

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΝΙΚΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΣΥΛΛΕΚΤΙΚΗΣ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑΣ ΦΡΟΥΤΩΝ-ΛΑΧΑΝΙΚΩΝ
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΤΡΟΦΙΜΑ, ΔΙΑΤΡΟΦΗ ΚΑΙ ΥΓΕΙΑ

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Διερεύνηση της χρήσης εκχυλισμάτων περικαρπίου κελυφωτών φιστικιών (*Pistacia vera* L.) ως συστατικό εδώδιμων επικαλύψεων για τη μετασυλλεκτική διαχείριση ελάχιστα μεταποιημένου μαρουλιού



Γερασιμούλα Γ. Αντωνοπούλου

Επιβλέπων καθηγητής:
Χρήστος Παππάς, Αναπληρωτής Καθηγητής ΓΠΑ

ΑΘΗΝΑ
2021

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΝΙΚΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΣΥΛΛΕΚΤΙΚΗΣ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑΣ ΦΡΟΥΤΩΝ-ΛΑΧΑΝΙΚΩΝ
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Διερεύνηση της χρήσης εκχυλισμάτων περικαρπίου κελυφωτών φιστικιών
(*Pistacia vera* L.) ως συστατικό εδώδιμων επικαλύψεων
για τη μετασυλλεκτική διαχείριση ελάχιστα μεταποιημένου μαρουλιού

“Investigation of the use of pistacia hull extracts (*Pistacia vera* L.)
as a component of edible coatings for post-harvest management
of minimally processed lettuce”

Γερασιμούλα Γ. Αντωνοπούλου

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

Χρήστος Παππάς, Αναπληρωτής Καθηγητής ΓΠΑ (επιβλέπων)

Πέτρος Ταραντίλης, Καθηγητής ΓΠΑ

Μιλτιάδης Χριστόπουλος, Εντεταλμένος ερευνητής ΕΛΓΟ-ΔΗΜΗΤΡΑ

Διερεύνηση της χρήσης εκχυλισμάτων περικαρπίου κελυφωτών φιστικιών (*Pistacia vera* L.) ως συστατικό εδώδιμων επικαλύψεων για τη μετασυλλεκτική διαχείριση ελάχιστα μεταποιημένου μαρουλιού

ΠΜΣ Τρόφιμα, Διατροφή και Υγεία

Τμήμα Επιστήμης Τροφίμων και Διατροφής του Ανθρώπου

Εργαστήριο Γενικής Χημείας ΓΠΑ

Εργαστήριο Μετασυλλεκτικής Φυσιολογίας Φρούτων-Λαχανικών ΙΤΑΠ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα μεταπτυχιακή ερευνητική εργασία είχε ως αντικείμενο τη διερεύνηση της χρήσης εκχυλισμάτων περικαρπίου κελυφωτού φιστικιού (*Pistacia vera* L.) διαφορετικών συγκεντρώσεων ως συστατικά σε εδώδιμες επικαλύψεις για τη μετασυλλεκτική διαχείριση ελάχιστα μεταποιημένου μαρουλιού.

Αρχικά πραγματοποιήθηκε χαρακτηρισμός του εκχυλίσματος περικαρπίου φιστικιού (Pistachio Hull Extract, PHE) με τη χρήση της Φασματοσκοπίας IR με την τεχνική της ATR και της Φασματοσκοπίας Raman, όπου τα φάσματα έδειξαν ότι το συγκεκριμένο φυτικό υλικό είναι πλούσιο σε πολυσακχαρίτες και φαινολικές ουσίες.

Σε δευτερεύοντα χρόνο πραγματοποιήθηκαν προκαταρκτικά πειράματα ως προς την εύρεση κατάλληλων συγκεντρώσεων συστατικών για την παρασκευή των εδώδιμων επικαλύψεων σε ελαφρώς μεταποιημένα φύλλα μαρουλιού. Οι πιο κατάλληλες συγκεντρώσεις των συστατικών αναδείχθηκαν: AL (sodium alginate, διάλυμα αλγινικού νατρίου) 0,5% m/v, GL (γλυκερίνη) 5% m/v, CaCl₂ (διάλυμα χλωριούχου ασβεστίου) 5% m/v και PHE (λυοφιλιωμένου) 1% m/v και 2% m/v. Στη μελέτη, συμπεριλήφθηκαν 3 πειράματα (Trials) στα οποία χρησιμοποιούνταν οι παραπάνω συγκεντρώσεις των συστατικών, αλλά με διαφορετική μεθοδολογία κάθε φορά. Στο Trial 1 χρησιμοποιήθηκε 1 διάλυμα για την παρασκευή της εδώδιμης επικάλυψης, στο Trial 2, 2 διαλύματα [(AL με GL) και (PHE με CaCl₂)] και στο Trial 3, 3 διαλύματα [(AL με GL), (PHE) και (CaCl₂)]. Έπειτα από κάθε Trial, τα δείγματα των μεταποιημένων φύλλων μαρουλιού κλείστηκαν σε διάτρητες σακούλες (perforated bags) και αποθηκεύθηκαν σε συνθήκες 4°C και 90% RH για διάστημα 9 ή 10 ημερών. Κάθε πείραμα σχεδιάστηκε με το εντελώς τυχαιοποιημένο σχέδιο.

Εξετάστηκε η επίδραση δύο παραγόντων στα χαρακτηριστικά των κομμένων φύλλων μαρουλιού κατά τη συντήρησή τους: ο χρόνος συντήρησης και οι επεμβάσεις (εφαρμογές εδώδιμων επικαλύψεων). Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά που μελετήθηκαν ήταν η απώλεια μάζας, οι παράμετροι L*, h⁰ και C* του χρώματος και η υφή. Επίσης, έπειτα από λυοφιλίωση, μελετήθηκαν η χλωροφύλλη α, χλωροφύλλη β και ολικές χλωροφύλλες, τα ολικά φαινολικά (TP) και η ολική αντιοξειδωτική δράση (TAC) εκτιμώμενη με τις δοκιμές DPPH και ABTS. Κάθε ποιοτικός χαρακτήρας μετρήθηκε έπειτα από 0, 2, 4, 7 και 9 ημέρες (Trial 1) και 0,3,5,7 και 10 ημέρες (Trial 2 και Trial 3) συντήρησης στις προαναφερθείσες συνθήκες.

Από τα αποτελέσματα προέκυψε ότι σε όλα τα Trials, υπήρξε αύξηση της απώλειας μάζας όμως οι επεμβάσεις με εδώδιμες επικαλύψεις σύμφωνα με τη μεθοδολογία του Trial 3 την παρεμπόδισαν τις day 7 και day 10.

Όσον αφορά το ολικό χρώμα του άνω φύλλου, η χρήση εδώδιμων επικαλύψεων με PHE σε όλα τα Trials, δε συνεισέφερε ουσιαστικά στην διατήρηση του χρώματος, σε σχέση με το μάρτυρα. Στο ολικό χρώμα του κάτω φύλλου, η χρήση του AL με τη μεθοδολογία του Trial 3 βελτίωσε τα αποτελέσματα. Ακόμη, η χρήση εδώδιμων επικαλύψεων με ή χωρίς PHE είχε πιο ευεργετική δράση με τη μεθοδολογία του Trial 2, ενώ για το Trial 1 και Trial 3, τα καλύτερα αποτελέσματα σημείωσε το AL, αλλά χρειάζεται περαιτέρω διερεύνηση.

Με τη μεθοδολογία του Trial 2 και του Trial 3 παρατηρήθηκε διατήρηση της υφής του φύλλου και του νεύρου με το μάρτυρα και το AL-2%.

Σε όλα τα Trials, οι επεμβάσεις με τη χρήση εδώδιμων επικαλύψεων οδήγησαν στη γρηγορότερη αποικοδόμηση της χλωροφύλλης α, χλωροφύλλης β και ολικών χλωροφυλλών ακόμα και αν υπήρξε βαθμιαία πτώση των ολικών τιμών σε όλα τα πειράματα.

Σε σχέση με τα ολικά φαινολικά (TP), η χρήση του AL-2% με τη μεθοδολογία του Trial 1 φαίνεται πιο αποτελεσματική σε σύγκριση με εκείνης του Trial 2.

Στην εκτίμηση της TAC, στη δοκιμή DPPH και της αντίστοιχης παρεμποδιστικής δράσης, η χρήση του AL σύμφωνα με τη μεθοδολογία του Trial 1 παρουσίασε θετικά αποτελέσματα από την day 2 του πειράματος, ενώ πιο αποτελεσματική ήταν η χρήση του AL-1% και AL-2% με το Trial 2. Κατά τη σύγκριση των αποτελεσμάτων των δύο δοκιμών, DPPH και ABTS, διαπιστώθηκε ότι τα αποτελέσματα της δεύτερης ήταν όλα αυξημένα κατά 0,5 mmol Trolox 100 g⁻¹ DW και μέχρι και 60% στην παρεμποδιστική δράση. Με τη δοκιμή ABTS, τα καλύτερα αποτελέσματα έδωσαν ο μάρτυρας και το AL-2% με το Trial 2, ενώ μόνο ο μάρτυρας με το Trial 3.

Επομένως, ως γενικότερο συμπέρασμα εξάχθηκε ότι ανάλογα με τη μεθοδολογία του Trial και τη συγκέντρωση PHE ως συστατικό σε εδώδιμη επικάλυψη, μπορεί να έχει θετικά αποτελέσματα σε ποιοτικά χαρακτηριστικά με βάση τη θρεπτική αξία ως προς τη μετασυλλεκτική διαχείριση ελαφρώς μεταποιημένου μαρουλιού.

Επιστημονική περιοχή: Μετασυλλεκτική διαχείριση

Λέξεις κλειδιά: *Pistacia vera* L. • Περικάρπιο κελυφωτού φιστικιού • Εδώδιμες επικαλύψεις • FT-IR • Raman • Χρώμα • Υφή • Χλωροφύλλες • Ολικά φαινολικά • Ολική Αντιοξειδωτική Ικανότητα

Investigation of the use of pistacia hull extracts (*Pistacia vera* L.) as a component of edible coatings for post-harvest management of minimally processed lettuce

MSc Food, Nutrition and Health

Department of Food Science and Human Nutrition

Laboratory of General Chemistry AUA

Laboratory Of Postharvest Physiology Of Fresh Fruits And Vegetables ITAP

ABSTRACT

The aim of the present dissertation was to investigate the use of pistachio hull extract (*Pistacia vera* L.) extracts of different concentrations as ingredients in edible coatings for the post-harvest management of minimally processed lettuce.

Pistachio hull extract (PHE) was first characterized using IR Spectroscopy, using ATR, and Raman Spectroscopy, where the spectra showed that the plant material was rich in polysaccharides and phenolic substances.

At a secondary time, preliminary experiments were performed to find suitable concentrations of ingredients for the preparation of edible coatings on lightly processed lettuce leaves. The most suitable concentrations of the components were: AL (Sodium alginate) 0, 5% m/v, GL (Glycerin) 5% m/v, CaCl₂ 5% m/v and PHE (lyophilized) 1% m/v and 2% m/v. In the study, 3 Trials were included in which the above concentrations of ingredients were used, but with a different methodology each time. In Trial 1, 1 solution was used to prepare the edible coating, in Trial 2, 2 solutions [(AL with GL) and (PHE with CaCl₂)] and in Trial 3, 3 solutions [(AL with GL), (PHE) and (CaCl₂)]. After each Trial, the samples of processed lettuce leaves were sealed in perforated bags and stored at 4°C and 90% RH for 9 or 10 days. Each experiment was designed with a completely randomized design.

The effect of two factors on the characteristics of cut lettuce leaves during their maintenance was examined: storage time and applications (edible coatings applications). The quality characteristics studied were: weight loss, L *, h⁰ and C * color parameters and texture. Also, after lyophilization, chlorophyll α, chlorophyll β and total chlorophylls, total phenolics (TP) and total antioxidant activity (TAC), assessed by DPPH and ABTS, were studied. Each quality character was measured after 0, 2, 4, 7 and 9 days (Trial 1) and 0, 3, 5, 7 and 10 days (Trial 2 and Trial 3) storage under the above conditions.

The results showed that in all Trials, there was an increase in weight loss but the applications with edible coatings according to the methodology of Trial 3 prevented it on day 7 and day 10.

Regarding the overall color of the upper leaf, the use of PHE edible coatings in all Trials did not contribute substantially to color retention, relative to the control. In the overall color of the down leaf, the use of AL with the Trial 3 methodology improved the results. Also, the use of edible coatings with or without PHE had a more beneficial effect with the methodology of Trial 2, while for Trial 1 and Trial 3, the best results were noted by AL, but further investigation is needed.

With the methodology of Trial 2 and Trial 3, preservation of leaf and nerve texture was observed with the control and AL-2%.

In all Trials, applications using edible coatings led to faster degradation of chlorophyll α, chlorophyll β and total chlorophyll even if there was a gradual drop in total values in all experiments.

In relation to total phenolics (TP), the use of AL-2% with the Trial 1 methodology seems to be more effective compared to that of Trial 2.

In the assessment of TAC, in the DPPH test and the corresponding inhibitory effect, the use of AL according to the methodology of Trial 1 showed positive results from day 2 of the experiment, while the use of AL-1% and AL-2 was more effective with Trial 2. When comparing the results of the two tests, DPPH and ABTS, it was found that the results of the latter were all increased by 0,5 mmol Trolox 100 g⁻¹ DW and up to 60% in the inhibitory action. With the ABTS test, the best results were given by the control and AL-2% with Trial 2, while only the control with Trial 3.

Therefore, as a general conclusion, it was concluded that depending on the Trial methodology and the concentration of PHE as an ingredient in edible coatings, it can have positive effects on quality characteristics based on nutritional value in terms of post-harvest management of slightly processed lettuce.

Scientific area: Post-harvest management

Key words: *Pistacia vera* L. • Pistachio Hull Extract • Edible coatings • FT-IR • Raman • Chroma • Texture • Chlorophylls • Total Phenolics • Total Antioxidant Activity

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Αναπληρωτή Καθηγητή του Εργαστηρίου Γενικής Χημείας, κύριο Χρήστο Παππά και επιβλέποντα της μεταπτυχιακής ερευνητικής μου μελέτης, για την συνεχή επιστημονική καθοδήγηση και επίβλεψη κατά την εκπόνηση και συγγραφή αυτής, καθώς και για την υποστήριξη που προσέφερε καθόλη η διάρκεια των μεταπτυχιακών μου σπουδών.

Επίσης, ευχαριστώ τον Καθηγητή του Εργαστηρίου Γενικής Χημείας κύριο Πέτρο Ταραντίλη, για τη συμμετοχή του στην τριμελή εξεταστική επιτροπή της μεταπτυχιακής ερευνητικής μου μελέτης καθώς και στην επιστημονική καθοδήγηση και επίβλεψη στις μεταπτυχιακές μου σπουδές.

Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Εντεταλμένο Ερευνητή του Ινστιτούτου Τεχνολογίας Αγροτικών Προϊόντων (ΙΤΑΠ) του ΕΛΓΟ-Δήμητρα Μιλτιάδη Χριστόπουλο, για τη συμμετοχή του στην τριμελή εξεταστική επιτροπή της εργασίας μου, αλλά πάνω από όλα για την πολύτιμη βοήθεια και τη συνεχή επίβλεψη, υποστήριξη και ενθάρρυνση σε κάθε στάδιο αυτής της εργασίας.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω την Καθηγήτρια Βιολέτα Κωνσταντίνου-Κόκοτου Διευθύντρια του Εργαστηρίου Γενικής Χημείας για την παραχώρηση του διαλύτη DMSO για την μέτρηση των χλωροφυλλών των φύλλων μαρουλιού του πειράματος, χωρίς τον οποίο θα ήταν αδύνατη η μέτρηση των χλωροφυλλών των δειγμάτων.

Επίσης ευχαριστώ την υποψήφια Διδάκτορα Λυδία Βαλάση για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση που προσέφερε σχετικά με την επιστημονική επίβλεψη του πειραματικού μέρους της εργασίας και γενικότερα για την μεταξύ μας συνεργασία.

Επιπρόσθετα, δεδομένου ότι το μεγαλύτερο μέρος της εργασίας μου πραγματοποιήθηκε στο ΙΤΑΠ, θα ήθελα να ευχαριστήσω το σύνολο του επιστημονικού προσωπικού για την παραχώρηση εργαστηριακού εξοπλισμού, καθώς και την συνεχή βοήθεια και υποστήριξη κάθε φορά που τη χρειαζόμουν. Επίσης ευχαριστώ και το προσωπικό του εργαστηρίου Γενικής Χημείας για την παραχώρηση του εργαστηριακού εξοπλισμού.

Επιπλέον εκφράζω τις ευχαριστίες μου στη συμφοιτήτρια μου Ευαγγελία Ζαφείρη για την προσφορά της πρώτης ύλης (του περικαρπίου κελυφωτού φιστικιού) χωρίς την οποία θα ήταν αδύνατη η πραγματοποίηση της μελέτης.

Τέλος, ευχαριστώ την οικογένεια μου και τους δικούς μου ανθρώπους για όλη την συμπαράσταση και ψυχολογική υποστήριξη που μου προσέφερε για την πραγμάτωση της εργασίας μου.

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία έχει διασταυρωθεί από λογισμικό ανίχνευσης λογοκλοπής, με τη συναίνεση και την έγκριση της συγγραφέως, που διαθέτει το Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	i
ABSTRACT	iii
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	v
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	ix
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	xii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	xiii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΜΒΟΛΩΝ	xiv
A. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1. Εδώδιμες μεμβράνες και εδώδιμες επικαλύψεις.....	1
1.1. Συστατικά εδώδιμων μεμβρανών και επικαλύψεων.....	2
1.1.1. Κύρια συστατικά.....	2
1.1.2. Εναλλακτικά συστατικά.....	4
1.1.3. Συνδετικοί παράγοντες	4
1.1.4. Πλαστικοποιητές.....	4
1.1.5. Πρόσθετα συστατικά	5
1.2. Χρήση εδώδιμων μεμβρανών και επικαλύψεων στη βιομηχανία τροφίμων	6
1.2.1. Χρήσεις στη συντήρηση τροφίμων πλην λαχανικών	6
1.2.2. Χρήσεις σε φρούτα και λαχανικά	6
2. Η Φιστικιά.....	8
2.1. Ιστορικά στοιχεία και παραγωγή της φιστικιάς στην Ελλάδα και διεθνώς	8
2.2. Βοτανική ταξινόμηση – Μορφολογία – Βιολογία Φιστικιάς.....	9
2.3. Ωρίμανση , Συγκομιδή, Επεξεργασία και Αποθήκευση Φιστικιού.....	10
2.4. Σύσταση περικοιλίου φιστικιάς	11
2.5. Παραπροϊόντα καλλιέργειας φιστικιάς και χρήση τους.....	15
2.5.1. Η βιώσιμη διαχείριση των αποβλήτων φιστικιού.....	17
3. Το Μαρούλι	18
3.1. Γενικά στοιχεία.....	18
3.2. Συλλογή, Συσκευασία και Συντήρηση μαρουλιού	20
3.3. Διατροφική αξία μαρουλιού.....	20
3.4. Μετασυλλεκτική μεταχείριση.....	21
3.4.1. Μετασυλλεκτική μεταχείριση μαρουλιού.....	21
3.4.2. Μετασυλλεκτική διαχείριση μεταποιημένων σαλατών	24
3.4.3. Μετασυλλεκτική μεταχείριση και εδώδιμες μεμβράνες.....	26
4. Σκοπός της Μελέτης.....	27
B. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ.....	29

1. Φασματοσκοπική μελέτη υδατικών και αιθανολικών εκχυλισμάτων περικάρπιου κελυφωτού φιστικιού (<i>Pistachia vera</i> L.).....	29
1.1. Υλικά και Μέθοδοι	29
1.2. Παρασκευή εκχυλισμάτων	29
1.3. Φασματοσκοπική μελέτη με χρήση της φασματοσκοπίας υπέρυθρου με μετασχηματισμό Fourier (FTIR) και της τεχνικής της εξασθενημένης ολικής ανάκλασης (ATR)	30
1.3.1. Πειραματική Πορεία και επεξεργασία των φασμάτων FTIR	30
1.4. Φασματοσκοπική μελέτη με χρήση της φασματοσκοπίας Raman.....	31
1.4.1. Πειραματική Πορεία και επεξεργασία των φασμάτων Raman	31
2. Προκαταρκτικά πειράματα παρασκευής εδώδιμων επικαλύψεων	32
2.1. Πρώτη Ύλη.....	32
2.2. Παρασκευή διαλύματος αλγινικού νατρίου με γλυκερίνη	33
2.3. Παρασκευή εκχυλισμάτων περικαρπίου φιστικιού	33
2.4. Παρασκευή διαλύματος χλωριούχου ασβεστίου (CaCl ₂)	34
2.5. Πειραματική διαδικασία προκαταρκτικών πειραμάτων.....	34
3. Πειραματική Διαδικασία Μελέτης ως προς τη μετασυλλεκτική διαχείριση ελαφρώς μεταποιημένου μαρουλιού	39
3.1. Υλικά και Μέθοδοι	39
3.1.1. Πρώτη Ύλη	39
3.1.2. Μεθοδολογία Πειραμάτων	39
3.1.3. Συσκευασία-Συντήρηση φύλλων μαρουλιού	44
4. Μετρήσεις Ποιοτικών – Φυσιολογικών Χαρακτηριστικών.....	44
4.1. Μέτρηση μάζας και απώλειας μάζας	45
4.2. Μέτρηση χρώματος	45
4.3. Μέτρηση υφής.....	46
4.4. Λυοφιλίωση	47
4.5. Εκτίμηση χλωροφύλλης α, χλωροφύλλης β και ολικών χλωροφυλλών	48
4.6. Εκτίμηση αντιοξειδωτικών ουσιών.....	49
4.6.1. Εκχύλιση αντιοξειδωτικών ουσιών	49
4.6.2. Προσδιορισμός ολικών φαινολικών (TP).....	50
4.6.3. Προσδιορισμός ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας (TAC).....	51
Γ. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	54
1. Αποτελέσματα Φασματοσκοπικών Μελετών.....	54
1.1. Αποτελέσματα φασμάτων FT-IR	54
1.2. Αποτελέσματα φάσματος Raman.....	57
2. Στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων ποιοτικών χαρακτηριστικών	58
2.1. Πίνακες Αποτελεσμάτων Διπραγοντικών και Μονοπραγοντικών Αναλύσεων	59

