAN JOURNAL of BIOTECHNOLOGY*, 8(3), pp.1–8.
- Sandhya. (2010). Modified atmosphere packaging of fresh produce: Current status and future needs. *LWT - Food Science and Technology*, 43(3), 381–392.
- Sayyari, M., Valero, D., Babalar, M., Kalantari, S., Zapata, P.J., Serrano, M. 2010. Prestorage oxalic acid treatment maintained visual quality, bioactive compounds, and antioxidant potential of pomegranate after long-term storage at 2 degrees C. *Journal of agricultural and food chemistry*, 58(11), pp.6804–8.
- Selcuk, Y., 2010. Active Packaging Antimicrobial Films for Food Packaging. , pp.1–22.
- Sentandreu, E., Cerdán-Calero, M. & Sendra, J.M., 2013. Phenolic profile characterization of pomegranate (*Punica granatum*) juice by high-performance liquid chromatography with diode array detection coupled to an electrospray ion trap mass analyzer. *Journal of Food Composition and Analysis*, 30(1), pp.32–40.
- Sepulveda, E. Sepulveda, E., Galletti, L., Saenz, C., Tapia, M. 2000. Minimal processing of pomegranate var. Wonderful. In *Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens*. pp. 237–242.
- Sheets, M.D. & Bois, M.L. Du, 1994. The Pomegranate. , (April), pp.1–2.
- Skandamis, P.N. & Nychas, G.-J.E., 2002. Preservation of fresh meat with active and modified atmosphere packaging conditions. *International journal of food microbiology*, 79(1-2), pp.35–45.
- Suárez-Jacobo, A., Gervilla, R., Guamis, B., Roig-Sagués, a X., Saldo, J. 2010. Effect of UHPH on indigenous microbiota of apple juice: a preliminary study of microbial shelf-life. *International journal of food microbiology*, 136(3), pp.261–7.
- Suppakul, P., Miltz, J., Sonneveld, K., Bigger, S.W. 2003. Active Packaging Technologies with an Emphasis on Antimicrobial Packaging and its Applications. *Concise Reviews and Hypotheses in Food Science Active*, 68(2), pp.408–420.
- Suzuki, Y., Kimura, T., Takahashi, D., & Terai, H. (2005). Ultrastructural evidence for the inhibition of chloroplast-to-chromoplast conversion in broccoli floret sepals by ethanol vapor. *Postharvest Biology and Technology*, 35(3), 237–243.
- Tang, X., Sun, X., Wu, V.C.H., Xie, J., Pan, Y., Zhao, Y., Malakar, P.K. 2013. Predicting shelf-life of chilled pork sold in China. *Food Control*, 32(1), pp.334–340.

- Teixeira da Silva, J. a., Rana, T.S., Narzary, D., Verma, N., Meshram, D.T., Ranade, S. a. 2013. Pomegranate biology and biotechnology: A review. *Scientia Horticulturae*, 160, pp.85–107.
- The Freedonia Group, 2009. *Active & Intelligent Packaging*,
- The Freedonia Group, 2011. *Active & Intelligent Packaging to 2015*,
- Toivonen, P.M. a. & Brummell, D. a., 2008. Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, 48(1), pp.1–14.
- Varela-Santos, E., Ochoa-Martinez, A., Tabilo-Munizaga, G., Reyes, J.E., Pérez-Won, M., Briones-Labarca, V., Morales-Castro, J. 2012. Effect of high hydrostatic pressure (HHP) processing on physicochemical properties, bioactive compounds and shelf-life of pomegranate juice. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 13, pp.13–22.
- Vermeiren, L., Devlieghere, F., van Beest, M., de Kruijf, N., Debevere, J. 1999. Developments in the active packaging of foods. *Trends in Food Science & Technology*, 10(3), pp.77–86.
- Viuda-Martos, M., Fernández-López, J. & Pérez-Álvarez, J. a., 2010. Pomegranate and its Many Functional Components as Related to Human Health: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9(6), pp.635–654.
- Viuda-Martos, M., Fernández-López, J. & Pérez-Álvarez, J. a., 2010. Pomegranate and its Many Functional Components as Related to Human Health: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9(6), pp.635–654.
- Zsolt, K., Ilie-Zudor, E., Szathmári, M., Igaz, J. 2010. ACTIVE AND INTELLIGENT PACKAGING TECHNIQUES IN FOOD PRODUCTION CHAINS. In *MANUFACTURING 2010*. Budapest, pp. 1–6.
- Βέμμος, Στραύρος, 2013. Ροδιά Η καλλιέργεια στην Ελλάδα – Προοπτικές και πιθανά προβλήματα. In *Σύγχρονες Επιχειρηματικές δυνατότητες στον αγροτικό τομέα*. pp. 1–54.
- Δρογούδη Παυλίνα, 2009. Ροδιά, ο “κόκκινος χρυσός” της διατροφικής αξίας - μία εναλλακτική καλλιέργεια για την ελληνική ύπαιθρο. , pp.4–6.
- Δρογούδη Π., Βασιλακάκης Μ., Θωμίδης Θ., Ναβροζίδης Εμ., Παντελίδης Γ., 2012. Εγχειρίδιο για την καλλιέργεια της ροδιάς. , pp.1–32.
- Ίδρυμα Τεχνολογίας και Έρευνας, 2012. *Τεχνολογία και Καινοτομία- Τεχνολογίες Τροφίμων*,

- Στυλιανίδης, Δ, Σιμώνης, Α & Σωτηρόπουλος, Θ, Μ. Κουκουρικού-Πετρίδου, 2009. Το δένδρο της ροδιάς. *Γεωργία - Κτηνοτροφία*, 3, pp.30–34.
- Τζουραμάνη, Ε., Λιοντάκης, Αγ., Σιντόρη, Αλ., Ναβρούζογλου, Π., Παπαευθυμίου, Μ., Καρανικόλας, Π., Αλεξόπουλος, Γ. 2008. Ροδιά. , pp.1–6.
- Ποντίκης, Κ. (1996). Ειδική Δενδροκομία – Ακρόδρυα, Πυρηνόκαρπα και Λοιπά Καρποφόρα. Εκδ. Σταμούλης, Αθήνα. Σελ. 433-438.
- Γάτσιος, Κ. (2010). Η Ροδιά (Καλλιέργεια-Χρήσεις-Φαρμακευτικές ιδιότητες). Εκδόσεις Αγροτύπος, Αθήνα. Σελ. 20-85.