3.	Αποτελέσματα Ποιοτικών Χαρακτηριστικών.....	65
3.1.	Αποτελέσματα Απώλειας Μάζας	65
3.2.	Αποτελέσματα Χρώματος.....	67
3.2.1.	Αποτελέσματα Χρώματος Άνω Φύλλου.....	67
3.2.2.	Αποτελέσματα Χρώματος Κάτω Φύλλου	84
3.2.3.	Αποτελέσματα Χρώματος Νεύρου.....	87
3.3.	Αποτελέσματα Υφής	91
3.3.1.	Αποτελέσματα Υφής Φύλλου.....	91
3.3.2.	Αποτελέσματα Υφής Νεύρου	93
3.4.	Αποτελέσματα Χλωροφύλλης Α, Χλωροφύλλης Β Και Ολικών Χλωροφυλλών.....	95
3.5.	Αποτελέσματα Ολικών Φαινολικών.....	98
3.6.	Αποτελέσματα Ολικής Αντιοξειδωτικής Ικανότητας.....	100
3.6.1.	Αποτελέσματα DPPH-I%.....	100
3.6.2.	Αποτελέσματα ABTS – I%.....	103
4.	Συμπεράσματα.....	106
4.1.	Συμπεράσματα ως προς τα αποτελέσματα των Trials.....	106
4.2.	Συμπεράσματα και μελλοντική έρευνα.....	111
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	113
1.	Φωτογραφίες από το Trial 1	113
2.	Φωτογραφίες από το Trial 2	115
3.	Φωτογραφίες από το Trial 3	118
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	121
	Α. ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	121
	Β. ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	134
	Γ. ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΠΗΓΕΣ.....	135

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1. Κυριότερες μέθοδοι δημιουργίας εδώδιμων μεμβρανών και επικαλύψεων στη βιομηχανία τροφίμων (García <i>et al.</i> , 2015)	2
Εικόνα 2. Λειτουργικές ιδιότητες των εδώδιμων μεμβρανών σε φρούτα και λαχανικά (Lin & Zhao, 2007).....	7
Εικόνα 3. Δένδρο φιστικιάς (www.mistikatoukiprou.gr).....	9
Εικόνα 4. Ανατομία σπόρου τύπου δρύπησ (www.wikipedia.org).....	10
Εικόνα 5: A: Καρπός της φιστικιάς, B: ενδοσπέρμιο και σπέρμα φιστικιού, C: περικάρπιο φιστικιού και D: σκόνη περικαρπίου (Arjeh <i>et al.</i> , 2020).....	12
Εικόνα 6. Κύριες φαινολικές ενώσεις που περιέχονται στο περικάρπιο του φιστικιού (Arjeh <i>et al.</i> , 2020).....	14
Εικόνα 7. Μεταβολή της οπτικής ποιότητας εσωτερικών και εξωτερικών φύλλων μαρουλιού τύπου «Κως» που συντηρήθηκαν για 7 και 14 ημέρες στους 2 και 7 °C σε συσκευασίες με κάλυψη με ημιπερατή πλαστική μεμβράνη (Πάσσαμ κ.ά., 2004).....	22
Εικόνα 8. Μεταβολή της ποιότητας μαρουλιού (τύπου iceberg) που αποθηκεύτηκε σε πέντε διαφορετικές θερμοκρασίες σε σχέση με τη διάρκεια αποθήκευσης (Lutz & Hardenburg, 1968; Πάσσαμ κ.α., 2004).....	24
Εικόνα 9: Το φασματοφωτόμετρο FT-IR Thermo Nicolet 7600 που χρησιμοποιήθηκε για τη φασματοσκοπική μελέτη.....	31
Εικόνα 10: Σύστημα ATR του φασματοφωτομέτρου FT-IR Thermo Nicolet 7600	31
Εικόνα 11: Το φασματοφωτόμετρο Raman που χρησιμοποιήθηκε στη φασματοσκοπική μελέτη.....	32
Εικόνα 12. Διαλύματα αλγινικού νατρίου 1% m/v και CaCl ₂ 5% m/v.	34
Εικόνα 13. α. Δειγματοληψία φύλλων μαρουλιού έπειτα από τη συντήρησή τους για 1-3 μέρες υπό ψύξη: Κομμάτια φύλλων μαρουλιού ως μάρτυρες (πάνω αριστερά). β. Μάρτυρες και επέμβαση με διάλυμα αλγινικού νατρίου 0,5% (πάνω κέντρο). γ. Επέμβαση με διάλυμα αλγινικού νατρίου 1% (πάνω δεξιά). δ. Μάρτυρες και επέμβαση με διάλυμα αλγινικού νατρίου 0,25% σε συνδυασμό με διάφορες συγκεντρώσεις διαλυμάτων CaCl ₂ (κάτω αριστερά). ε. Επέμβαση με διάλυμα αλγινικού νατρίου 0,5% σε συνδυασμό με διάφορες συγκεντρώσεις διαλυμάτων CaCl ₂ (κάτω κέντρο). στ. Επέμβαση με διάλυμα αλγινικού νατρίου 1% σε συνδυασμό με διάφορες συγκεντρώσεις διαλυμάτων CaCl ₂ (κάτω δεξιά).....	36
Εικόνα 14. α. Δειγματοληψία κομματιών φύλλων μαρουλιού έπειτα από 1 μέρα συντήρησης υπό ψύξη με καμία επέμβαση (Control ή Blank) (πάνω αριστερά). β. Δειγματοληψία κομματιών φύλλων μαρουλιού έπειτα από 1 μέρα συντήρησης υπό ψύξη με επέμβαση λυοφιλιωμένου εκχυλίσματος φιστικιού συγκέντρωσης 1% (πάνω στο κέντρο), γ. Μη λυοφιλιωμένου εκχυλίσματος φιστικιού συγκέντρωσης 1% (πάνω δεξιά), δ. Λυοφιλιωμένου εκχυλίσματος φιστικιού συγκέντρωσης 2% (κάτω αριστερά) και ε. Μη λυοφιλιωμένου εκχυλίσματος φιστικιού 2% (κάτω δεξιά).....	37

Εικόνα 15. α. Δειγματοληψία κομματιών φύλλων μαρουλιού έπειτα από 3 ημέρες συντήρησης υπό ψύξη με καμία επέμβαση (Control ή Blank) (πάνω αριστερά), β. Δειγματοληψία κομματιών φύλλων μαρουλιού έπειτα από 3 ημέρες συντήρησης υπό ψύξη με επέμβαση λυοφιλωμένου εκχυλίσματος φιστικιού συγκέντρωσης 0,5% (πάνω στο κέντρο), γ. Μη λυοφιλωμένου εκχυλίσματος φιστικιού συγκέντρωσης 0,5% (πάνω δεξιά), δ. Λυοφιλωμένου εκχυλίσματος φιστικιού συγκέντρωσης 1% (μεσαία γραμμή, αριστερά), ε. Μη λυοφιλωμένου εκχυλίσματος φιστικιού 1% (μεσαία γραμμή, δεξιά), στ. Λυοφιλωμένου εκχυλίσματος φιστικιού συγκέντρωσης 2% (κάτω αριστερά) και ζ. Μη λυοφιλωμένου εκχυλίσματος φιστικιού 2% (κάτω δεξιά).....	38
Εικόνα 16. Χρωματογραφικό διάγραμμα των συντεταγμένων L*, a* και b* και των παραμέτρων h° και C*.....	45
Εικόνα 17. Χρωματόμετρο Minolta CR-300.....	46
Εικόνα 18. Αναλυτής υφής TA.HD plus Texture Analyser με τον οποίο γίνεται η μέτρηση της υφής σε φύλλο μαρουλιού.....	47
Εικόνα 19. Μηχάνημα λυοφιλίωσης Thermosavant.....	48
Εικόνα 20. Οξειδωση φαινολών και ταυτόχρονη αναγωγή του αντιδραστηρίου Folin-Ciocalteu κατά την αντίδραση σε αλκαλικό περιβάλλον (www.bioquochem.com)	50
Εικόνα 21. Φάσμα απορρόφησης σε φασματοφωτόμετρο UV-Vis της ρίζας DPPH. Με το βέλος φαίνεται το μέγιστο της αναγόμενης ρίζας (DPPH:H) στα 515 nm. (www.wikipedia.org).....	51
Εικόνα 22. Παραγωγή του άχρωμου ριζικού κατιόντος ABTS ⁺ με οξειδωση του ABTS ²⁻ (έγχρωμο) με υπερθειικά ιόντα (Boligon, 2014).....	52
Εικόνα 23. Φάσμα FT-IR του εκχυλίσματος περικαρπίου φιστικιού διαλυμένο σε αιθανόλη (κόκκινο χρώμα) και σε νερό (μπλε χρώμα).....	54
Εικόνα 24. Φάσμα Raman του εκχυλίσματος περικαρπίου φιστικιού διαλυμένο σε EtOH.....	57
Εικόνα 25. Φωτογραφίες των κομματιών φύλλων μαρουλιού ύστερα από την εμβάπτιση τους με εδώδιμες επικαλύψεις (day 0). α (αριστερά). Blank (Control), β. (κέντρο) Επέμβαση με AL. γ. (δεξιά) Επέμβαση με AL-2%.....	113
Εικόνα 26. Φωτογραφία των κομματιών φύλλων μαρουλιού την day 0.....	113
Εικόνα 27. Φωτογραφία των δειγμάτων φύλλων μαρουλιού σε perforated bag την day 2, αμέσως μετά την έξοδό τους από ψύξη: α (αριστερά): Δείγματα φύλλων μαρουλιού σε perforated bags , β (δεξιά): Δειγματοληψία για μέτρηση του ολικού χρώματος	114
Εικόνα 28. Δειγματοληψία για μέτρηση του ολικού χρώματος την day 4: α (αριστερά): Control , β (κέντρο): AL, γ (δεξιά): AL-2%.....	114
Εικόνα 29. Δειγματοληψία για μέτρηση του ολικού χρώματος την day 7: α (αριστερά): Control , β (κέντρο): AL, γ (δεξιά): AL-2%.....	114
Εικόνα 30. Δειγματοληψία για μέτρηση του ολικού χρώματος την day 9: α (αριστερά): Control , β (κέντρο): AL, γ (δεξιά): AL-2%.....	114

Εικόνα 31. Φωτογραφίες των κομματιών φύλλων μαρουλιού ύστερα από την εμβάπτιση τους με εδώδιμες επικαλύψεις (day 0). α (αριστερά) Επέμβαση με AL β . (κέντρο) Επέμβαση με AL-1%. γ . (δεξιά) Επέμβαση με AL-2%.	115
Εικόνα 32. Φωτογραφία των κομματιών φύλλων μαρουλιού την day 0 του Trial 2.....	115
Εικόνα 33. Φωτογραφία των δειγμάτων φύλλων μαρουλιού σε perforated bag την day 3, αμέσως μετά την έξοδό τους από ψύξη.....	116
Εικόνα 34. Δειγματοληψία για μέτρηση του ολικού χρώματος την day 3: α (πάνω αριστερά): Control , β (πάνω δεξιά): AL, γ (κάτω αριστερά): AL-1%, δ (κάτω δεξιά): AL-2%.....	116
Εικόνα 35. Δειγματοληψία για μέτρηση του ολικού χρώματος την day 5: α (πάνω αριστερά): Control , β (πάνω δεξιά): AL, γ (κάτω αριστερά): AL-1%, δ (κάτω δεξιά): AL-2%.....	116
Εικόνα 36. Δειγματοληψία για μέτρηση του ολικού χρώματος την day 7: α (πάνω αριστερά): Control , β (πάνω δεξιά): AL, γ (κάτω αριστερά): AL-1%, δ (κάτω δεξιά): AL-2%.....	117
Εικόνα 37. Δειγματοληψία για μέτρηση του ολικού χρώματος την day 10: α (πάνω αριστερά): Control , β (πάνω δεξιά): AL, γ (κάτω αριστερά): AL-1%, δ (κάτω δεξιά): AL-2%.....	117
Εικόνα 38. Φωτογραφίες των κομματιών φύλλων μαρουλιού ύστερα από την εμβάπτιση τους με εδώδιμες επικαλύψεις (day 0). α (πάνω αριστερά): Control , β (πάνω δεξιά): AL, γ (κάτω αριστερά): AL-1%, δ (κάτω δεξιά): AL-2%.	118
Εικόνα 39. Φωτογραφία των κομματιών φύλλων μαρουλιού την day 0 του Trial 3.....	118
Εικόνα 40. Φωτογραφία των δειγμάτων φύλλων μαρουλιού σε perforated bag την day 3, αμέσως μετά την έξοδό τους από ψύξη.....	119
Εικόνα 41. Δειγματοληψία για μέτρηση του ολικού χρώματος την day 3: α (πάνω αριστερά): Control , β (πάνω δεξιά): AL, γ (κάτω αριστερά): AL-1%, δ (κάτω δεξιά): AL-2%.....	119
Εικόνα 42. Δειγματοληψία για μέτρηση του ολικού χρώματος την day 5: α (πάνω αριστερά): Control , β (πάνω δεξιά): AL, γ (κάτω αριστερά): AL-1%, δ (κάτω δεξιά): AL-2%.....	119
Εικόνα 43. Δειγματοληψία για μέτρηση του ολικού χρώματος την day 7: α (πάνω αριστερά): Control , β (πάνω δεξιά): AL, γ (κάτω αριστερά): AL-1%, δ (κάτω δεξιά): AL-2%.....	120
Εικόνα 44. Δειγματοληψία για μέτρηση του ολικού χρώματος την day 10: α (πάνω αριστερά): Control , β (πάνω δεξιά): AL, γ (κάτω αριστερά): AL-1%, δ (κάτω δεξιά): AL-2%.....	120

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1. Πρότυπη καμπύλη γαλλικού οξέος.....	51
Σχήμα 2. Πρότυπη καμπύλη Trolox acid (για τη δοκιμή DPPH).....	53
Σχήμα 3. Πρότυπη καμπύλη Trolox acid (για τη δοκιμή ABTS).....	53
Σχήμα 4. Συγκριτική πορεία της απώλειας μάζας (% m/m) των δειγμάτων φύλλων μαρουλιού μεταξύ των 3 Trials.....	65
Σχήμα 5. Συγκριτική πορεία του ολικού χρώματος (L^* , h^0 και C^*) των άνω φύλλων των δειγμάτων μαρουλιού μεταξύ των 3 Trials.....	67
Σχήμα 6. Συγκριτική πορεία του ολικού χρώματος (L^* , h^0 και C^*) των κάτω φύλλων των δειγμάτων μαρουλιού μεταξύ των 3 Trials.....	84
Σχήμα 7. Συγκριτική πορεία του ολικού χρώματος (L^* , h^0 και C^*) των νεύρων των δειγμάτων μαρουλιού μεταξύ των 3 Trials.....	87
Σχήμα 8. Συγκριτική πορεία της υφής των φύλλων των δειγμάτων μαρουλιού μεταξύ των 3 Trials.....	91
Σχήμα 9. Συγκριτική πορεία της υφής των νεύρων των δειγμάτων μαρουλιού μεταξύ των 3 Trials.....	93
Σχήμα 10. Συγκριτική πορεία της χλωροφύλλης α, χλωροφύλλης β και ολικών χλωροφυλλών των δειγμάτων μαρουλιού μεταξύ των 3 Trials.....	95
Σχήμα 11. Συγκριτική πορεία των ολικών φαινολικών των δειγμάτων μαρουλιού μεταξύ των 3 Trials.....	98
Σχήμα 12. Συγκριτική πορεία του DPPH και της I% των δειγμάτων μαρουλιού μεταξύ των 3 Trials.....	100
Σχήμα 13. Συγκριτική πορεία του ABTS και της I% των δειγμάτων μαρουλιού μεταξύ των 3 Trials.....	103

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Παραγωγή φιστικιών παγκοσμίως (τόνοι) [(FAOSTAT, www.faostat.fao.org , 2018)].....	8
Πίνακας 2. Μερικά χαρακτηριστικά της χημικής σύστασης του περικαρπίου του φιστικιού (hull), όπου το μη πολικό εκχύλισμα αφορά έλαια, λιπόφιλες βιταμίνες, φαινολικές ενώσεις, φυτοστερόλες και λιπαρά οξέα (Özbek <i>et al.</i> , 2018).	12
Πίνακας 3. Ποσοτική ανάλυση λιπαρών οξέων από εκχύλισμα περικαρπίου φιστικιού. Τα δεδομένα παρουσιάζονται με μέση τιμή ± SD τριών ανεξάρτητων δειγμάτων (Grace <i>et al.</i> , 2016).	13
Πίνακας 4. Συνδυασμοί διαλυμάτων για τη δημιουργία εδώδιμων επικαλύψεων (επισημαίνονται με ροζ χρώμα οι συνδυασμοί διαλυμάτων που δοκιμάστηκαν).	35
Πίνακας 5. Συγκεντρωτικός Πίνακας Μεθοδολογίας – Σταδίων των 3 πειραμάτων (Trials), όσον αφορά τις επεμβάσεις AL-1% και AL-2% (AL: αλγινικό νάτριο, GL: γλυκερίνη, PHE: εκχύλισμα περικαρπίου φιστικιού, CaCl ₂ : χλωριούχο ασβέστιο).	42
Πίνακας 6. Συγκεντρωτικός πίνακας πειραμάτων (Trials) και Επεμβάσεων.	43
Πίνακας 7. Απορροφήσεις των κυριότερων κορυφών και οι αντίστοιχες αποδόσεις των FTIR φασμάτων των εκχυλισμάτων περικαρπίου φιστικιού.	55
Πίνακας 8. Απορροφήσεις των κυριότερων κορυφών και οι αντίστοιχες αποδόσεις του φάσματος Raman των εκχυλισμάτων περικαρπίου φιστικιού.	57
Πίνακας 9. Επίδραση των ημερών συντήρησης (P day, Pd) με τις επεμβάσεις (P treatment, Pt) και της αλληλεπίδρασής τους (P dxt) στις παραμέτρους ποιότητας του Trial 1.....	59
Πίνακας 10. Επίδραση των ημερών συντήρησης (P day, Pd) με τις επεμβάσεις (P treatment, Pt) και της αλληλεπίδρασής τους (P dxt) στις παραμέτρους ποιότητας του Trial 2.....	60
Πίνακας 11. Επίδραση των ημερών συντήρησης (P day, Pd) με τις επεμβάσεις (P treatment, Pt) και της αλληλεπίδρασής τους (P dxt) στις παραμέτρους ποιότητας του Trial 3.....	61
Πίνακας 12. Επίδραση των επεμβάσεων στις παραμέτρους ποιότητας ανά ημέρα συντήρησης του Trial 1.....	62
Πίνακας 13. Επίδραση των επεμβάσεων στις παραμέτρους ποιότητας ανά ημέρα συντήρησης του Trial 2.....	63
Πίνακας 14. Επίδραση των επεμβάσεων στις παραμέτρους ποιότητας ανά ημέρα συντήρησης του Trial 3.....	64

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΜΒΟΛΩΝ

a*	Διακύμανση χρώματος μεταξύ κόκκινου, πράσινου
ABTS	2,2-Amino-bis(3-ethylbenz-thiazoline-6-sulfonic acid)
AL	Άλας αλγινικού νατρίου , Sodium alginate
ANOVA	Ανάλυση διασποράς, analysis of variance
ATR	Εξασθενημένη Ολική Ανάκλαση
b*	Διακύμανση χρώματος μεταξύ κίτρινου, μπλε
C*	Ένταση απόχρωσης, Chroma
CaCl₂	Χλωριούχο Ασβέστιο, Calcium Chloride
Chl a	Χλωροφύλλη Α, Chlorophyll A
Chl b	Χλωροφύλλη Β, Chlorophyll B
DM	Ξηρή μάζα, dry mass
DMSO	Διμεθυλοσουλφοξείδιο, Dimethylsulfoxide
DPPH	2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical scavenging capacity
EtOH	Αιθανόλη, Ethanol
FTIR	Φασματοσκοπία Υπερύθρου με μετασχηματισμό κατά Fourier, Fourier Transform Infra Red Spectroscopy
GAE	Ισοδύναμο γαλλικού οξέος, Gallic Acid Equivalent
GL	Γλυκερίνη, Glycerin
h⁰	Απόχρωση, Hue angle
IR	Φασματοσκοπία Υπερύθρου, Infra Red Spectroscopy
L*	Φωτεινότητα, Lightness
ML	Απώλεια μάζας, Mass Loss
MeOH	Μεθανόλη, methanol
PHE	Εκχύλισμα περικαρπίου φιστικιού, Pistachio Hull Extract
Raman	Φασματοσκοπία Raman
RH	Σχετική υγρασία, Relative Humidity
TAC	Ολική αντιοξειδωτική δράση, Total antioxidant activity
TA	Trolox acid
Tot chl	Ολικές Χλωροφύλλες, Total Chlorophylls
TP	Ολικά φαινολικά, Total phenolics

A. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1. Εδώδιμες μεμβράνες και εδώδιμες επικαλύψεις

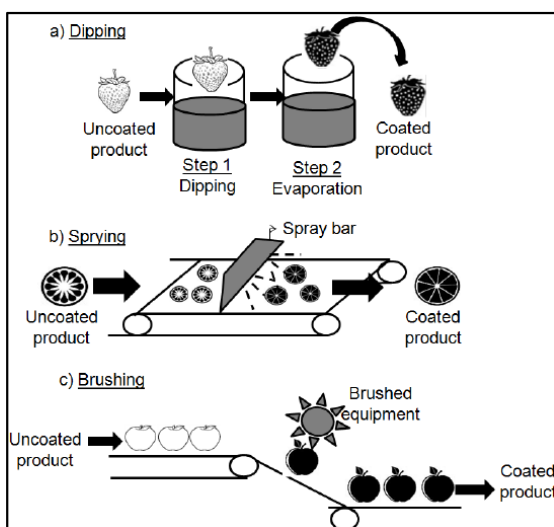
Οι εδώδιμες μεμβράνες είναι λεπτά στρώματα από βιοδιασπώμενα πολυμερή, κατασκευασμένα από βιολογικά εδώδιμα υλικά όπως πρωτεΐνες, λιπίδια και πολυσακχαρίτες (Ansorena *et al.*, 2011; Valdés *et al.* 2015). Χρησιμοποιούνται συχνά για τη συσκευασία και προστασία τροφίμων, όπου μπορούν να αποτελέσουν μια εναλλακτική μέθοδο συσκευασίας αντικαθιστώντας τις αντίστοιχες πλαστικές συσκευασίες και βασίζονται σε ανανεώσιμα και βιοδιασπώμενα υλικά (Otoni *et al.*, 2017). Μπορούν να καταναλωθούν από τον καταναλωτή μαζί με το προϊόν, εξ ου και το όνομά τους και χρησιμοποιούνται συνήθως για την επικάλυψη τροφίμων όπως φρούτα και λαχανικά (Laurila & Ahvenainen, 2002).

Στη βιβλιογραφία εμφανίζονται δυο διαφορετικοί όροι, οι εδώδιμες μεμβράνες και οι εδώδιμες επικαλύψεις, οι οποίοι συχνά χρησιμοποιούνται με την ίδια σημασία. Οι εδώδιμες μεμβράνες γενικά αναφέρονται ως ένα στρώμα από εδώδιμα φυσικά πολυμερή το οποίο είναι προσχηματισμένο, στερεής μορφής και τοποθετείται γύρω από τα τρόφιμα, ενώ οι εδώδιμες επικαλύψεις αναφέρονται σε ένα λεπτό στρώμα φυσικών εδώδιμων πολυμερών που εφαρμόζονται με υγρή μορφή απευθείας πάνω στην επιφάνεια της τροφής μέσω εμβάπτισης, ψεκασμού ή επίχρισης (Baker *et al.*, 1994; McHugh, 2000). Η διαφορά τους δηλαδή έγκειται στη μέθοδο εφαρμογής τους (Εικόνα 1). Η πιο συχνή μέθοδος δημιουργίας τους είναι αυτή της εμβάπτισης (Dhanapal *et al.*, 2012; Valdés *et al.*, 2015). Ανάλογα με τα υλικά παραγωγής τους χωρίζονται σε υδροκολλοειδείς (πρωτεΐνες και πολυσακχαρίτες), λιπιδικές, και σύνθετες (Cha & Chinnan, 2004). Οι υδροκολλοειδείς είναι οι πιο καλά μελετημένες και πιο συχνά χρησιμοποιούμενες (Falguera *et al.*, 2011).

Αποτελούν μια εναλλακτική μέθοδο συσκευασίας για την επέκταση του χρόνου ζωής μετά τη συγκομιδή των ελάχιστα μεταποιημένων φρούτων και λαχανικών και τη διατήρηση της ποιότητάς τους, προσφέροντας έναν ημιπερατό φραγμό που έχει τη δυνατότητα να μειώνει την απώλεια νερού, την είσοδο οξυγόνου, το ρυθμό αναπνοής, την παραγωγή αιθυλενίου και τις απώλειες πτητικών ενώσεων που σχετίζονται με τη γεύση του προϊόντος. Πολύ συχνά περιέχουν ενώσεις (όπως αντιοξειδωτικά) οι οποίες επιβραδύνουν τον αποχρωματισμό και τη μικροβιακή ανάπτυξη (Baldwin *et al.*, 1995; Laurila & Ahvenainen, 2002).

Αν και η χρήση τους συχνά συνοδεύεται από πλαστικές συσκευασίες, τις οποίες δεν μπορούν να τις αντικαταστήσουν πλήρως, μπορούν να περιορίσουν τη χρήση αυτών ενισχύοντας την αποτελεσματικότητα των συσκευασιών στη συντήρηση των τροφίμων (Zahedi *et al.*, 2010; Otoni *et al.*, 2017). Επιπλέον οι εδώδιμες επικαλύψεις μπορούν να συνεχίσουν να προστατεύουν το προϊόν, αφού η συσκευασία έχει ανοιχτεί (Baker *et al.*,

1994; Zahedi *et al.*, 2010). Μπορούν επίσης να φέρουν πρόσθετα συστατικά, όπως αντιοξειδωτικά, αντιμικροβιακές ενώσεις, θρεπτικά και γευστικά συστατικά που ενισχύουν τη συντήρηση, την ποιότητα και την ασφάλεια της τροφής (Lin & Zhao, 2007). Λόγω των συστατικών που περιέχουν και της δυνατότητας κατανάλωσής τους μαζί με το προϊόν, μπορούν επίσης να ενισχύσουν τη θρεπτική του αξία (McHugh, 2000).



Εικόνα 1. Κυριότερες μέθοδοι δημιουργίας εδώδιμων μεμβρανών και επικαλύψεων στη βιομηχανία τροφίμων (Garcia *et al.*, 2015)

1.1. Συστατικά εδώδιμων μεμβρανών και επικαλύψεων

1.1.1. Κύρια συστατικά

Οι εδώδιμες μεμβράνες και επικαλύψεις αποτελούνται από τουλάχιστον δυο συστατικά: μια μακρομοριακή μήτρα που σχηματίζει μια συνεκτική δομή, και ένα διαλύτη (συνήθως νερό). Συχνά χρειάζεται ένας πλαστικοποιητής, όπως γλυκερόλη, σακχαρόζη ή σορβιτόλη για να ενισχύσει τις πλαστικές ιδιότητες του πολυμερούς, με την έννοια να μην είναι αρκετά εύθραυστο και να είναι περισσότερο ελαστικό. Επιπλέον πρόσθετα συστατικά μπορούν να προστεθούν για να ενισχύσουν τις φυσικές και αδιάβροχες ιδιότητές τους (Otoni *et al.*, 2017).

Τα κύρια υλικά φυσικής προέλευσης από τα οποία συντίθενται γενικά είναι πρωτεΐνες, λιπίδια, ρητίνες, πολυσακχαρίτες ή συνδυασμός αυτών (Siddiqui *et al.*, 2011).

Οι μεμβράνες από πρωτεΐνες, αποτελούν έναν πολύ καλό φραγμό για τη μετακίνηση οξυγόνου, το διοξείδιου του άνθρακα και λιπιδίων μέσα στα φυτικά κύτταρα. Μειονέκτημά

τους είναι ο υδροφιλικός τους χαρακτήρας τους που δεν τους προσφέρει αρκετά καλό φραγμό για τις απώλειες νερού. Ωστόσο, πλεονεκτήματα των πρωτεϊνών είναι το γεγονός ότι μπορούν να προσφέρουν καλές μηχανικές ιδιότητες και να σχηματίζονται σε υδατικά διαλύματα σε θερμοκρασία δωματίου (McHugh, 2000).

Οι μεμβράνες που συντίθενται από πολυσακχαρίτες περιορίζουν αρκετά καλά τη μετακίνηση αερίων και νερού, μπορούν να προσκολληθούν αρκετά καλά πάνω στην επιφάνεια των κομμένων φρούτων και λαχανικών, και εμφανίζουν καλές μηχανικές ιδιότητες. Ωστόσο, λόγω του υδροφιλικού τους χαρακτήρα δεν αποτελούν καλό φραγμό για τη μετακίνηση της υγρασίας (Baldwin *et al.*, 1995; Fabra *et al.*, 2018).

Οι μεμβράνες από λιπίδια προσφέρουν έναν καλό φραγμό για την υγρασία λόγω του υδροφοβικού τους χαρακτήρα, και η εμφάνισή τους μπορεί να είναι περισσότερο ελκυστική λόγω της γυαλάδας τους. Παρ' όλ' αυτά, η σύνθεσή τους συχνά απαιτεί κατάλληλο διαλύτη ή υψηλές θερμοκρασίες, και οι μηχανικές τους ιδιότητες είναι περιορισμένες. Τέτοιες μεμβράνες λιπιδικής προέλευσης, οι οποίες είναι σε υγρή μορφή δεν έχουν αρκετά καλό φραγμό αερίων και νερού σε σχέση με αντίστοιχες στερεές, όπως και αυτές με προέλευση από πρωτεΐνες ή/και πολυσακχαρίτες κάτι που εξαρτάται επίσης και από τη σύσταση και τη διάταξη των διαφόρων κρυσταλλικών μορφών που μπορεί να εμφανίζονται στα λιπίδια (McHugh, 2000).

Οι μεμβράνες από ρητίνη εμφανίζουν παρόμοιες ιδιότητες με αυτές των λιπιδίων όσον αφορά τη διατήρηση της υγρασίας (Baldwin *et al.*, 1995).

Οι σύνθετες μεμβράνες αποτελούνται από συνδυασμό των παραπάνω συστατικών, προκειμένου να εμφανίζουν τα πλεονεκτήματα του καθενός, και να προσφέρουν αρκετά καλό φραγμό σε αέρια και υγρασία και ικανοποιητικές μηχανικές ιδιότητες (Baldwin *et al.*, 1995; McHugh, 2000).

Πρωτεϊνικές εδώδιμες μεμβράνες μέχρι τώρα έχουν κατασκευαστεί από ζελατίνη, πρωτεΐνη σόγιας, πρωτεΐνη λούπινου, γλουτένη σιταριού, καζεΐνη, πρωτεΐνη ορού γάλακτος, πρωτεΐνη φασολιών, πρωτεΐνη ψαριού, πρωτεΐνη βαμβακιού, πρωτεΐνη μπιζελιού, πρωτεΐνη από ασπράδι αυγού, κερατίνη, καφιρίνη σόργου, πρωτεΐνη ρυζιού, πρωτεΐνες άλμης από τουρσί και πρωτεΐνη ηλιάνθου (Zahedi *et al.*, 2010). Μεμβράνες από πολυσακχαρίτες παράγονται συνήθως από κυτταρίνη, πηκτίνη, άμυλο, αλγινικά άλατα, χιτοζάνη, καραγενάνη και κολλώδεις ρητίνες. Λιπιδικές μεμβράνες έχουν παραχθεί από κηρούς και έλαια, όπως παραφίνης, και λιπαρά οξέα, ενώ παραδείγματα ρητίνης που χρησιμοποιούνται είναι η γομολάκα (shellac) και κολοφώνιο ξύλου (εστέρες γλυκερόλης) (Baldwin *et al.*, 1995).

1.1.2. Εναλλακτικά συστατικά

Εκχυλίσματα φρούτων και λαχανικών, όπως ροδάκινο, φράουλα, βερίκοκο, μήλο, αχλάδι, μάνγκο, καρότο και μπρόκολο, τα οποία είναι πλούσια σε πολυσακχαρίτες, πρωτεΐνες και λιπίδια έχουν χρησιμοποιηθεί ως εναλλακτικά συστατικά εδώδιμων μεμβρανών, αποτελώντας καλό φραγμό για τη μετακίνηση αερίων και υγρασίας, κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας (Siddiqui *et al.*, 2011). Εδώδιμη μεμβράνη κατασκευασμένη από πρωτεΐνη φιστικιού έχει μελετηθεί επίσης από αρκετές εργασίες, όπως για παράδειγμα οι Zahedi *et al.* (2010) κατασκεύασαν εδώδιμη μεμβράνη από απομονωμένη σφαιρίνη φιστικιού, κορεσμένα λιπαρά οξέα (παλμιτικό και στεαρικό οξύ) και έναν γαλακτωματοποιητή. Σύμφωνα με αυτούς οι μεμβράνες που περιείχαν και λιπαρά οξέα εμφάνιζαν μειωμένη διαπερατότητα για το νερό, αλλά και πιο αδύναμες μηχανικές ιδιότητες.

1.1.3. Συνδεδεικτοί παράγοντες

Επειδή οι εδώδιμες μεμβράνες από εκχυλίσματα φρούτων και λαχανικών συχνά παρουσιάζουν χαμηλή συνεκτικότητα, μηχανική αντοχή και αυξημένη διαπερατότητα, προστίθενται επίσης και εδώδιμα υδροκολλοειδή (πρωτεΐνες και πολυσακχαρίτες) ως συνδεδεικτοί παράγοντες για να ενισχύσουν τις φυσικές τους ιδιότητες. Ο πιο συχνά χρησιμοποιούμενος τέτοιος συνδεδεικτός παράγοντας είναι η πηκτίνη. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί συνδυασμός δυο ή περισσότερων μακρομορίων ως συνδεδεικτοί παράγοντες. Αυτά μπορούν να απομονωθούν από φυτά (π.χ. άμυλο, πηκτίνη, κυτταρίνη), από ζώα (π.χ. κολλαγόνο, ζελατίνη, χιτοζάνη), μικροοργανισμούς (π.χ. βακτηριακή κυτταρίνη) και φύκη (π.χ. αλγινικά άλατα, καραγενάνη) (Otoni *et al.*, 2017).

1.1.4. Πλαστικοποιητές

Οι πλαστικοποιητές που αναφέρθηκαν παραπάνω μπορούν να είναι εσωτερικά μέρος των πολυμερών μακρομορίων ή εξωτερικά μικρού μοριακού βάρους μη πτητικές ενώσεις που δε συνδέονται με την κύρια μήτρα. Κατά κύριο λόγο χρειάζονται για να μειώσουν την ευθραυστότητα που παρουσιάζουν τα περισσότερα πολυμερή και να αυξήσουν την ευκαμψία τους. Ο πιο συχνά χρησιμοποιούμενος είναι η γλυκερόλη (Otoni *et al.*, 2017). Σύμφωνα με τους Park & Zhao (2006), από τη σύγκριση της γλυκερόλης με τη σορβιτόλη, φαίνεται ότι η γλυκερόλη παρουσιάζει υψηλότερη απόδοση πλαστικοποίησης, ενώ πλαστικοποιημένη με σορβιτόλη πηκτίνη εμφάνιζε καλύτερες μηχανικές ιδιότητες.

1.1.5. Πρόσθετα συστατικά

Παράδειγμα πρόσθετων συστατικών στα πολυμερή φυτικής προέλευσης αποτελούν οι διασταυρωτές (crosslinkers), οι οποίοι συνδέουν τις αλυσίδες των πολυμερών μήτρων με ομοιοπολικούς δεσμούς, δίνοντας ισχυρότερες και λιγότερο διαπερατές μεμβράνες. Παράδειγμα τέτοιων παραγόντων είναι ιόντα μετάλλων, όπως Ca^{2+} , Mg^{2+} και Fe^{3+} , πρωτεΐνες, αμινοξέα και φαινολικά οξέα (Otoni *et al.*, 2017). Μεμβράνη αλγινικού νατρίου και πηκτίνης, με προσθήκη CaCl_2 ως διασταυρωτής επηρέασε τις μηχανικές ιδιότητες, τη διαλυτότητα στο νερό, την περιεκτικότητα υγρασίας, τη πυκνότητα της μεμβράνης και την περιεκτικότητα σε ασβέστιο σε έρευνα των Da Silva *et al.* (2009) και Falguera *et al.* (2011).

Άλλο ένα παράδειγμα αποτελεί η χρήση αιθέριων ελαίων, τα οποία δρουν συνεργατικά με τις εδώδιμες μεμβράνες προσφέροντας τις αντιμικροβιακές τους δράσεις. Τέτοια αιθέρια έλαια μπορεί να προέρχονται από ρίγανη, κανέλλα, γαρύφαλλο, λεμονόχορτο, θυμάρι, δενδρολίβανο κρεμμύδι, λάιμ κ.ά. (Seydim & Sarikus, 2006; Sánchez Aldana *et al.*, 2015; Otoni *et al.*, 2017 ; Talón *et al.*, 2017).

Μπορεί επίσης να περιέχουν αντιοξειδωτικά, όπως φαινολικές ενώσεις, βοηθώντας στη διατήρηση του χρώματος και της ποιότητας του προϊόντος (Parreidt *et al.*, 2018). Επιπλέον, έρευνες των Dou *et al.* (2018) έδειξαν ότι μεμβράνες από αλγινικό νάτριο με εκχύλισμα φύλλων τσαγιού παρείχε καλύτερα αποτελέσματα τόσο στην αντοχή των μεμβρανών, όσο και στην αντιμικροβιακή τους δράση. Παρόμοια αποτελέσματα έδωσαν και μεμβράνες από ζελατίνη και χιτοζάνη στις οποίες είχε ενσωματωθεί εκχύλισμα φύλλων λυκίσκου (Xu *et al.*, 2020) και εκχύλισμα καρπού και ελαίου των πυρήνων του φυτού *Berberis crataegina* (Kaya *et al.*, 2018), κάνοντας τη χρήση τους ευεργετική ως προς τη μετασυλλεκτική ζωή ευπαθών τροφίμων φυτικής και ζωικής προέλευσης.

Επιπλέον, μεμβράνες από πολυσακχαρίτες, όπως καραγενάνες και από υδροξυπροπυλομεθυλοκυτταρίνη (HPMC) στις οποίες ενσωματώθηκαν εκχύλισμα φλοιού του δέντρου λάπαχο (Jancikova *et al.*, 2020) και φλοιό από ξύλο κιάμ αντίστοιχα (kiam wood) (Chana-Thaworn *et al.*, 2011). Και στις δύο περιπτώσεις υπήρξαν ικανοποιητικά αποτελέσματα από την χρήση των εκχυλισμάτων των φλοιών των δύο αυτών δέντρων τόσο ως προς τον εφελκυσμό όσο και ως προς τις αντιμικροβιακές ιδιότητες, όμως με τη χρήση του φλοιού κιάμ, η επιφάνεια της μεμβράνης ήταν πιο τραχεία και έδωσε σκουρότερο χρωματισμό σε αυτήν. Συνεπώς, η χρήση κάθε αντιοξειδωτικού παράγοντα εξαρτάται με το προϊόν στο οποίο υπάρχει η επιθυμία να χρησιμοποιηθεί και κατά ποσό του δίνει ικανοποιητικά ποιοτικά χαρακτηριστικά.

Τα τελευταία χρόνια, υπάρχει μία ροπή ως προς τη χρήση αποβλήτων καλλιεργειών που διαθέτουν υψηλά ποσοστά φαινολικών και αντιοξειδωτικών ουσιών, που αν χρησιμοποιηθούν με ενσωμάτωσή τους σε εδώδιμες μεμβράνες, προσδίδουν και αντιμικροβιακή δράση στα τρόφιμα στα οποία χρησιμοποιούνται. Πέραν αυτού, γίνεται συνεισφορά και στην κυκλική οικονομία και στη βιώσιμη ανάπτυξη. Τέτοια παραδείγματα είναι και έρευνες που πραγματοποιήθηκαν σε εδώδιμες μεμβράνες προερχόμενες από πολυσακχαρίτες με ενσωματωμένα εκχυλίσματα πομάδας ροδιού, πυρήνων καρπών cranberries, περικάρπιο μπανάνας και μακαντάμια, φύλλα μουσμουλιάς (Medeiros Silva *et al.*, 2020, Kumari *et al.*, 2017, Saberi *et al.*, 2017, Park & Zhao, 2006). Άλλα παραδείγματα με πρωτεϊνικής φύσεως μεμβράνες είναι η ενσωμάτωση σε αυτές εκχύλισμα περικαρπίου ροδιού και πυρήνων σταφυλιού (Moghadam *et al.*, 2020 και Sivaroobam *et al.*, 2008 αντίστοιχα). Όλες αυτές οι έρευνες επέφεραν ικανοποιητικά αποτελέσματα στη μετασυλλεκτική ζωή φυτικών προϊόντων, στα οποία επίσης προσέδωσαν και αντιμικροβιακή και αντιοξειδωτική δράση.

1.2. Χρήση εδώδιμων μεμβρανών και επικαλύψεων στη βιομηχανία τροφίμων

1.2.1. Χρήσεις στη συντήρηση τροφίμων πλην λαχανικών

Εδώδιμες μεμβράνες κατασκευασμένες από πολυσακχαρίτες έχουν χρησιμοποιηθεί για την συντήρηση αποθηκευμένου κρέατος, επίσης από αλγινικά άλατα, καραγενάνες, κυτταρίνη, πηκτίνη και παράγωγα αμύλου. Πρωτεϊνικές μεμβράνες επίσης, κατασκευασμένες από κολλαγόνο και ζελατίνη έχουν χρησιμοποιηθεί για τον περιορισμό της μετακίνησης αερίων και νερού (Baker *et al.*, 1994).

Οι μεμβράνες λιπιδικής προέλευσης που έχουν χρησιμοποιηθεί περιλαμβάνουν λιπαρά, έλαια από λαχανικά, ακετυλιωμένα μονογλυκερίδια, μονο-, δι- και τριγλυκερίδια, κηρούς, και διάφορους συνδυασμούς αυτών (Baker *et al.*, 1994).

Η χρήση εδώδιμων μεμβρανών σε ξηρούς καρπούς έχει κύριους στόχους την αποφυγή, ή την καθυστέρηση της οξείδωσης των ελαίων τους που προκαλεί αλλοιώσεις στη γεύση τους, καθώς επίσης και την ενδεχόμενη καλύτερη προσκόλληση των υλικών που προστίθενται, όπως αλάτι, ζάχαρη, καρυκεύματα, χρωστικές και αντιοξειδωτικά (Baker *et al.*, 1994).

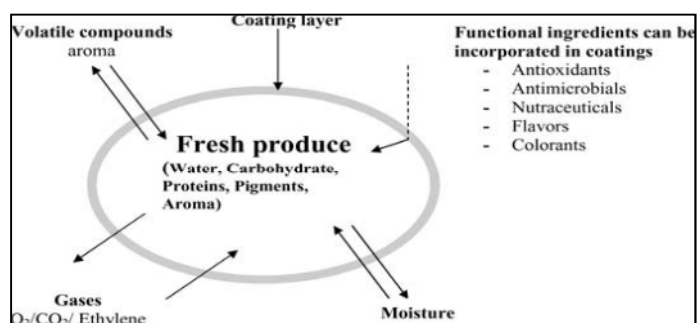
1.2.2. Χρήσεις σε φρούτα και λαχανικά

Τόσο τα φρέσκα, όσο και τα αποξηραμένα φρούτα και λαχανικά είναι αρκετά ευαίσθητα στις διάφορες συνθήκες αποθήκευσης, οι οποίες μπορεί να οδηγήσουν σε υποβάθμιση της ποιότητάς τους και τη μείωση της διάρκειας ζωής τους (Baker *et al.*, 1994).

Εδώδιμες επικαλύψεις έχουν χρησιμοποιηθεί για τη διατήρηση της ποιότητας και την επέκταση του χρόνου ζωής εσπεριδοειδών, μήλων, αγγουριών και άλλων φρούτων και λαχανικών. Οι πρώιμες μορφές τέτοιων επικαλύψεων περιελάμβαναν κολλοειδή εναιωρήματα ελαίων ή κηρούς διαλυμένους σε νερό (Lin & Zhao, 2007). Η επικάλυψη εσπεριδοειδών με κηρούς είναι αρκετά κοινή μέθοδος και χρησιμοποιούνταν ήδη από τον 12ο αιώνα στην Κίνα (Baldwin *et al.*, 1995). Σε επόμενο κεφάλαιο θα αναλυθεί η χρήση των εδώδιμων μεμβρανών στη μετασυλλεκτική μεταχείριση φρούτων και λαχανικών.

Οι χρήσεις των εδώδιμων μεμβρανών σε τρόφιμα όπως φρούτα είναι οι εξής: (Εικόνα 2):

1. Να δημιουργούν φραγμό στη μετακίνηση υγρασίας στην επιφάνεια των προϊόντων, ώστε προϊόντα όπως φρούτα και λαχανικά να μην παρουσιάζουν απώλεια της μάζας τους ή/και αλλοίωση της γεύσης, της υφής και της εμφάνισής τους μετά τη συγκομιδή λόγω απώλειας νερού.
2. Να δημιουργούν φραγμό στη μετακίνηση αερίων μεταξύ του προϊόντος και της ατμόσφαιρας, περιορίζοντας το ρυθμό αναπνοής, και μειώνοντας έτσι την ενζυματική δραστηριότητα και οξείδωση που έχει ως αποτέλεσμα τον αποχρωματισμό και αλλοίωση της φυσικής δομής.
3. Να περιορίζουν την ανταλλαγή πτητικών ενώσεων μεταξύ του προϊόντος και του περιβάλλοντος, εμποδίζοντας τόσο τις απώλειες τέτοιων ενώσεων από το προϊόν, και κατ'επέκταση των περιορισμό της αλλοίωσης της γεύσης, όσο και εμποδίζοντας την απόκτηση ξένων οσμών από το περιβάλλον στο προϊόν.
4. Η προστασία από μηχανικές πιέσεις.
5. Η λειτουργία τους ως φορείς συστατικών όπως αντιμικροβιακοί και αντιοξειδωτικοί παράγοντες, θρεπτικά, χρωστικά και γευστικά συστατικά, τα οποία δρουν μειώνοντας το μικροβιακό φορτίο, το ρυθμό οξείδωσης, τον αποχρωματισμό, και βελτιώνοντας την ποιότητα του προϊόντος (Lin & Zhao, 2007).



Εικόνα 2. Λειτουργικές ιδιότητες των εδώδιμων μεμβρανών σε φρούτα και λαχανικά (Lin & Zhao, 2007).

2. Η Φιστικιά

2.1. Ιστορικά στοιχεία και παραγωγή της φιστικιάς στην Ελλάδα και διεθνώς

Σύμφωνα με εργασίες των Zohary, 1952 και Whitehouse, 1957 η φιστικιά (*Pistacia vera* L.) κατάγεται από την κεντρική Ασία, όπου καλλιεργούνταν η άγρια φιστικιά (βόρειο Ιράν, βόρειο Αφγανιστάν, Τουρκμενιστάν, Νότιο Ανατολικό Ουζμπεκιστάν, Τατζικιστάν, Κιργισία). Κατόπιν η καλλιέργεια του φιστικιού εξαπλώθηκε μέσω του Ιράν από τη Συρία στη Μεσόγειο και στον υπόλοιπο κόσμο. Στην Ελλάδα, δεν είναι γνωστός ο χρόνος εισαγωγής και καλλιέργειας της όμως από ιστορικά κείμενα αποδεικνύεται ότι ήταν γνωστή για τη νόστιμη γεύση των καρπών της. Στο τέλος του 19ου αιώνα εγκαταστάθηκε η πρώτη φυτεία φιστικιάς στην Αίγινα, και από τότε άρχισε να αναπτύσσεται ως καλλιέργεια σε ολόκληρη την χώρα. (Γεωργιάδου, 2015).

Σύμφωνα με τα στοιχεία του FAOSTAT (Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database) από το 2012 έως το 2018, η παγκόσμια παραγωγή κελυφωτών φιστικιών, ακολουθώντας ανοδική τάση, αυξήθηκε από 761462 τόνους σε 1377790 τόνους. Το Ιράν, παραδοσιακά κατέχει την πρώτη θέση παγκοσμίως σε παραγωγή (40%), ενώ τη δεύτερη και τρίτη θέση σε παραγωγή κατέχουν η Η.Π.Α. και η Τουρκία αντίστοιχα. Ακολουθεί η Κίνα και η Συρία, ενώ η Ελλάδα κατέχει την 6η θέση στην παγκόσμια παραγωγή και την 1η στην Ευρώπη (Πίνακας 1).

Πίνακας 1. Παραγωγή φιστικιών παγκοσμίως (τόνοι) [(FAOSTAT, www.faostat.fao.org, 2018)]

Χώρα	2012	2014	2016	2018
Ιράν	183001	440814	574987	551307
ΗΠΑ	275500	233146	406646	447700
Τουρκία	150000	80000	170000	240000
Κίνα	72000	76677	74968	74828
Συρία	57195	28786	28800	28800
Ελλάδα	7995	8566	11265	8558
Ισπανία	2681	2626	5618	8277
Ιταλία	943	3555	3649	3864
Μαδαγασκάρη	1900	2000	3600	3167
Αφγανιστάν	2727	2742	2718	2734
Τυνησία	1400	2500	3400	1958
Αυστραλία	1379	1430	1460	1529
Πακιστάν	655	659	706	654
Κιργιστάν	800	900	1003	1036
Ιορδανία	675	727	967	620
Ουζμπεκιστάν	500	700	700	596
Μεξικό	38	30	54	61
Μαρόκο	47	46	47	47
Αζερμπαϊτζάν	3	8	25	22
Κύπρος	6	23	10	10
Μαυρίκιος	5	4	4	4

Οι καλλιεργούμενες εκτάσεις στην Ελλάδα έχουν αυξητική πορεία, ενώ την πρώτη θέση στις καλλιεργούμενες εκτάσεις και την παραγόμενη ποσότητα κατέχουν τα καρύδια, αμύγδαλα και κάστανα. Την πρώτη θέση στις καλλιεργούμενες εκτάσεις και την παραγόμενη ποσότητα κατείχε η περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας, ενώ τη δεύτερη θέση η περιφέρεια Αττικής. Το φιστίκι Αιγίνης έχει χαρακτηριστεί προϊόν Προστατευόμενης Ονομασίας Προέλευσης (ΠΟΠ) από την ΕΕ (ΕΚ 1263/96), όπως και της Φθιώτιδας και των Μεγάρων.

2.2. Βοτανική ταξινόμηση – Μορφολογία – Βιολογία Φιστικιάς

Η φιστικιά (*Pistacia vera* L.) (Εικόνα 3) ανήκει στην οικογένεια των Anacardiaceae και γενικότερα στην ομάδα των ακροδρύων.



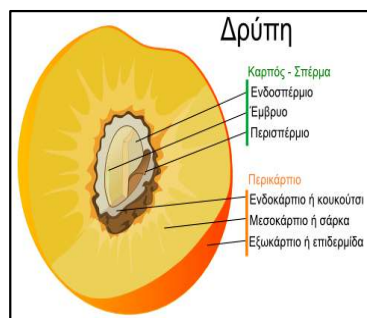
Εικόνα 3. Δένδρο φιστικιάς (www.mistikatoukiprou.gr)

Τα είδη που αυτοφύονται στην Ελλάδα είναι συνολικά πέντε : η *Pistacia terebinthus* L, που χρησιμοποιείται ως υποκείμενο της φιστικιάς κυρίως για την εγκατάσταση φυτειών με εξημέρωση, η *Pistacia terebinthus* cv. tsikoudia, που χρησιμοποιείται και αυτό ως υποκείμενο της φιστικιάς και θεωρείται ως το πιο κατάλληλο, η *Pistacia lentiscus* L., που χρησιμοποιείται σαν καλλωπιστικό φυτό, η *Pistacia lentiscus* cv chia, το κοινώς μαστιχόδενδρο και η *Pistacia vera* L. που είναι η καλλιεργούμενη ήμερη φιστικιά. (Ποντίκης, 1996).

Η φιστικιά είναι δένδρο φυλλοβόλο, δυικό, πρωτανδρικό, μακρόβιο, φτάνει σε ύψος μεταξύ των 6 και 9 μέτρων και έχει βραδείς ρυθμούς ανάπτυξης. Ένα από τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα της παραγωγής της φιστικιάς είναι η παρενιαυτοφορία, κατά την οποία εναλλάσσονται μία χρονιά με μεγάλη παραγωγή και μία με μικρή ή με ακαρπία (Γεωργιάδου, 2009).

Ο καρπός της φιστικιάς είναι δρύπη (Εικόνα 4). Οι καρποί της φιστικιάς αποτελούνται από τρία μέρη. Το εξωκάρπιο, το μεσοκάρπιο και το ενδοκάρπιο. Το εξωκάρπιο είναι ένα μαλακό σαρκώδες κύτος, αντίθετα το μεσοκάρπιο αποτελεί το

σκληρό κέλυφος, ενώ το ενδοκάρπιο είναι το σπέρμα, δηλαδή η ψίχα του καρπού που αποτελεί και το βρώσιμο μέρος του καρπού. Το σπέρμα περιβάλλεται από λεπτό φλοιό χρώματος βυσσίני ή κόκκινο στο μεγαλύτερο μέρος της επιφάνειάς του, που περικλείει το έμβρυο και τις δύο κοτυληδόνες, που έχουν χρώμα, ανάλογα με την ποικιλία, από κρεμ μέχρι πράσινο (Γεωργιάδου 2009).



Εικόνα 4. Ανατομία σπόρου τύπου δρύπης (www.wikipedia.org)

Το ενδοκάρπιο ξεκινά την ανάπτυξή του τον Ιούλιο και γεμίζει πλήρως μέχρι τα μέσα Αυγούστου. Οι καρποί κατά την ωρίμανση αποκτούν χρώμα κρεμ ή κίτρινο με κόκκινη ή ροζ απόχρωση στο τμήμα που βλέπει ο ήλιος. Επιπλέον, το εξωκάρπιο γίνεται μαλακό και ξεκολλάει από το ξυλοποιημένο μεσοκάρπιο εύκολα. Στους γεμάτους καρπούς το ξυλοποιημένο μεσοκάρπιο σχίζεται κατά μήκος της ραφής (ανοικτά φιστίκια), σε ποσοστό που κυμαίνεται από 20-95 %, χαρακτηριστικό που καθορίζει την ποιότητά τους και συνεπώς και την τιμή πώλησής του (Ferguson, 1995, Γεωργιάδου 2009).

Στη χώρα μας μέχρι σήμερα καλλιεργείται σχεδόν αποκλειστικά μόνον μια θηλυκή ποικιλία, η Αιγίνης, ενώ ως επικονιαστές χρησιμοποιούνται τρεις αρσενικές ποικιλίες οι «Α», «Β», και «Γ». Οι σπουδαιότερες εγχώριες ποικιλίες πέρα από την Αιγίνης είναι η Νυχάτη, η Φουντουκάτη, και η Pontikis. Από τις ξένες ποικιλίες, οι ποικιλίες που καλλιεργούνται περισσότερο είναι η Kerman, η Sfax, η Joley, η Napoletana, η Ajamy, η Cerasola, η Mateur, η Mumtaz, η Red Aleppo, η Sirora και η Bronte (Ποντίκης, 1996).

2.3. Ωρίμανση , Συγκομιδή, Επεξεργασία και Αποθήκευση Φιστικιού

Συνήθως οι καρποί δεν ωριμάζουν όλοι μαζί. Οι πρώτοι ώριμοι καρποί εμφανίζονται στις αρχές και μέσα Αυγούστου. Σαν κριτήρια ωριμότητας των καρπών χρησιμοποιούνται η εύκολη αποκόλληση του περικαρπίου τους από το ξυλοποιημένο ενδοκάρπιο και η εύκολη απόσπαση των καρπών με ελαφρό τίναγμα. Λόγω της

διαδοχικής τους ωρίμανσης, οι καρποί συγκομίζονται συνήθως σε δύο ή και σε τρία χέρια. (Ποντίκης, 1996).

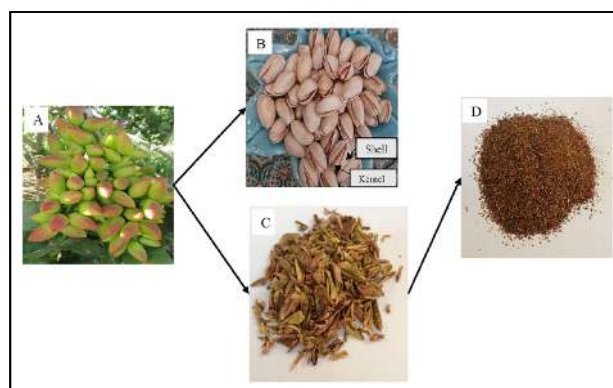
Αμέσως μετά τη συγκομιδή τα φιστίκια οδηγούνται στις αποφλοιωτικές μηχανές και ακολουθεί η αφαίρεση του περικαρπίου από το σκληρό κέλυφος. Η διεργασία της αποφλοιώσης περιλαμβάνει την αρχική πλύση του καρπού και στη συνέχεια αποφλοιώση. Κατά τη συγκομιδή, τα φρέσκα φιστίκια έχουν περίπου 30% υγρασία ενώ για να δημιουργηθεί ένα σταθερό γεωργικό προϊόν, οι καρποί πρέπει να ξεραθούν και να αποκτήσουν υγρασία 7% ή λιγότερο (Ποντίκης, 1996).

Επακολουθεί η διαδικασία της αποξήρανσης, η οποία μπορεί να είναι φυσική ή τεχνητή με ξήρανση σε ξηραντήριο, και στη συνέχεια η αποθήκευση σε κατεψυγμένο περιβάλλον. Έπειτα ακολουθεί η διαλογή φιστικιού χειρωνακτικά ή μηχανικά, με τη μηχανική διαλογή να θεωρείται αποτελεσματικότερη, διότι επιτυγχάνεται εξοικονόμηση χρόνου και παράλληλα μείωση κόστους στην επεξεργασία φιστικιού (Αλυφαντή, 2013).

Στη συνέχεια τα αποξηραμένα φιστίκια αποθηκεύονται πάλι σε αποθήκες – ψυγεία.. Πριν την τελική συσκευασία γίνεται η τελική επεξεργασία του φιστικιού, η οποία περιλαμβάνει το ψήσιμο και το αλάτισμα, ανάλογα με τον τύπο του τελικού προϊόντος (Γεωργιάδου, 2015). Η μεγαλύτερη ποσότητα φιστικιών διατίθεται στην κατανάλωση με το κέλυφος, αλατισμένα και ψημένα. Σαν ψίχα χρησιμοποιείται κυρίως στη ζαχαροπλαστική, στην αλλαντοποιία, ενώ μικρή ποσότητα ελαίου φιστικιού χρησιμοποιείται για τη δημιουργία καλλυντικών καθώς και για την παραγωγή βουτύρου. (Γεωργιάδου, 2015).

2.4. Σύσταση περικαρπίου φιστικιάς

Το περικάρπιο (φλοιός) του φιστικιού αποτελεί βασικό παραπροϊόν του φιστικιού (10 % m/m) με υψηλή περιεκτικότητα σε βιοενεργές ενώσεις, όπως πολυφαινόλες, ακόρεστα λιπαρά οξέα κ.ά., τα οποία έχουν αντιοξειδωτικές και άλλες προστατευτικές ιδιότητες (Tomaino, *et al*, 2010; Arjeh, *et al*, 2020).



Εικόνα 5: **A:** Καρπός της φιστικιάς, **B:** ενδοσπέρμιο και σπέρμα φιστικιού, **C:** περικάρπιο φιστικιού και **D:** σκόνη περικαρπίου (Arjeh *et al.*, 2020).

Το περικάρπιο (φλοιός) (Εικόνα 5) επειδή δεν πωλείται στο εμπόριο μαζί με το φιστίκι τις περισσότερες φορές παραμένει στο έδαφος και μπορεί να αποτελέσει περιβαλλοντικό ρύπο εάν δεν γίνει περεταιίρω διαχείρισή του, ενώ κάποιες φορές χρησιμοποιείται ως κτηνοτροφική τροφή (Garavand *et al.*, 2017; Arjeh *et al.*, 2020). Αποτελεί καλή πηγή πρωτεϊνών, ιχνοστοιχείων και βιταμινών, και περιέχει υψηλά ποσοστά υγρασίας (περισσότερο από 70% m/m) (Özbek, *et al.*, 2018; Arjeh *et al.*, 2020). Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται μερικά χαρακτηριστικά της χημικής σύστασης του περικαρπίου του φιστικιού που προέκυψαν από την εργασία των Özbek *et al.* (2018).

Πίνακας 2. Μερικά χαρακτηριστικά της χημικής σύστασης του περικαρπίου του φιστικιού (hull), όπου το μη πολικό εκχύλισμα αφορά έλαια, λιπόφιλες βιταμίνες, φαινολικές ενώσεις, φυτοστερόλες και λιπαρά οξέα (Özbek *et al.*, 2018).

Συστατικό	Περικάρπιο φιστικιού
Περιεκτικότητα σε υγρασία (% WM, Wet Mass) ^α	70,81
Πρωτεΐνη (% DM, Dry Mass) ^β	11,40
Μη πολικό εκχύλισμα (% DM, Dry Mass)	9,50
Ολικοί πολυσακχαρίτες (% DM, Dry Mass)	70,56
^α νωπή μάζα	
^β ξηρή μάζα	

Κυρίαρχο λιπαρό οξύ και στο περικάρπιο από τη μελέτη των Grace *et al.*, 2016 βρέθηκε να είναι το λινολεϊκό οξύ, το οποίο ακολουθείται από το ελαϊκό οξύ και στη συνέχεια από το παλμιτικό οξύ (Πίνακας 3). Επομένως παρατηρείται υψηλότερο το

ποσοστό των ακόρεστων λιπαρών οξέων (87% m/m), με το πολυακόρεστο λινολεϊκό οξύ να αποτελεί το 50% των συνολικών λιπαρών οξέων. Άρα φαίνεται ότι το περικάρπιο έχει υψηλότερη περιεκτικότητα σε πολυακόρεστα λιπαρά οξέα από ότι το σπέρμα.

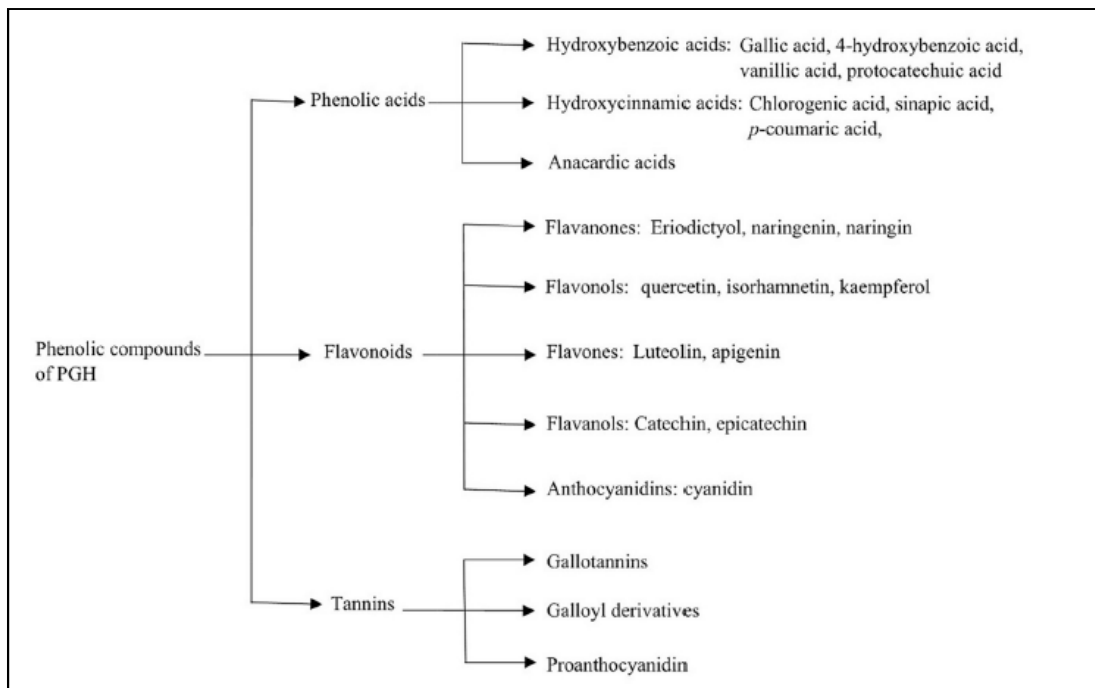
Πίνακας 3. Ποσοτική ανάλυση λιπαρών οξέων από εκχύλισμα περικαρπίου φιστικιού. Τα δεδομένα παρουσιάζονται με μέση τιμή \pm SD τριών ανεξάρτητων δειγμάτων (Grace *et al.*, 2016).

Quantitative analysis of non-polar and polar extracts from pistachio hull. Data are expressed as mean \pm SD of three independent samples.

Sample	Concentration (mg/g extract)	Concentration ³ (mg/100 g dried hull)
Non-polar extract (NP)		
Fatty acids		
Myristic acid (14:0)	0.73 \pm 0.08	6.54 \pm 0.69
Palmitic acid (16:0)	16.05 \pm 1.10	144.43 \pm 9.91
Margaric acid (17:0)	0.32 \pm 0.04	2.85 \pm 0.33
Stearic acid (18:0)	4.34 \pm 0.20	39.06 \pm 1.77
Elaidic acid (18:1)	2.54 \pm 0.13	22.88 \pm 1.20
Oleic acid (18:1)	59.49 \pm 4.48	535.38 \pm 40.31
Linoleic acid (18:2)	83.22 \pm 6.34	748.97 \pm 57.08
Sum	166.68 \pm 12.37	1500.12 \pm 111.31

Παρατηρήθηκε επίσης σημαντική παρουσία καροτενοειδών, χλωροφυλλών, τοκοφερολών και τριών τριτερπενικών οξέων. Οι φαινολικές ενώσεις που περιέχει μπορεί να κυμαίνονται από πολύ απλές (γαλλικό οξύ) έως πιο πολύπλοκες (γαλλοτανίνες), παρουσιάζουν δε μεγάλο εύρος πολικότητας, από μέτριας πολικότητας, όπως φλαβονοειδείς γλυκοζίτες και γαλλοτανίνες έως πολικά φαινολικά λιπίδια, όπως ανακαρδικά οξέα (Erşan *et al.*, 2016; Arjeh *et al.*, 2020).

Εμφανίζει μεγάλη περιεκτικότητα σε ανθοκυανίνες, φλαβαν-3-όλες, προανθοκυανιδίνες, φλαβονόλες, ισοφλαβόνες, φλαβονόνες, στιλβένια και φαινολικά οξέα, τα οποία έχουν ισχυρές αντιοξειδωτικές και άλλες προστατευτικές ιδιότητες στην υγεία, όπως στη ρύθμιση της χοληστερόλης και στην περίπτωση των καρδιαγγειακών ασθενειών (Tomaino *et al.*, 2010; Tsantili, *et al.*, 2011). Οι ενώσεις αυτές παράγονται γενικότερα από μέλη της οικογένειας Anacardiaceae ως δευτερογενείς μεταβολίτες από πρόδρομες ενώσεις ακόρεστων λιπαρών οξέων, ενώ βιοσυνθετικά συνήθως με τη χρήση συνενζύμου CoA από παλμιτολεϊκό οξύ (Saitta, *et al.*, 2009). Διακρίνονται σε τρεις κύριες ομάδες, τα φαινολικά οξέα, τα φλαβονοειδή και τις ταννίνες, όπως παρουσιάζονται στην Εικόνα 6, όπου φαίνονται επίσης οι κύριες φαινολικές ενώσεις που περιέχονται στο περικάρπιο του φιστικιού (Arjeh *et al.*, 2020).



Εικόνα 6. Κύριες φαινολικές ενώσεις που περιέχονται στο περικάρπιο του φιστικιού (Arjeh *et al.*, 2020).

Μερικές από τις κύριες φαινολικές ενώσεις που περιέχονται στο περικάρπιο του φιστικιού είναι το γαλλικό οξύ, η κερκετίνη, η κατεχίνη κ.ά. (Barraca *et al.*, 2016), ενώ σύμφωνα με τους Erşan, *et al.* (2016), φαίνεται ότι τα ανακαρδικά οξέα είναι από τα πιο άφθονα από αυτά. Το γαλλικό οξύ, μια χαμηλού σχετικού μοριακού βάρους πολυφαινόλη που συναντάται ευρέως στα κόκκινα φρούτα, αποτελεί ένα από τα κύρια φαινολικά συστατικά του περικαρπίου και απαντάται τόσο ελεύθερο, όσο και συνδεδεμένη με ταννίνες. Η κερκετίνη, ένα πολυφαινολικό φλαβονοειδές του περικαρπίου, είναι υπεύθυνη για τη στυφή και πικρή γεύση στους χυμούς φρούτων και στο κρασί. Τα ανακαρδικά οξέα είναι φαινολικά λιπίδια που αποτελούνται από φαινολικούς δακτυλίους και πλευρικές αλειφατικές αλυσίδες και είναι από τα κύρια συστατικά των φαινολικών ενώσεων του περικαρπίου (Arjeh *et al.*, 2020). Από την εργασία των Tomaino *et al.* (2010), φαίνεται ότι όλες αυτές οι ενώσεις εμφανίζονται σε υψηλότερα επίπεδα στο περικάρπιο από ότι στο σπέρμα του καρπού. Συγκεκριμένα το περικάρπιο φαίνεται ότι περιέχει υψηλότερα επίπεδα φλαβονοειδών, φλαβονολών, ανθοκυανινών και πρωτοανθοκυανιδινών από ότι το σπέρμα (Tomaino *et al.*, 2010).

2.5. Παραπροϊόντα καλλιέργειας φιστικιάς και χρήση τους

Σχετικά με τη φιστικιά, το περικάρπιο αποτελεί το κύριο παραπροϊόν της βιομηχανίας φιστικιού, που αποτελεί περίπου το 20% (DM) του καρπού (Erşan *et al.*, 2016). Χαρακτηρίζεται για τα υψηλά επίπεδα φαινολικών ενώσεων που περιέχει (Fattahifar *et al.*, 2018; Arjeh *et al.*, 2020), όπως φλαβονόλες (π.χ. κερκετίνη), φαινολικά οξέα (π.χ. γαλλικό οξύ) και φλαβαν-3-όλη (π.χ. κατεχίνη) (Barreca *et al.*, 2016; Arjeh *et al.*, 2020), οι οποίες δείχνουν ότι το περικάρπιο αποτελεί μια φυσική πηγή ενώσεων που σχετίζονται με την υγεία του ανθρώπου, ειδικότερα αντιοξειδωτικών ενώσεων (Goli *et al.*, 2005), καθώς επίσης και ουσιών που είναι χρήσιμες στη φαρμακοβιομηχανία (Barreca *et al.*, 2016).

Μερικές από τις χρήσεις του περικαρπίου του φιστικιού, οι οποίες έχουν μελετηθεί από σχετικές εργασίες, είναι ως ζωοτροφή για βοοειδή (Behgar *et al.*, 2009; Erşan *et al.*, 2016), ως υλικό για την παραγωγή βιοκαυσίμων (Demiral, Atilgan & Şensöz, 2009; Erşan *et al.*, 2016), ως υλικό για την απομάκρυνση τοξικών ρύπων (π.χ. κυανιούχων) από τα λύματα, (Moussavi & Khosravi, 2010; Erşan *et al.*, 2016) και ως υλικό ζελατινωδών τροφίμων (Moghaddam, *et al.*, 2009; Erşan *et al.*, 2016).

Το περικάρπιο του φιστικιού επιπλέον, εμφανίζει αντιμικροβιακή δράση (Fattahifar *et al.*, 2018; Arjeh *et al.*, 2020), αφού σύμφωνα με τους Rajaei *et al.*, (2010) το εκχύλισμά του φάνηκε ότι εμποδίζει την ανάπτυξη θετικών κατά Gram βακτηρίων.

Οι εφαρμογές που παρουσιάζουν οι βιοενεργές ουσίες που περιέχονται στο περικάρπιο περιλαμβάνουν αντιφλεγμονώδεις, αντικαρκινικές, αντιαγγειογόνες, αντιμικροβιακές και αντιοξειδωτικές δράσεις (Garavand *et al.*, 2017). Αρκετές μελέτες έχουν δείξει ότι το περικάρπιο του φιστικιού μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μια πολύ ικανοποιητική πηγή αντιοξειδωτικών ενώσεων (Roostaei *et al.*, 2017; Taghizadeh *et al.*, 2018).

Σύμφωνα επίσης με την εργασία των Harandi, *et al.* (2018), φαίνεται ότι το εκχύλισμα περικαρπίου φιστικιού έχει την ικανότητα να σκοτώνει επιλεκτικά τα HepG2 καρκινικά κύτταρα και να εμποδίζει τον πολλαπλασιασμό τους, και μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο μέλλον για την παραγωγή αντικαρκινικών φαρμάκων. Τέλος, σύμφωνα με τους Akbari-Alavijeh, *et al.*, (2018) οι υδατοδιαλυτοί πολυσακχαρίτες του περικαρπίου φαίνεται ότι μπορούν να μειώσουν τον κίνδυνο για διαβήτη, αρτηριοαγγειακά νοσήματα και πολυσακχαρία λόγω μείωσης της πρόσληψης ορισμένων θρεπτικών από το έντερο (λίπη, σάκχαρα και αλάτι), και προτείνουν ότι μπορεί να εισαχθεί ως προβιοτικό σε τρόφιμα.

Οι φαινολικές ενώσεις που περιέχονται στο περικάρπιο φιστικιού επιπλέον έχουν δράση αναστολής της τυροσινάσης (Fattahifar *et al.*, 2018). Μπορούν επομένως να χρησιμοποιηθούν για την αντιμετώπιση του προβλήματος της μικρής διάρκειας ζωής των μανιταριών που πωλούνται προς κατανάλωση, τα οποία πολύ σύντομα μετά τη συγκομιδή αποκτούν καφέ χρώμα εξαιτίας της δράσης της τυροσινάσης που περιέχουν (Fattahifar *et al.*, 2018). Σύμφωνα με την εργασία των Fattahifar *et al.*, (2018) φαίνεται ότι το περικάρπιο του φιστικιού αποτελεί έναν αρκετά καλό αναστολέα της τυροσινάσης και ότι βελτιώνει αρκετά τη διάρκεια ζωής των μανιταριών. Επιπλέον στην εργασία των Abolhasani *et al.*, (2018), παρατηρήθηκε αντίστοιχη δράση σε πατάτες. Επομένως το περικάρπιο του φιστικιού μπορεί να αποτελέσει ένα νέο φυσικό αναστολέα της τυροσινάσης για τη μείωση της ενζυματικής της δράσης, όπως στον καφέ χρωματισμό των τροφίμων και στην παραγωγή μελανίνης στο ανθρώπινο δέρμα (Fattahifar *et al.*, 2018).

Σύμφωνα με τους Nazeri *et al.*, (2018) φαίνεται επίσης ότι το εκχύλισμα του περικαρπίου, χάρη στις φαινολικές ενώσεις που περιέχει μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη συντήρηση ψαριών σε πάγο, όπως η πέστροφα, κυρίως προστατεύοντας τα ακόρεστα λιπαρά από την οξείδωση. Ωστόσο υποστηρίζεται από την ίδια μελέτη ότι πρέπει να μελετηθεί καλύτερα αυτή η εφαρμογή, καθώς είναι πιθανό να επηρεάζει τη γεύση και την οσμή της σάρκας του ψαριού.

Το Ιράν είναι ένας από τους κύριους παράγωγους φιστικιού στον κόσμο. Αυτό το παραπροϊόν των φιστικιών αποτελείται από: 64,5% περικάρπιο, 25% σύμπλεγμα, 10% φύλλα και 0,5% ψίχα και κέλυφος (Mahdavi *et al.*, 2009). Σε έρευνά τους μελέτησαν την θρεπτική αξία των αποξηραμένων υποπροϊόντων του φιστικιού και αξιολόγησαν την επίδρασή τους στην πάχυνση των αρνιών. Διεξήχθη, λοιπόν, ένα πείραμα για να διερευνηθεί η ποιότητα και η θρεπτική αξία των σιλό με περικάρπιο φιστικιού με διαφορετικά επίπεδα ουρίας και μελάσας. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η προσθήκη μελάσας επηρέασε θετικά την ποιότητα των αποξηραμένων υποπροϊόντων φιστικιού, ενώ παράλληλα μείωσε το pH.

Οι Moumen *et al.*, (2003) μελέτησαν την επίδραση της προσθήκης διαφορετικών ποσοτήτων περικαρπίου στην τροφή κατσικιών στην ποιότητα της παραγωγής κασμιριού. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι από κατσίκες που λάμβαναν διατροφή ενισχυμένη κατά 10% με το περικάρπιο φιστικιού παράχθηκε ποιοτικότερο κασμίρ, λεπτότερο και μεγαλύτερης αντοχής.

Αντίστοιχα, οι Ghasemi *et al.* (2012) σε έρευνα τους μελέτησαν την επίδραση της μερικής και ολικής αντικατάστασης του τριφυλλιού σανό με περικάρπιο φιστικιού, ως προς την πρόσληψη θρεπτικών ουσιών, στα πρόβατα Baloochi. Οι ερευνητές συμπέραναν ότι τα παραπροϊόντα φιστικιού μπορεί να θεωρηθούν χρήσιμα για την αντικατάσταση του σανό στη διατροφή των προβάτων Baloochi (Αλυφαντή, 2013).

Τέλος, έχει γίνει προσπάθεια απομόνωσης και χρήσης πηκτινών από το περικάρπιο του φιστικιού, όπου φαίνεται ότι περιέχονται ικανοποιητικά επίπεδα, οι οποίες είναι παρόμοιας χημικής δομής με άλλων φρούτων. Οι πηκτίνες, οι οποίες ήδη απομονώνονται κυρίως από φλούδες εσπεριδοειδών και μήλων, χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία τροφίμων λόγω των ιδιοτήτων της πηκτωματοποίησης, γαλακτωματοποίησης και σταθεροποίησης περιεχομένων υλικών (Kazemi *et al.*, 2019; Arjeh *et al.*, 2020). Χρησιμοποιούνται κυρίως για την παρασκευή ζελέ φρούτων και ζελατινωδών τροφίμων, ενώ μπορεί να χρησιμοποιηθούν και για την παραγωγή μεμβρανών συσκευασίας τροφίμων (Valdés *et al.*, 2015). Έχει δε μελετηθεί ήδη η παρασκευή μαρμελάδας από πηκτίνη του περικαρπίου φιστικιού (Moghaddam *et al.*, 2009).

Η πιο ενδιαφέρουσα εφαρμογή των πηκτινών ωστόσο, καθώς και άλλων πολυσακχαριτών, είναι η παραγωγή εδώδιμων βιοπολυμερών μεμβρανών για την προστασία και συντήρηση τροφίμων, όπως φρούτα και λαχανικά (Valdés *et al.*, 2015; Otoni *et al.*, 2017; Chiralt *et al.*, 2020). Τέτοιες μεμβράνες αποτελούν ένα φιλικό προς το περιβάλλον υλικό που θα μπορούσε να αντικαταστήσει τις πλαστικές συσκευασίες τροφίμων που χρησιμοποιούνται ήδη, καθώς μπορούν να συντίθενται από ανανεώσιμες πηγές, και αποτελούν ένα αρκετά καλό βιοδιασπώμενο πολυμερές σε σχέση με αντίστοιχα βιοδιασπώμενα υλικά που χρησιμοποιούνται ήδη (Valdés *et al.*, 2015; Otoni *et al.*, 2017).

2.5.1. Η βιώσιμη διαχείριση των αποβλήτων φιστικιού

Οι αγροτικές καλλιέργειες και οι αγροτοβιομηχανίες αποτελούν έναν σοβαρό παράγοντα της παγκόσμιας βιομηχανικής ρύπανσης. Με την τεράστια ανάπτυξη της τεχνολογίας, σημαντικό μέρος της έρευνας έχει αφιερωθεί στη μελέτη αξιοποίησης των αγροτικών και αγροτοβιομηχανικών αποβλήτων, με βασικό στόχο τη μεγιστοποίηση της ανάκτησης υλικών και την παραγωγή ενέργειας. Όσον αφορά τα απόβλητα από την καλλιέργεια/επεξεργασία του φιστικιού, πρόσφατες έρευνες έχουν δείξει ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή βιο – καυσίμων, σε διαδικασίες προσρόφησης, ως

πράσινοι διαλύτες, καθώς και ως τροφή ζώων.

Οι Demiral *et al.* (2009), σε μια έρευνά τους στην Τουρκία μελέτησαν το κέλυφος του φιστικιού ως δείγμα βιομάζας. Τα κελύφη των ξηρών καρπών προορίζονται αποκλειστικά για άμεση καύση, αλλά το κέλυφος του φιστικιού θεωρείται και πιθανή ανανεώσιμη πηγή καυσίμων και χημικών πρώτων υλών. Καθώς το φιστίκι περιέχει 18% κέλυφος, περίπου 13.000 τόνοι/έτος κελύφους λαμβάνονται ως υπολείμματα. Στόχος των ερευνητών ήταν να διερευνηθούν οι βέλτιστοι παράμετροι πυρόλυσης, που μπορούν να δώσουν το μέγιστο βιο-έλαιο. Τα αποτελέσματα ανέδειξαν το βιο-πετρέλαιο ως υποψήφιο βιο-καύσιμο. Το βιο-πετρέλαιο μπορεί να χρησιμοποιείται ως πηγή χαμηλού βαθμού καύσιμου άμεσα ή μπορεί να αναβαθμιστεί σε υψηλότερη ποιότητα υγρών καυσίμων με την εφαρμογή διαφόρων μεθόδων. Οι Aik Chong Lua *et al.* (2003) σε μελέτη τους, ερεύνησαν τη βιωσιμότητα της χρήσης κελύφους φιστικιού για την παραγωγή ενεργού άνθρακα, και τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα κελύφη φιστικιού μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πρώτη ύλη για την παρασκευή ενεργού άνθρακα (Αλυφαντή, 2013).

3. Το Μαρούλι

3.1. Γενικά στοιχεία

Το καλλιεργούμενο μαρούλι (*Lactuca sativa* L.) θεωρείται ότι κατά πάσα πιθανότητα προήλθε από το άγριο μαρούλι *Lactuca serriola* ή *scariola* L., το οποίο είναι αυτοφυές σε πολλές περιοχές της Ελλάδας. Τόποι καταγωγής του μαρουλιού θεωρούνται οι χώρες της Ανατολικής Μεσογείου και οι νοτιοδυτικές χώρες της Ασίας (Μικρά Ασία, Καύκασος, Περσία και Τουρκιστάν). Σήμερα το μαρούλι θεωρείται ως ένα από τα σημαντικότερα φυλλώδη λαχανικά που καταναλώνονται νωπά τόσο στην Ελλάδα όσο και σε χώρες της Κεντρικής Ευρώπης, στην Αμερική, στην Αυστραλία, στη Ν. Ζηλανδία και στην Ιαπωνία. Στην Ασία παράγεται το 50% περίπου της παγκόσμιας παραγωγής, ενώ το 27% και 20% στη Βόρεια και Κεντρική Αμερική και Ευρώπη αντίστοιχα. Η Κίνα και οι Η.Π.Α είναι οι κυριότερες χώρες παραγωγής σε διεθνές επίπεδο, ενώ η Ιταλία, η Ισπανία και η Γαλλία σε ευρωπαϊκό επίπεδο (Ολύμπιος, 2001).

Στην Ελλάδα το μαρούλι καλλιεργείται κυρίως στην ύπαιθρο σχεδόν όλη τη διάρκεια του χρόνου, αλλά κυρίως από νωρίς το φθινόπωρο μέχρι αργά την άνοιξη. Το καλοκαίρι η παραγωγή περιορίζεται σημαντικά, λόγω των προβλημάτων που δημιουργούνται (σχηματισμός ανθικών στελεχών) από τις υψηλές θερμοκρασίες και το

μεγάλο μήκος ημέρας. Τα τελευταία χρόνια όμως καλλιεργείται μαρούλι και στα θερμοκήπια κατά τη διάρκεια του χειμώνα, γιατί η ανάπτυξη των φυτών γίνεται πιο γρήγορα, παράγεται προϊόν πολύ καλής ποιότητας και παρέχεται η δυνατότητα ανάπτυξης των φυτών σε υδροπονικές καλλιέργειες. Το μαρούλι καλλιεργείται σε όλες τις περιοχές της Ελλάδας, οι μεγαλύτερες όμως εκτάσεις συγκεντρώνονται γύρω από τα μεγάλα αστικά κέντρα (Ολύμπιος, 2001).

Ανάλογα με την μορφή, τη διάταξη των φύλλων τους στον βλαστό και τον σχηματισμό ή μη κεφαλής διακρίνονται τέσσερις βασικές κατηγορίες ή τύπους μαρουλιού (Ολύμπιος, 2001):

1. Cos - Romaine (Κως - Ρομάννα) : Τα φυτά είναι όρθια, ψηλότερα από των άλλων τύπων και φέρουν λεπτά, στενά, επιμήκη φύλλα, χρώματος βαθύ πράσινου στο εξωτερικό και ανοιχτού πράσινου στο εσωτερικό
2. Λείο κεφαλωτό (Butterhead) : Σχηματίζει κλειστή, σφαιρική κεφαλή με λεία ή ελαφρώς κυματοειδή φύλλα
3. Κατσαρό κεφαλωτό (Iceberg) : Κεφαλωτό, κατσαρό μαρούλι κατάλληλο για φθινοπωρινή, χειμερινή και ανοιξιάτικη καλλιέργεια.
4. Σαλάτα (Looseleaf) : Τα φυτά αναπτύσσουν τα φύλλα τους ελεύθερα και δεν σχηματίζουν κεφαλή.

Το φυτό του μαρουλιού είναι δικοτυλήδονο, μονοετές, ποώδες. Τα φύλλα του είναι λεία, πλατειά, διαφόρου μεγέθους και σχήματος, ωοειδή, καρδιοειδή, επιμήκη, εμφανίζονται πάνω στον κοντό βλαστό κατά σπειροειδή διάταξη, είναι ακέραια ή κυματοειδή ή ακανόνιστα οδοντωτά. Το χρώμα, ανάλογα με τον τύπο και την ποικιλία κυμαίνεται από βαθύ πράσινο ή πρασινοκίτρινο ως με μια κοκκινωπή απόχρωση. (Κανάκης, 2007). Το μαρούλι είναι αυτογόνιμο φυτό. Ο καρπός (σπόρος) είναι αχαίνιο, μικρός, επιμήκης (3-4 mm), χρώματος πράσινου ή λευκού, λείος με 5-7 ραβδώσεις και φέρει πάππο (φούντα) από λεπτές λευκές τρίχες, το χαρακτηριστικό των συνθέσεων (Ολύμπιος, 2001).

Ως προς το έδαφος το μαρούλι είναι λιγότερο απαιτητικό. Αναπτύσσεται και αποδίδει ικανοποιητικά σε διάφορους τύπους εδαφών, όμως ευδοκιμεί καλύτερα σε γόνιμα, μέσης σύστασης εδάφη, ενώ καταλληλότερα εδάφη είναι τα ουδέτερα ή τα ελαφρώς όξινα (pH: 6-7) (Ολύμπιος, 2001). Το μαρούλι, ως φυτό ψυχρής εποχής, ευδοκιμεί καλύτερα στη χώρα μας κατά την περίοδο του φθινοπώρου μέχρι την άνοιξη και η άριστη θερμοκρασία ανάπτυξης του είναι 15-18°C (Ολύμπιος, 2001).

Για πολύ πρώιμα μαρούλια η σπορά γίνεται σε ψυχρά ή θερμά σπορεία,

συνήθως από Σεπτέμβριο έως Φεβρουάριο και η συγκομιδή από Οκτώβριο έως Μάιο εφόσον οι κλιματικές συνθήκες το επιτρέπουν. Ανάλογα με την ποικιλία, τον τρόπο καλλιέργειας (ύπαιθρος ή θερμοκήπιο) και την εποχή σποράς, απαιτούνται 2-5 μήνες από τη σπορά έως τη συγκομιδή (Ολύμπιος, 2001).

Το μαρούλι επίσης θεωρείται μια σχετικά εύκολη καλλιέργεια για την εφαρμογή συστημάτων καλλιέργειας εκτός εδάφους. όπως σε υδροπονικό σύστημα επίπλευσης, σε υδροπονικό σύστημα λεπτής στοιβάδας θρεπτικού διαλύματος και σε αεροπονία (Ολύμπιος, 2001).

3.2.Συλλογή, Συσκευασία και Συντήρηση μαρουλιού

Τα μαρούλια συλλέγονται μόλις τα φύλλα μεγαλώσουν και υπάρχει ζήτηση στην αγορά. Όταν τα φυτά μεγαλώσουν πολύ, γίνονται σκληρά και πικρά.. Για την αύξηση του χρόνου συντήρησης τα μαρούλια πρέπει να προψύχονται αμέσως.

Ο ιδανικότερος τρόπος πρόψυξης είναι υπό κενό. Η θερμοκρασία στο κέντρο των κεφαλών πρέπει να κατέλθει στους 0°C. για 3-4 εβδομάδες. Η μεταφορά στις μακρινές αγορές γίνεται με αυτοκίνητα ψυγεία. Οι αποδόσεις κυμαίνονται από 2-4 τόνους/στρ, ενώ διατηρείται 10-14 ημέρες σε θερμοκρασία 10°C και σχετική υγρασία 95-97% (Κανάκης 1998).

Η ποιότητα του μαρουλιού κατά τη συντήρησή του, αλλά και η μετασυλλεκτική του ζωή εξαρτώνται από τις καλλιεργητικές τεχνικές, καθώς και από τη θερμοκρασία κατά τη συντήρηση (Lipton, 1987). Πολλές μελέτες πάνω στη μετασυλλεκτική συμπεριφορά έχουν δείξει ότι τα πιο ώριμα φύλλα είναι αυτά που συντηρούνται καλύτερα. Ωστόσο, έχει μελετηθεί ελάχιστα η φυσιολογία της γήρανσης των ιστών των λαχανικών, όπως το μαρούλι, τα οποία βρίσκονται σε ταχεία ανάπτυξη κατά τη συγκομιδή. Στη διάρκεια της συγκομιδής οι ιστοί του μαρουλιού υπόκεινται σε ισχυρό «σοκ», λόγω της απότομης διακοπής της παροχής νερού και των θρεπτικών στοιχείων. Εξαιτίας του «σοκ» οι ιστοί του μαρουλιού αδυνατούν να διατηρήσουν τη μεταβολική τους δραστηριότητα με αποτέλεσμα σύντομα να επέρχεται η ποιοτική υποβάθμιση των φύλλων (Siomos *et al.*, 2001).

3.3.Διατροφική αξία μαρουλιού

Η διατροφική αξία του μαρουλιού ποικίλλει ανάλογα με την ποικιλία. Το μαρούλι γενικά παρέχει μικρές ποσότητες φυτικών ινών, μερικά σάκχαρα, λίγες πρωτεΐνες και ίχνη λίπους. Τα σημαντικότερα θρεπτικά συστατικά του είναι η βιταμίνη

Α και το κάλιο. Η βιταμίνη Α προέρχεται από β-καροτένιο, το οποίο αν και έχει κίτρινο-πορτοκαλί χρώμα δεν ξεχωρίζει λόγω του πράσινου χρώματος της χλωροφύλλης. Το β-καροτένιο, μετατρέπεται σε βιταμίνη Α στο ανθρώπινο σώμα.

Όσο πιο σκούρο πράσινο, τόσο περισσότερο β-καροτένιο έχει (Βασιλακάκης, 2014). Το μαρούλι, με εξαίρεση την ποικιλία iceberg, είναι επίσης μια μέτρια πηγή βιταμίνης C, ασβεστίου, σιδήρου και χαλκού. Οι νευρώσεις παρέχουν διαιτητικές ίνες, ενώ οι βιταμίνες και τα μέταλλα συγκεντρώνονται στο λεπτό τμήμα των φύλλων (Βασιλακάκης, 2014).

3.4. Μετασυλλεκτική μεταχείριση

3.4.1. Μετασυλλεκτική μεταχείριση μαρουλιού

Η μετασυλλεκτική ζωή και η αντοχή στους μετασυλλεκτικούς χειρισμούς διαφέρουν μεταξύ των τύπων του μαρουλιού. Σε όλες τις περιπτώσεις πάντως, οι κεφαλές του μαρουλιού θα πρέπει να δέχονται τους ελάχιστους δυνατούς μετασυλλεκτικούς χειρισμούς λόγω της υψηλής τους ευαισθησίας σε μηχανικούς τραυματισμούς. Πολύ σημαντικός για τη μετασυλλεκτική διατήρηση του μαρουλιού αποτελεί ο περιορισμός της απώλειας νερού κατά την αποθήκευση και τη μεταφορά, με την χρήση πλαστικής ημιπερατής μεμβράνης στα τοιχώματα των συσκευασιών να συμβάλλει μαζί με την ψύξη και την υψηλή σχετική υγρασία (Σ.Υ.) στη διατήρηση της φρεσκάδας, της υδατοπεριεκτικότητας των κεφαλών και την αποφυγή της μάρανσης (Πάσσαμ κ.α., 2015).

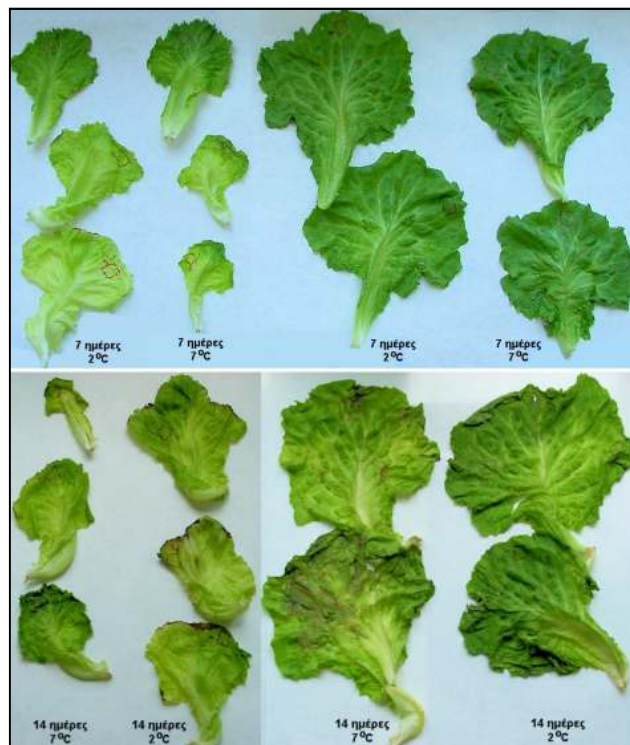
Όταν το μαρούλι πρέπει να μεταφερθεί σε ψυχόμενο κιβώτιο, είναι απαραίτητο να μειωθεί η θερμοκρασία που είχε κατά τη συγκομιδή στον αγρό με πρόψυξη γύρω στον 1^ο C, επειδή η σχεδίαση των κιβωτίων εξυπηρετεί βασικά τη διατήρηση της θερμοκρασίας, παρά την ελάττωσή της. Η πρόψυξη πρέπει να γίνεται άμεσα μετά τη συγκομιδή (Πάσσαμ κ.α., 2015).

Η πιο αποτελεσματική μέθοδος πρόψυξης για όλους τους τύπους μαρουλιού είναι η ψύξη υπό κενό (vacuum cooling), η οποία όμως εξαιτίας του υψηλού κόστους των εγκαταστάσεων χρησιμοποιείται μόνο σε μεγάλες μονάδες παραγωγής και συσκευασίας. Αναποτελεσματική πρόψυξη συχνά οδηγεί σε καστανή απόχρωση των κεντρικών νευρώσεων των φύλλων, καθώς επίσης και σε σήψη κατά τη διάρκεια της διακίνησης του προϊόντος στην αγορά (Πάσσαμ κ.α., 2015).

Στην Ελλάδα, όπου το μαρούλι παράγεται συνήθως σε σχετικά μικρές εκτάσεις

και η εφαρμογή πρόψυξης δεν είναι οικονομικά συμφέρουσα, οι κεφαλές συγκομίζονται νωρίς το πρωί (ιδιαίτερα τις θερμές ημέρες) όταν η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας είναι χαμηλή, μεταφέρονται αμέσως σε δροσερό μέρος για συσκευασία και προωθούνται κατευθείαν στην αγορά χωρίς να μεσολαβεί μεγάλο διάστημα αποθήκευσης.

Σε πολλές περιπτώσεις, οι κεφαλές μαρουλιού του τύπου iceberg τυλίγονται ατομικά σε φύλλο πολυαιθυλενίου πριν τη συσκευασία τους. Το φύλλο εξασφαλίζει προστασία και παρεμποδίζει τη μάρανση, αλλά πρέπει να έχει κατάλληλη περατότητα σε υδρατμούς και αέρια ή να είναι ανοιχτό σε μία πλευρά ή διάτρητο, για να αποφευχθεί η συσσώρευση CO₂ κατά την αποθήκευση και η δημιουργία σταγόνων νερού πάνω στα φύλλα μετά την έξοδο των κεφαλών από τους ψυκτικούς θαλάμους (Πάσσαμ κ.α., 2015). Τα αποτελέσματα της αποθήκευσης των φύλλων μαρουλιού σε κάλυψη με ημιπερατή μεμβράνη, από την έρευνα των Πάσσαμ κ.α., 2004, φαίνονται στην Εικόνα 7.



Εικόνα 7. Μεταβολή της οπτικής ποιότητας εσωτερικών και εξωτερικών φύλλων μαρουλιού τύπου «Κως» που συντηρήθηκαν για 7 και 14 ημέρες στους 2 και 7 °C σε συσκευασίες με κάλυψη με ημιπερατή πλαστική μεμβράνη (Πάσσαμ κ.ά., 2004).

Σημαντικό πρόβλημα κατά την αποθήκευση του μαρουλιού αποτελεί η ανάπτυξη μικρών καστανών ή χρώματος ελιάς κηλίδων που εμφανίζονται τυχαία στο έλασμα των φύλλων (εκτός των εσωτερικών φύλλων της «καρδιάς» στους κεφαλωτούς τύπους) και όταν αυξηθούν μπορεί να συνενωθούν και να σχηματίσουν

αποχρωματισμένες περιοχές ακανόνιστου σχήματος ή εμφανίζονται ως σχήματος οβάλ σκούρες καστανές βυθισμένες περιοχές στα κεντρικά νεύρα (Πάσσαμ κ.α., 2015).

Οι παράγοντες που ευνοούν την εμφάνιση της κηλίδωσης είναι ο βαθμός γήρανσης των κεφαλών, η αποθήκευση σε θερμοκρασία 3°C ή υψηλότερη και η παρατεταμένη αποθήκευση, π.χ. για περισσότερο από 10 ημέρες. Κατά συνέπεια, οι κεφαλές του μαρουλιού δεν πρέπει ποτέ να αποθηκεύονται ή να μεταφέρονται μαζί με άλλα προϊόντα που μπορούν να παράγουν αιθυλένιο (π.χ. μήλα, πεπόνια, τομάτες, αχλάδια, ροδάκινα). Μπορεί να αποθηκευτεί για έως τρεις εβδομάδες σε θερμοκρασίες ιδανικά λίγο πιο πάνω από τους 0°C (συνήθως 0,5°C ως 4°C), αλλά όχι κάτω από τους 0°C καθώς στους -0,2°C προκαλούνται ζημιές στα φύλλα από το πάγωμα. Η σχετική υγρασία στο χώρο αποθήκευσης πρέπει να είναι 95% ή περισσότερο, ωστόσο σε σχετική υγρασία 100% μπορεί να προκληθεί σήψη (Πάσσαμ κ.α., 2004). Η ποιότητα του μαρουλιού σε σχέση με την αποθήκευση σε διαφορετικές θερμοκρασίες φαίνεται στην Εικόνα 8.

Η εφαρμογή ελεγχόμενης ατμόσφαιρας στο μαρούλι συμβάλλει στην επιμήκυνση της μετασυλλεκτικής ζωής και στη διατήρηση της φρεσκάδας του προϊόντος για περισσότερο χρόνο. Η συγκέντρωση του O₂ στις ελεγχόμενες ατμόσφαιρες κυμαίνεται μεταξύ 1-8% , με άριστο 3-5%. Το O₂ δεν πρέπει να πέσει κάτω από 1%, ιδιαίτερα στον τύπο κατσαρό κεφαλωτό (crisphead), γιατί προκαλούνται ζημιές (Wang, 2003).

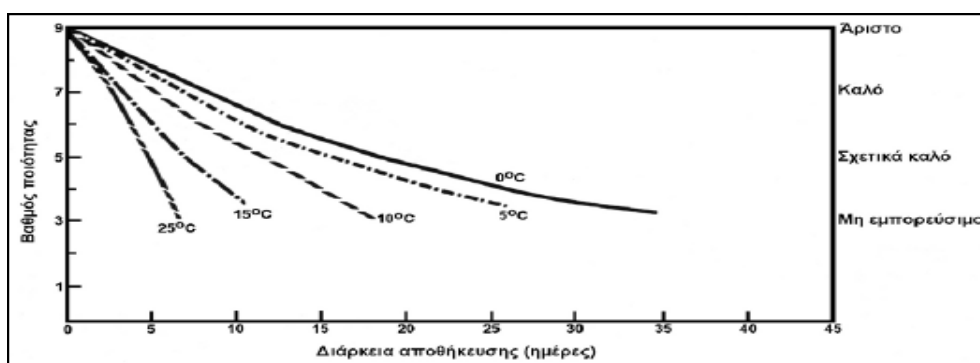
Εντούτοις, το μαρούλι δεν ανέχεται το CO₂ και οι συγκεντρώσεις του CO₂ στην ελεγχόμενη ατμόσφαιρα πρέπει να κρατηθούν κάτω από 2% (κατά προτίμηση κάτω από 1%), έτσι ώστε να αποφευχθεί η ανάπτυξη της καστανής κηλίδωσης. Αντιθέτως, σε άλλη έρευνα των Darezzo *et al.*, (2003), βρέθηκε ότι μειωμένα επίπεδα οξυγόνου και υψηλά διοξειδίου του άνθρακα στις συνθήκες αποθήκευσης μη μεταποιημένων μαρουλιών, συγκεκριμένα 3% O₂ + 10% CO₂ και 3% O₂ + 12% CO₂, έχει βρεθεί ότι βοηθούν στη διατήρηση της ποιότητας εμφάνισής και στην αποφυγή του αποχρωματισμού τους, καθώς το μειωμένο O₂ οδηγεί σε μείωση του ρυθμού αναπνοής τους και της οξειδωτικής δράσης σε αυτά, και το αυξημένο CO₂ σε μείωση της ενζυματικής δραστηριότητας της πολυφαινολοξιδάσης.

Η ευαισθησία του μαρουλιού στην καστανή απόχρωση διαφέρει ανάλογα με τον τύπο του μαρουλιού, την ποικιλία και τις συνθήκες αποθήκευσης. Μερικές ποικιλίες είναι πολύ πιο ανθεκτικές από άλλες, ενώ και οι συνθήκες ανάπτυξης των φυτών μπορούν επίσης να επηρεάσουν την ευαισθησία, όπως και η ώρα της συγκομιδής. Έχει

παρατηρηθεί ότι τα μαρούλια που συγκομίζονται νωρίς το πρωί είναι πιο ευαίσθητα στη καστανή απόχρωση σε σχέση με αυτά που συγκομίζονται το απόγευμα (Forney & Austin, 1988). Η παρατήρηση αυτή έχει επίπτωση για την Ελλάδα όπου τα μαρούλια συνήθως συγκομίζονται νωρίς το πρωί ιδιαίτερα κατά τους θερμούς μήνες της άνοιξης και του καλοκαιριού και δεν εφαρμόζεται πρόψυξη.

Η μετασυλλεκτική διαχείριση του μαρουλιού ωστόσο, όπως οι διάφορες διεργασίες που υφίσταται και οι συνθήκες αποθήκευσης παίζουν καθοριστικό ρόλο σε πολλές παραμέτρους της ποιότητας που θα έχει το τελικό προϊόν, όπως είναι η θρεπτική του αξία (Mou, 2012), τα επίπεδα δευτερογενών μεταβολιτών, η σταθερότητα της φυσικής του δομής, τα επίπεδα υγρασίας στους ιστούς του, το χρώμα και η εμφάνιση, όπως η καστανή απόχρωση των φύλλων κ.ά. (Manolopoulou *et al.*, 2010).

Τα επίπεδα της βιταμίνης C στο μαρούλι έχει βρεθεί ότι μειώνονται σημαντικά αυξανόμενου του χρόνου αποθήκευσης (Albrecht, 1993; Mou, 2012). Η περιεκτικότητα των καροτενίων μειώνονται τόσο αυξανόμενου του χρόνου όσο και της θερμοκρασίας αποθήκευσης (Bottcher, 1988; Mou, 2012). Ο χρόνος και η θερμοκρασία αποθήκευσης έχει βρεθεί επίσης ότι παίζουν αντίστοιχο ρόλο στην περιεκτικότητα του ασκορβικού οξέος, των φαινολικών ενώσεων και φλαβονοειδών που περιέχονται σε αυτό, και στην αντιοξειδωτική ικανότητα (Ferreres, *et al.*, 1997; DuPont *et al.*, 2000; Serea, *et al.*, 2014).



Εικόνα 8. Μεταβολή της ποιότητας μαρουλιού (τύπου iceberg) που αποθηκεύτηκε σε πέντε διαφορετικές θερμοκρασίες σε σχέση με τη διάρκεια αποθήκευσης (Lutz & Hardenburg, 1968; Πάσσαμ κ.α., 2004).

3.4.2. Μετασυλλεκτική διαχείριση μεταποιημένων σαλατών

Ένα πολύ σημαντικό κομμάτι της παραγωγής αποτελούν οι συσκευασμένες ελάχιστα μεταποιημένες έτοιμες σαλάτες μαρουλιού, οι οποίες αποτελούν περισσότερο από το 80% της συνολικής παραγωγής φρεσκοκομμένων προϊόντων. Ωστόσο τα

ελάχιστα μεταποιημένα φρούτα και λαχανικά είναι γενικά πιο ευαίσθητα-φθαρτά από ότι τα πρωτογενή τους υλικά. Οι μετασυλλεκτικές απώλειες φρεσκοκομμένων μαρουλιών υπολογίζονται σε 20-30% λόγω μηχανικής καταπόνησης κατά τη μεταχείρισή τους που οδηγεί σε βιοχημικές αλλοιώσεις, όπως η καστανή απόχρωση στην επιφάνεια των φύλλων και η αλλοίωση της γεύσης. Η διάρκεια ζωής τους έτσι είναι μόλις 2-3 μέρες λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς τους σε νερό, της αναπνοής, διαπνοής και των ενζυματικών δραστηριοτήτων του ιστού, καθώς και της ανάπτυξης μικροοργανισμών (Del Nobile *et al.*, 2006; Patil, *et al.*, 2017). Επιπλέον είναι πιο ευάλωτες στην απώλεια της μάζας τους λόγω απωλειών νερού, καθώς οι εσωτερικοί ιστοί τους είναι περισσότερο εκτεθειμένοι στις ατμοσφαιρικές συνθήκες. Η διάρκεια ζωής τους και η ποιότητά τους όμως μπορούν να επηρεαστούν από αρκετούς παράγοντες όπως είναι το περιβάλλον της παραγωγής, η ωριμότητα των λαχανικών, η θερμοκρασία αποθήκευσης, η ποικιλία που χρησιμοποιείται και η μέθοδος τεμαχισμού (Patil *et al.*, 2017).

Σύμφωνα με τους Barry-Ryan & O'Beirne (1999), η μέθοδος του τεμαχισμού του μαρουλιού μπορεί να επηρεάσει την περιεκτικότητα σε ασκορβικό οξύ, όπου φαίνεται ότι ο τεμαχισμός των μαρουλιών με μαχαίρι, και ακόμα περισσότερο το σχίσιμό τους με το χέρι, αντί για τη χρήση μηχανήματος τεμαχισμού, βοηθούν στη μείωση των απωλειών ασκορβικού οξέος, καθώς επίσης και η συσκευασία τους σε ατμόσφαιρα αζώτου έναντι αυτών που συσκευάζονται σε αέρα, και η αποθήκευση σε χαμηλότερες θερμοκρασίες. Ο τεμαχισμός του μαρουλιού επίσης μπορεί να αυξήσει τον κίνδυνο μόλυνσης από μικροοργανισμούς. Βακτήρια όπως *Pseudomonas fluorescens*, *Rahnella aquatilis* και *Pantoea agglomerans* και ζύμες όπως *Candida humicola* και *Cryptococcus laurentii* έχουν βρεθεί σε πειραματικά συσκευασμένες ανάμεικτες σαλάτες ποικιλιών μαρουλιού κατά το τέλος της διάρκειας ζωής τους (Jacxsens *et al.*, 2003; Del Nobile *et al.*, 2006).

Προκειμένου να λυθούν τα παραπάνω προβλήματα μπορούν να εφαρμοστούν τεχνικές κατά τη διεργασία της μεταχείρισης, και ακόμη περισσότερο κατά τη συσκευασία του προϊόντος, όπως η απολύμανση με χλωριωμένο νερό (και στη συνέχεια η ψύξη των μαρουλιών), η οποία αποτελεί την πιο κοινή μέθοδο (Del Nobile *et al.*, 2006; Rico *et al.*, 2007). Έχει βρεθεί ότι η εμφύσηση των κομμένων μαρουλιών σε ζεστό χλωριωμένο νερό μπορεί να αυξήσει τη διάρκεια ζωής τους (Delaquis *et al.*, 1999; Del Nobile *et al.*, 2006).

Έχει βρεθεί επίσης ότι ο τύπος της μεμβράνης συσκευασίας που χρησιμοποιείται μπορεί να επηρεάσει το ρυθμό αναπνοής των κομμένων φύλλων μαρουλιού (Del Nobile *et al.*, 2006). Σύμφωνα με τους Manolopoulou *et al.*, (2010), ο τύπος των συσκευασιών πολυαιθυλενίου όσον αφορά την πυκνότητά τους, φαίνεται ότι παίζει πολύ σημαντικό ρόλο για τη διατήρηση της ποιότητας των φρεσκοκομμένων μαρουλιών Ρωμάννα σχετικά με τον αποχρωματισμό τους εξαιτίας του αυξημένου ρυθμού αναπνοής, και επίσης προτείνουν αυστηρά την αποθήκευσή τους σε χαμηλές θερμοκρασίες 0°C.

3.4.3. Μετασυλλεκτική μεταχείριση και εδώδιμες μεμβράνες

Κύριες μετασυλλεκτικές στρατηγικές όπως ειπώθηκε, που χρησιμοποιούνται είναι η απολύμανση των προϊόντων με μέσα απολύμανσης, και κυρίως με χλωριωμένο νερό. Ωστόσο, ο κίνδυνος της χρήσης χλωρίου για τη δημόσια υγεία, και της εμφάνισης ανθεκτικών στελεχών βακτηρίων έχουν κινήσει την ανάγκη έρευνας εναλλακτικών μεθόδων απολύμανσης (Rico *et al.*, 2007; Patrignani, *et al.*, 2015). Παράδειγμα αποτελούν τα αιθέρια έλαια από ρίγανη ή θυμάρι, ως μείγματα πτητικών ενώσεων, που έχουν προταθεί ως ένα εναλλακτικό φυσικό μέσο απολύμανσης κατά των μικροοργανισμών για ελάχιστα μεταποιημένα λαχανικά (Patrignani *et al.*, 2015).

Εναλλακτικές μέθοδοι συσκευασίας των ελάχιστα μεταποιημένων φρούτων και λαχανικών μπορούν να βοηθήσουν στην επέκταση του χρόνου ζωής τους κατά την αποθήκευση, διατηρώντας την ποιότητά τους και περιορίζοντας την ανάπτυξη μικροοργανισμών, αντικαθιστώντας τη χρήση πολυμερών υλικών συσκευασίας από βιοαποικοδομήσιμες μεμβράνες, όπως είναι η χρήση εδώδιμων μεμβρανών επικάλυψης (Laurila & Ahvenainen, 2002; Del Nobile *et al.*, 2006; Fortunati *et al.*, 2017).

Σε έρευνες που έχουν γίνει, όπως των Makino & Hirata (1997), η χρήση βιοαποικοδομήσιμης μεμβράνης χιτοζάνης-κυτταρίνης και πολυκαπρολακτόνης σε ελάχιστα μεταποιημένο μαρούλι και λάχανο μπορεί να έχει παρόμοια διαπερατότητα με αυτή των μεμβρανών χαμηλής πυκνότητας πολυαιθυλενίου (LDPE) που χρησιμοποιούνται συνήθως για τη συσκευασία ελάχιστα μεταποιημένων λαχανικών (Makino & Hirata, 1997; Del Nobile *et al.*, 2006). Πέραν τούτου, η χρήση βιοαποικοδομήσιμων μεμβρανών μπορεί να γίνει επίσης και σε συνδυασμό με τη χρήση αιθέρων ελαίων (π.χ. από ρίγανη) για την εκμετάλλευση της αντιμικροβιακής τους δράσης (Brandelero *et al.*, 2016). Σύμφωνα με τους Brandelero *et al.* (2016), η χρήση βιοαποικοδομήσιμης μεμβράνης από άμυλο, με ή χωρίς το συνδυασμό αιθέρων ελαίων

μπορεί να αποτελέσει ένα καλό μέσο για την αποθήκευση ελάχιστα μεταποιημένων μαρουλιών έως και 4 ημέρες και να αντικαταστήσει τις συσκευασίες από πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC).

Σχετικές μελέτες έχουν δείξει ότι οι εδώδιμες μεμβράνες μπορούν να αποτελέσουν έναν καλό φραγμό στις απώλειες νερού των κομμένων λαχανικών (Tay & Perera, 2004; Del Nobile *et al.*, 2006).

Διάφορες εδώδιμες μεμβράνες έχουν χρησιμοποιηθεί, όπως από πρωτεΐνη ορού γάλακτος για την προστασία μήλων (Cisneros-Zevallos & Krochta, 2003; Siddiqui *et al.*, 2011), από άμυλο πατάτας για την προστασία γκουάβα (Gallo, *et al.*, 2003; Siddiqui *et al.*, 2011), από λιπιδική υδροξυπροπυλομεθυλοκυτταρίνη (HML) σε προύμνη (Perez-Gago *et al.*, 2003; Siddiqui *et al.*, 2011), από πρωτεΐνη ορού γάλακτος και HML σε φρεσκοκομμένα μήλα (Perez-Gago, *et al.*, 2005; Siddiqui *et al.*, 2011), και από γλουτένη σιταριού σε κατεψυγμένες φράουλες (Tanada-Palmu & Grosso, 2005; Siddiqui *et al.*, 2011). Η χρήση μεμβρανών από πολυμερή φυσικής προέλευσης για την προστασία μαρουλιών, συγκεκριμένα όπως από υδροχλωρική χιτοζάνη, έχει βρεθεί ότι μπορεί να περιορίσει σημαντικά την ανάπτυξη φυτοπαθογόνων μικροοργανισμών σε αυτά (Fortunati *et al.*, 2017). Τέλος, η χρήση εδώδιμων μεμβρανών από γκρέιπφρουτ με αλγινικό ασβέστιο, έχει δείξει ότι μπορούν να βοηθήσουν σημαντικά στη διατήρηση της φυσικής δομής και στη μείωση των απωλειών νερού των κομμένων μαρουλιών, και στη διατήρηση της τραγανής τους υφής (Tay & Perera, 2004; Siddiqui, *et al.*, 2011).

4. Σκοπός της Μελέτης

Ο σκοπός της συγκεκριμένης μελέτης βασίζεται κυρίως σε δύο πυλώνες: αφενός στη διερεύνηση της χρήσης εδώδιμων επικαλύψεων ως προς τη συντήρηση και μετασυλλεκτική διαχείριση νωπών προϊόντων φυτικής προέλευσης και αφετέρου στην ενσωμάτωση σε αυτές τις επικαλύψεις εκχύλισμα περικαρπίου φιστικιού με στόχο βελτιωμένα ποιοτικά χαρακτηριστικά ως προς την μετασυλλεκτική αυτή διαχείριση.

Αφενός, μέσω της ανασκόπησης που αναλύθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, προκύπτει ότι οι εδώδιμες επικαλύψεις αποτελούν μια μορφή εναλλακτικής προστασίας και συντήρησης φρούτων και λαχανικών. Αφετέρου, το περικάρπιο κελυφωτού φιστικιού αποτελεί βασικό παραπροϊόν της καλλιέργειάς του και ενώ μέσω ερευνών έχει βρεθεί ότι είναι πλούσιο σε φαινολικές και αντιοξειδωτικές ουσίες, ωστόσο δεν αξιοποιείται κάπου συστηματικά. Βασιζόμενοι σε αυτές τις αναφορές, προτάθηκε η ενσωμάτωση του εκχυλίσματος περικαρπίου κελυφωτού φιστικιού σε εδώδιμες

επικαλύψεις για την συντήρηση μεταποιημένης σαλάτας (κομμένων φύλλων μαρουλιού) για να διερευνηθεί κατά πόσο ωφελεί περισσότερο ποιοτικά τους χαρακτηριστικά (μάζα, χρώμα, υφή-συνεκτικότητα, σύνολο ολικών χλωροφυλλών, σύνολο ολικών φαιολικών και συνολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας).

Η ελαφρώς μεταποιημένη σαλάτα (κομμένα φύλλα μαρουλιού) επιλέχτηκε γιατί είναι ένα λαχανικό το οποίο παρουσιάζει διατροφική αξία, όμως είναι ιδιαίτερα φθαρτό, ευαίσθητο στις μεταχειρίσεις και με σχετικά μικρή μετασυλλεκτική ζωή. Με την επέμβαση με εδώδιμες επικαλύψεις με ή χωρίς εκχύλισμα περικαρπίου φιστικιού εξετάστηκε κατά πόσο παρατείνεται η μετασυλλεκτική ζωή του και αν βελτιώνονται τα ποιοτικά του χαρακτηριστικά.

B. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

1. Φασματοσκοπική μελέτη υδατικών και αιθανολικών εκχυλισμάτων περικάρπιου κελυφωτού φιστικιού (*Pistachia vera* L.)

1.1. Υλικά και Μέθοδοι

Ως πρώτη ύλη για την παρασκευή των υδατικών και αιθανολικών εκχυλισμάτων χρησιμοποιήθηκαν περικάρπια φιστικιού (*Pistachia vera* L.) της ποικιλίας ‘Αιγίνης’ από δένδρα καλλιεργούμενα στο νομό Φθιώτιδας, τα οποία προήλθαν από μηχανική αποφλοιώση. Τα περικάρπια μετά το στάδιο της αποφλοιώσης των καρπών καταψύχθηκαν (-20°C) μέχρι τη χρήση τους στις φασματοσκοπικές μελέτες. Όσον αφορά τα εκχυλίσματα περικαρπίου φιστικιού, αυτά δημιουργήθηκαν με δύο τρόπους, όπως αναλύεται παρακάτω.

1.2. Παρασκευή εκχυλισμάτων

Αρχικά, πραγματοποιήθηκε ξήρανση του αρχικού δείγματος περικαρπίου φιστικιού σε συσκευή λυοφιλίωσης με φιάλες για 24 h, με μέτρηση της μάζας του δείγματος πριν και μετά τη διαδικασία αυτή,

Η λυοφιλίωση ή αλλιώς κρουζήρανση αποτελεί μία μέθοδο ξήρανσης, όπου το νερό από τη στερεή φάση απομακρύνεται στην προκειμένη περίπτωση από το τρόφιμο απευθείας μέσω της εξάχνωσης. Για την παρούσα μελέτη επιλέχθηκε αυτή η μέθοδος διότι απομακρύνεται παραπάνω από το 95% της υγρασίας που απομακρύνεται με τις πιο συμβατικές μεθόδους ξήρανσης και έτσι δεν υπάρχει αλλοίωση του δείγματος από ενζυμική ή μικροβιακή δραστηριότητα (Zhang *et al.*, 2018).

Έπειτα, πραγματοποιήθηκε κονιορτοποίηση και άλεση του λυοφιλιωμένου περικαρπίου φιστικιού με χρήση οικιακού blender και ακολούθησε κοκκομετρία του με κόσκινο μεγέθους κόκκων 500 μm.

Η εκχύλιση των ουσιών του περικαρπίου φιστικιού έγινε με διαλύτες αιθανόλη και νερό, διότι είναι πολικοί και οι ουσίες που θέλουμε να εκχυλίσουμε είναι πολικές, δηλαδή πολυσακχαρίτες, όπως γνωρίζουμε από την βιβλιογραφία.

Όσον αφορά την εκχύλιση των πολικών ουσιών του περικαρπίου με αιθανόλη, αυτή πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο εκχύλισης με υπερήχους με το λουτρό υπερήχων της εταιρίας Grant στα 35 KHz, σε θερμοκρασία έως 25°C. Η τελική αναλογία του εκχυλίσματος ήταν 1:50 m/v (5 gr φυτικού ιστού προς 250 mL διαλύτη) και ο χρόνος εκχύλι-

σης 30 min. Στη συνέχεια έγινε διήθηση του εκχυλίσματος με διηθητικό χαρτί επάνω σε χωνί. Στο τέλος, πραγματοποιήθηκε συμπύκνωση του αιθανολικού εκχυλίσματος σε rotary evaporator και επαναδιαλυτοποίηση μέχρι τελική συγκέντρωση 15000 ppm.

Στην περίπτωση της εκχύλισης με τον υδατικό διαλύτη, η μόνη διαφορά, σε σχέση με την αιθανολική εκχύλιση, εντοπίστηκε στη διαδικασία της συμπύκνωσης, όπου έγινε με λυοφιλίωση, αφού τα εκχυλίσματα αργούσαν να εξατμιστούν στο rotary evaporator. Η τελική συγκέντρωση του εκχυλίσματος ήταν και σε αυτήν την περίπτωση 15000 ppm.

Τα αιθανολικά και υδατικά εκχυλίσματα των περικαρπίων φιστικιού φυλάχθηκαν στην κατάψυξη σε θερμοκρασία (-20°C) μέχρι να χρησιμοποιηθούν στις φασματοσκοπικές μελέτες FTIR και Raman.

1.3. Φασματοσκοπική μελέτη με χρήση της φασματοσκοπίας υπέρυθρου με μετασχηματισμό Fourier (FTIR) και της τεχνικής της εξασθνημένης ολικής ανάκλασης (ATR)

1.3.1. Πειραματική Πορεία και επεξεργασία των φασμάτων FTIR

Τα φάσματα FT-IR ελήφθησαν με φασματοφωτόμετρο υπέρυθρου Thermo Nicolet 7600 της εταιρείας Thermo Scientific (Εικόνα 9). Το όργανο ήταν συνδεδεμένο με ηλεκτρονικό υπολογιστή με ειδικό λογισμικό OMNIC 7.3 για την επεξεργασία τους. Ο υποδοχέας ήταν παράθυρο σελινιούχου ψευδαργύρου (Εικόνα 10). Ο αριθμός των σαρώσεων ήταν 100, η διαχωριστική ικανότητα 4 cm^{-1} και ταχύτητα του κινούμενου κατόπτρου του συμβολόμετρου ήταν $0,3165\text{ mm/s}$. Ως φάσμα υποβάθρου (background) χρησιμοποιήθηκε κενό παράθυρο ZnSe. Τα φάσματα κάθε δείγματος καταγράφηκαν εις τριπλούν, χρησιμοποιώντας κάθε φορά διαφορετικό υπο-δείγμα. Πριν τη λήψη κάθε φάσματος ο κρύσταλλος σελινιούχου ψευδαργύρου του ATR καθαριζόταν προσεκτικά με απιονισμένο νερό και ακετόνη. Η καθαρότητα του υποδοχέα ελεγχόταν με λήψη φάσματος μετά τον καθαρισμό. Στη συνέχεια 100 μL δείγματος από τα τελικά διαλύματα των δειγμάτων εργασίας τοποθετούνταν στον κρύσταλλο του ATR και το δείγμα θερμαινόταν για 2 min σε φούρνο στους 40°C .

Από τα φάσματα FTIR των δειγμάτων, αποκόπηκε η κορυφή του διοξειδίου του άνθρακα, εξομαλύνθηκαν (λειτουργία αυτόματης εξομάλυνσης) και έγινε διόρθωση της βασικής τους γραμμής (λειτουργία αυτόματης διόρθωσης). Τέλος υπολογίστηκε το μέσο φάσμα κάθε δείγματος.



Εικόνα 9: Το φασματοφωτόμετρο FT-IR Thermo Nicolet 7600 που χρησιμοποιήθηκε για τη φασματοσκοπική μελέτη.



Εικόνα 10: Σύστημα ATR του φασματοφωτομέτρου FT-IR Thermo Nicolet 7600

1.4. Φασματοσκοπική μελέτη με χρήση της φασματοσκοπίας Raman

1.4.1. Πειραματική Πορεία και επεξεργασία των φασμάτων Raman

Κατά την πειραματική διαδικασία χρησιμοποιήθηκε φασματοφωτόμετρο Vis-Raman (πηγή μήκους κύματος τα 768nm) της εταιρείας DeltaNU συνοδευόμενο από το λογισμικό NuSpec (Εικόνα 11). Σε κυψελίδα για το συγκεκριμένο μηχάνημα σε σωλήνα Widmad WG-SM τύπου NMR tubes 4,97 mm, με πάχος τοιχώματος 0,38 mm τοποθετήθηκε ποσότητα εκχυλίσματος περικαρπίου φιστικιού. Τα φάσματα κάθε δείγματος καταγράφηκαν εις τριπλούν, χρησιμοποιώντας κάθε φορά διαφορετικό υπο-δείγμα με χρήση του λογισμικού (10 φάσματα σε χρόνο 10s). Στη συνέχεια επεξεργάστηκαν με το λογισμικό OMNIC 7.3, όπως και στη φασματοσκοπία FTIR.

Όλα τα φάσματα που ελήφθησαν, εξομαλύνθηκαν, έγινε διόρθωση της βασικής γραμμής των φασμάτων και κανονικοποιήθηκε η κλίμακά τους. Οι

επεξεργασίες αυτές έγιναν με τη βοήθεια των λειτουργιών «αυτόματης εξομάλυνσης», «αυτόματης διόρθωσης της βασικής γραμμής» και «κανονικοποίησης της κλίμακας» του λογισμικού OMNIC 7.3. Τέλος υπολογίστηκε ο μέσος όρος τριών φασμάτων για κάθε δείγμα με χρήση του ίδιου λογισμικού.



Εικόνα 11: Το φασματοφωτόμετρο Raman που χρησιμοποιήθηκε στη φασματοσκοπική μελέτη

2. Προκαταρκτικά πειράματα παρασκευής εδώδιμων επικαλύψεων

Σε πρώτη φάση, πραγματοποιήθηκαν προκαταρκτικά πειράματα για τον προσδιορισμό των κατάλληλων συγκεντρώσεων διαλύματος περικαρπίου φιστικιού *Pistacia vera* L., διαλύματος αλγινικού νατρίου υψηλού ιξώδους, γλυκερίνης και διαλύματος χλωριούχου ασβεστίου CaCl_2 για την δημιουργία των εδώδιμων επικαλύψεων σε κομμάτια φύλλων μαρουλιού 2 cm x 3 cm .

Η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της εφαρμογής εδώδιμων επικαλύψεων σε κομμάτια φύλλων μαρουλιού γινόταν οπτικά έχοντας ως παράμετρο την σταθερότητα του χρώματος και της διατήρησης του σχήματος τους, καθώς και κατά πόσο είχαν εφαρμοστεί οι επικαλύψεις ομοιόμορφα επάνω στα φύλλα, σε σύγκριση πάντα με μάρτυρες (Blank, Control, όπως αναγράφονται στις αντίστοιχες φωτογραφίες).

2.1.Πρώτη Ύλη

Ως φυτικό υλικό χρησιμοποιήθηκε μαρούλι τύπου cos (*Lactuca sativa* L. var. longifolia) ποικιλίας 'Adranita' καλλιεργούμενη στο νομό Αρκαδίας. Η προμήθεια του φυτικού υλικού, και για τα 3 Trials (πειράματα), έγινε από τοπικό σουπερμάρκετ και χρησιμοποιήθηκαν φυτά που είχαν συγκομισθεί 24 ώρες πριν από τη χρήση τους στα πειράματα. Αφού έγινε η παραλαβή των μαρουλιών, αυτά πλύθηκαν και καθαρίστηκαν από τυχόν προσμίξεις, έντομα ή χώμα και αφότου αφαιρέθηκαν τα εξωτερικά φύλλα από κάθε μαρούλι, πραγματοποιήθηκε τεμαχισμός τους σε επιμέρους κομμάτια, διαστάσεων 2 cm x 3 cm.

2.2. Παρασκευή διαλύματος αλγινικού νατρίου με γλυκερίνη

Για την παρασκευή των διαλυμάτων αλγινικού νατρίου χρησιμοποιήθηκε άλας αλγινικού νατρίου υψηλού ιξώδους σε μορφή πούδρας από την εταιρεία Alfa Aesar. Για την παρασκευή του συγκεκριμένου διαλύματος έγινε διάλυση του αλγινικού νατρίου σε απεσταγμένο νερό και ανάδευση για 10 ώρες στους 70 °C. Από αυτό το αρχικό διάλυμα συγκέντρωσης 5% m/v, παρασκευάστηκαν διαλύματα αλγινικού νατρίου σε συγκεντρώσεις 2% m/v, 1% m/v (Εικόνα 12), 0,5% m/v και 0,25% m/v.

Η γλυκερίνη που χρησιμοποιήθηκε ήταν καθαρότητας >99,5% από την εταιρεία Καλογερόπουλος Χημικά Α.Ε και προστέθηκε στο διάλυμα του αλγινικού νατρίου σε ποσοστό 5% για να προσδώσει στην επικάλυψη πλαστικότητα. Κατά την παρασκευή του διαλύματος αλγινικού νατρίου 2% m/v παρατηρήθηκε ότι ήταν πολύ πυκνό (υψηλό ιξώδες) και κρίθηκε ότι θα δυσκόλευε τη δημιουργία και πλαστικότητα των εδώδιμων επικαλύψεων, οπότε και δε χρησιμοποιήθηκε.

2.3. Παρασκευή εκχυλισμάτων περικαρπίου φιστικιού

Ως πρώτη ύλη για την παρασκευή εκχυλισμάτων χρησιμοποιήθηκαν περικάρπια φιστικιάς (*Pistachia vera* L.) της ποικιλίας 'Αιγίνης' από δένδρα καλλιεργούμενα στο νομό Φθιώτιδας. Τα περικάρπια μετά το στάδιο της αποφλοιώσης των καρπών καταψύχθηκαν (-20 °C) μέχρι τη χρήση τους στα πειράματα. Όσον αφορά τα εκχυλίσματα περικαρπίου φιστικιού, αυτά δημιουργήθηκαν με δύο τρόπους.

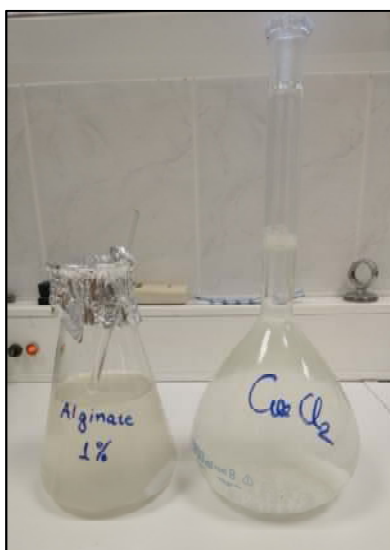
Ο πρώτος τρόπος αφορούσε τη λυοφιλίωση μέρος του φυτικού δείγματος, στην συνέχεια το θρυμματισμό του και έπειτα την ενυδάτωση του με απεσταγμένο νερό. Μετά από προκαταρκτικές δοκιμές σχέσης ιστού/διαλύτη, προσδιορίστηκε ως βέλτιστη η αναλογία 1 g φυτικού ιστού ανά 8,5 mL διαλύτη. Αμέσως μετά, το δείγμα ομογενοποιήθηκε σε συσκευή Ultra-turrax για 5 min και ακολούθησε θέρμανση του μίγματος για 20 min με ιδιαίτερη προσοχή, ώστε η θερμοκρασία να μην ξεπεράσει τους 80 °C. Τέλος, το μίγμα φυγοκεντρήθηκε στις 10000 rpm για 10 λεπτά, και έγινε η παραλαβή της υπερκείμενης φάσης η οποία αποτέλεσε το αρχικό εκχύλισμα περικαρπίου φιστικιού (Stock solution). Με αραιώσεις του αρχικού εκχυλίσματος παρασκευάστηκαν διαλύματα εργασίας περικαρπίου φιστικιού σε συγκεντρώσεις 2% m/v, 1% m/v και 0,5% m/v.

Ο δεύτερος τρόπος αφορούσε την κατ'ευθείαν ενυδάτωση αρχικού δείγματος (raw) περικαρπίου με απεσταγμένο νερό σε αναλογία 1:2, (δηλαδή ισοδυναμία 1 g φυτικού ιστού με 3 mL διαλύματος), την ομογενοποίηση του με Ultra-turrax, την

θέρμανση τους στους 80 °C για 20 min και την φυγοκέντριση στα 10000 rpm για 10 λεπτά και την παραλαβή του καθαρού διαλύματος, όπως αναφέρθηκε και στην παραπάνω παράγραφο, δημιουργώντας διαλύματα εργασίας με αντίστοιχες συγκεντρώσεις 2% m/v, 1% m/v και 0,5% m/v .

2.4. Παρασκευή διαλύματος χλωριούχου ασβεστίου (CaCl_2)

Το διάλυμα CaCl_2 παρασκευάστηκε σε συγκέντρωση 5% m/v με απεσταγμένο νερό υπό ανάδευση και χρησιμοποιήθηκε ως πηκτικός παράγοντας της εδώδιμης επικάλυψης (Εικόνα 12).



Εικόνα 12. Διαλύματα αλγινικού νατρίου 1% m/v και CaCl_2 5% m/v.

2.5. Πειραματική διαδικασία προκαταρκτικών πειραμάτων

Χρησιμοποιήθηκαν συνολικά τα εξής διαλύματα για την παρασκευή εδώδιμων επικαλύψεων:

1. διαλύματα αλγινικού νατρίου σε συγκεντρώσεις, 1% m/v , 0,5% m/v και 0,25% m/v
2. διαλύματα χλωριούχου ασβεστίου (CaCl_2) συγκέντρωσης 1% m/v , 2% m/v 3% m/v, 4% m/v και 5% m/v
3. 1 διάλυμα γλυκερίνης συγκέντρωσης 5% m/v
4. διαλύματα περικαρπίου φιστικιού λυοφιλωμένου και μη λυοφιλωμένου δείγματος, συγκέντρωσης 2% m/v, 1% m/v και 0,5% m/v το καθένα.

Συνολικά, οι συνδυασμοί που δοκιμάστηκαν, αναφέρονται συνοπτικά στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 4):

Πίνακας 4. Συνδυασμοί διαλυμάτων για τη δημιουργία εδώδιμων επικαλύψεων (επισημαίνονται με ροζ χρώμα οι συνδυασμοί διαλυμάτων που δοκιμάστηκαν).

		Διάλυμα λυοφιλωμένου δείγματος περικαρπίου φιστικιού (%)				Διάλυμα αρχικού δείγματος περικαρπίου φιστικιού (%)			
		0	0,5	1	2	0	0,5	1	2
Διάλυμα αλγινικού νατρίου (%)	0,25								
	0,5								
	1								
Διάλυμα γλυκερίνης (%)	0								
	5								
Διάλυμα χλωριούχου ασβεστίου (CaCl ₂)(%)	1								
	2								
	3								
	4								
	5								

Κατ' αυτόν τον τρόπο δημιουργήθηκαν και αντίστοιχες επεμβάσεις:

1. BLANK ή Control : καμία επέμβαση (μάρτυρας)
2. AL: επεμβάσεις με εδώδιμη επικάλυψη αλγινικού νατρίου και γλυκερίνης μόνο
3. AL-1%: επεμβάσεις με εδώδιμη επικάλυψη αλγινικού νατρίου και γλυκερίνης σε συνδυασμό με διαλύματα περικαρπίου φιστικιού λυοφιλωμένου ή μη 1% (m/v)
4. AL-2%: επεμβάσεις με εδώδιμη επικάλυψη αλγινικού νατρίου και γλυκερίνης σε συνδυασμό με διαλύματα περικαρπίου φιστικιού λυοφιλωμένου ή μη 2% (m/v)

Για την επέμβαση AL, στην αρχή, τα φύλλα μαρουλιού εμβαπτίζονταν στα διαλύματα αλγινικού νατρίου και γλυκερίνης για περίπου 2 min και στη συνέχεια, αφού αφαιρέθηκε η περίσσεια του διαλύματος αυτού από την επιφάνειά τους, εμβαπτίστηκαν στο διάλυμα χλωριούχου ασβεστίου (CaCl₂) για ακόμα 2 λεπτά (Εικόνα 13).

Για τις επεμβάσεις με διαλύματα περικαρπίου φιστικιού (AL-1% και AL-2%) ακολουθήθηκε η ίδια πορεία με την επέμβαση AL, όμως πριν την εμβάπτιση των φύλλων στο διάλυμα του χλωριούχου ασβεστίου (CaCl₂), υπήρξε και ενδιάμεσο στάδιο, όπου έγινε εμβάπτιση των φύλλων μαρουλιού στα διαλύματα με περικάρπιο φιστικιού

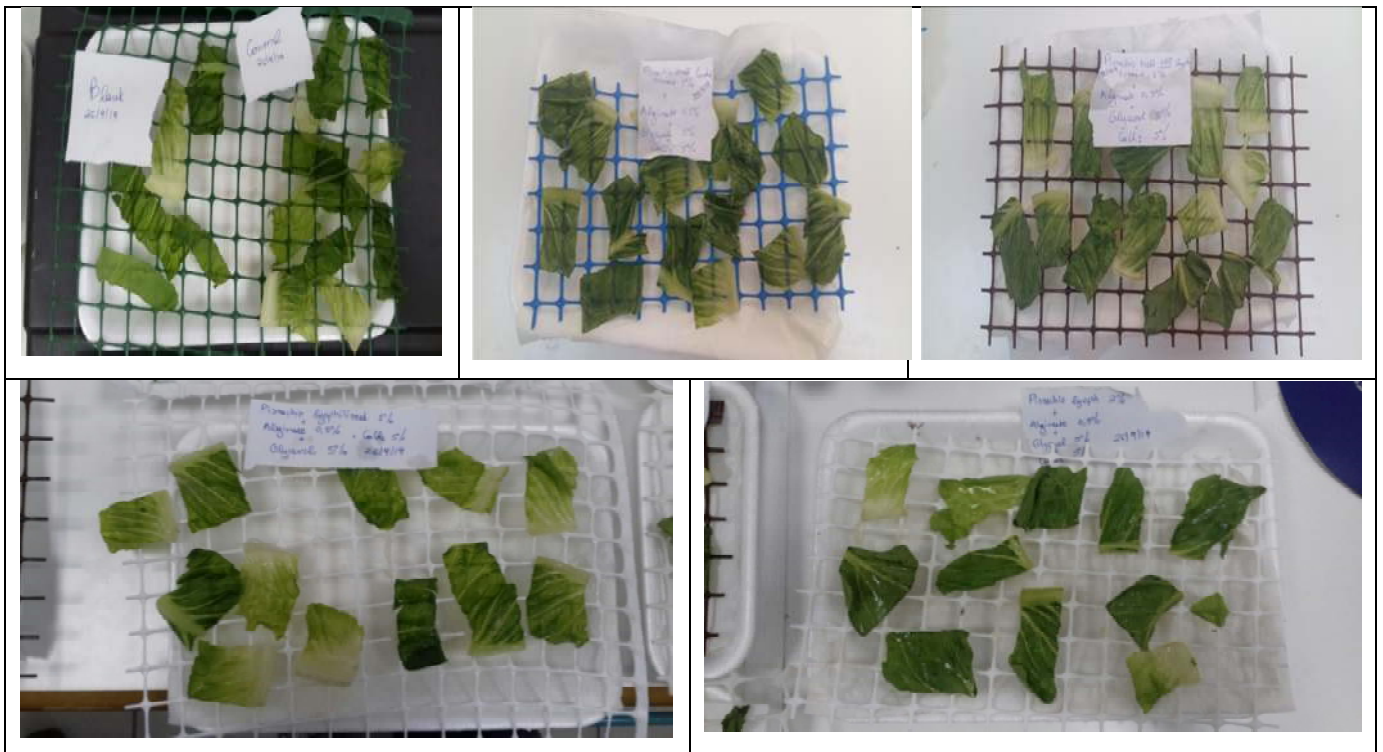
για 1 min, αφαίρεση της περίσσειας των διαλυμάτων και εμβάπτιση τους στο διάλυμα με το χλωριούχο ασβέστιο.

Τέλος, τα φύλλα μαρουλιού για όλες τις επεμβάσεις αφέθηκαν να στεγνώσουν επάνω σε τελάρα για 15 min και στη συνέχεια τοποθετήθηκαν σε δίσκους από φελιζόλ τα οποία επάνω τους είχαν πλαστικό δίκτυ και αποθηκεύτηκαν υπό ψύξη σε οικιακό ψυγείο σε θερμοκρασία 4°C. Οι δειγματοληψίες γίνοντουσαν μία μέρα ή/και τρεις μέρες έπειτα (Εικόνες 14 και 15).



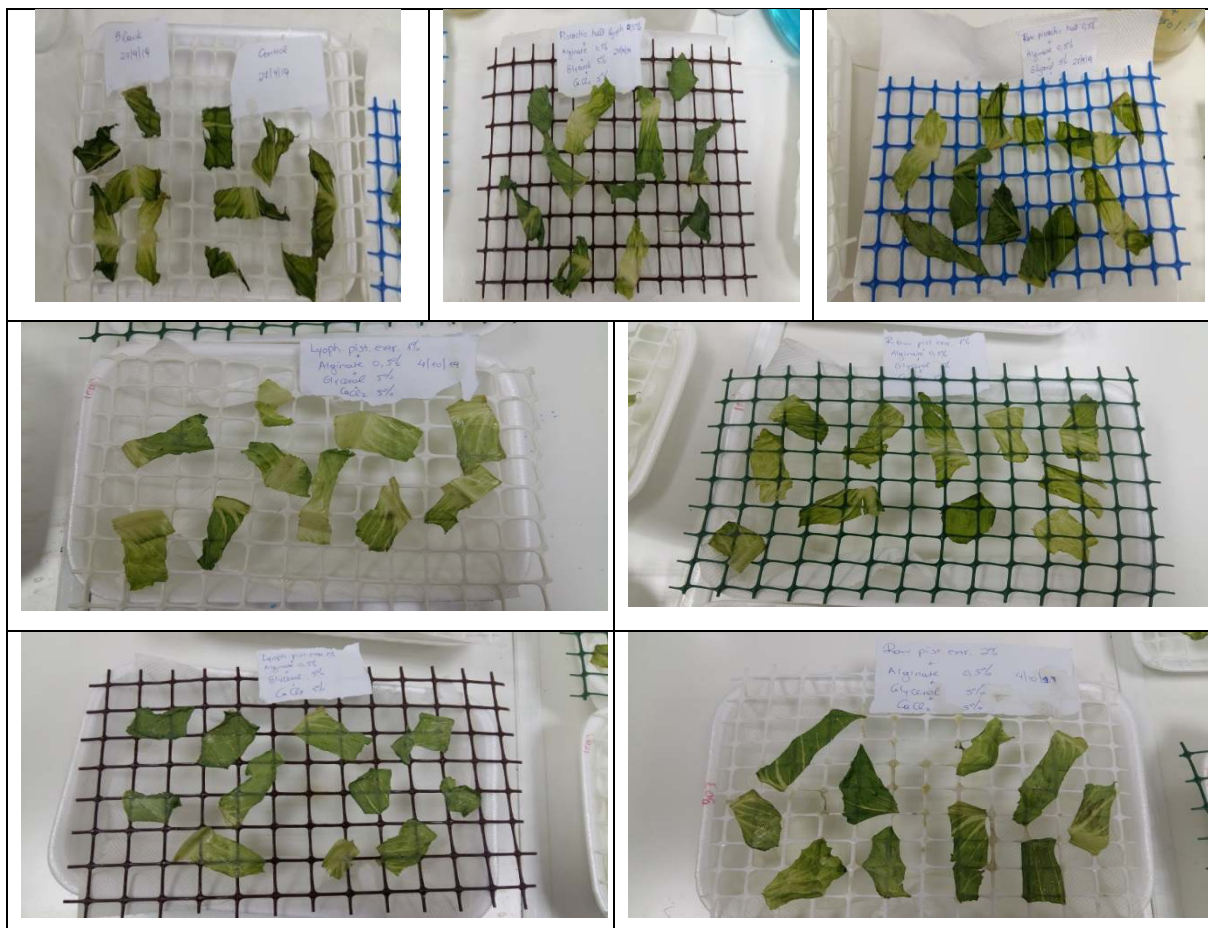
Εικόνα 13. α. Δειγματοληψία φύλλων μαρουλιού έπειτα από τη συντήρησή τους για 1-3 μέρες υπό ψύξη: Κομμάτια φύλλων μαρουλιού ως μάρτυρες (πάνω αριστερά). β. Μάρτυρες και επέμβαση με διάλυμα αλγινικού νατρίου 0,5% (πάνω κέντρο). γ. Επέμβαση με διάλυμα αλγινικού νατρίου 1% (πάνω δεξιά). δ. Μάρτυρες και επέμβαση με διάλυμα αλγινικού νατρίου 0,25% σε συνδυασμό με διάφορες συγκεντρώσεις διαλυμάτων CaCl_2 (κάτω αριστερά). ε. Επέμβαση με διάλυμα αλγινικού νατρίου 0,5% σε συνδυασμό με διάφορες συγκεντρώσεις διαλυμάτων CaCl_2 (κάτω κέντρο). στ. Επέμβαση με διάλυμα αλγινικού νατρίου 1% σε συνδυασμό με διάφορες συγκεντρώσεις διαλυμάτων CaCl_2 (κάτω δεξιά).

Έπειτα από προκαταρκτικά πειράματα με δοκιμές μόνο στις συγκεντρώσεις των διαλυμάτων αλγινικού νατρίου και χλωριούχου ασβεστίου (CaCl_2), διαπιστώθηκε πως η καλύτερη εφαρμογή τους επάνω στα δείγματα φύλλων μαρουλιού γινόταν με 0,5% διάλυμα αλγινικού νατρίου και 5% διάλυμα CaCl_2 . Στην συνέχεια, ακολούθησαν πειράματα ενσωματώνοντας στα διαλύματα διαφορετικές συγκεντρώσεις εκχυλίσματος περικαρπίου φιστικιού, λυοφιλωμένου ή μη.



Εικόνα 14. α. Δειγματοληψία κομματιών φύλλων μαρουλιού έπειτα από 1 μέρα συντήρησης υπό ψύξη με καμία επέμβαση (Control ή Blank) (πάνω αριστερά). **β.** Δειγματοληψία κομματιών φύλλων μαρουλιού έπειτα από 1 μέρα συντήρησης υπό ψύξη με επέμβαση λυοφιλωμένου εκχυλίσματος φιστικιού συγκέντρωσης 1% (πάνω στο κέντρο), **γ.** Μη λυοφιλωμένου εκχυλίσματος φιστικιού συγκέντρωσης 1% (πάνω δεξιά), **δ.** Λυοφιλωμένου εκχυλίσματος φιστικιού συγκέντρωσης 2% (κάτω αριστερά) και **ε.** Μη λυοφιλωμένου εκχυλίσματος φιστικιού 2% (κάτω δεξιά).

Με βάση μακροσκοπικές παρατηρήσεις εμφάνισης των δειγμάτων, όπως φαίνεται και από τις φωτογραφίες, οι επεμβάσεις με τις διάφορες συγκεντρώσεις λυοφιλωμένων εκχυλίσματων περικαρπίου φιστικιού (Εικόνες 14 και 15) ήταν εκείνες που παρουσίασαν τα καλύτερα αποτελέσματα, γι' αυτό και επιλέχθηκαν για τα τελικά πειράματα (Trials) της συγκεκριμένης εργασίας.



Εικόνα 15. α. Δειγματοληψία κομματιών φύλλων μαρουλιού έπειτα από 3 ημέρες συντήρησης υπό ψύξη με καμία επέμβαση (Control ή Blank) (πάνω αριστερά). **β.** Δειγματοληψία κομματιών φύλλων μαρουλιού έπειτα από 3 ημέρες συντήρησης υπό ψύξη με επέμβαση λυοφιλωμένου εκχυλίσματος φιστικιού συγκέντρωσης 0,5% (πάνω στο κέντρο), **γ.** Μη λυοφιλωμένου εκχυλίσματος φιστικιού συγκέντρωσης 0,5% (πάνω δεξιά), **δ.** Λυοφιλωμένου εκχυλίσματος φιστικιού συγκέντρωσης 1% (μεσαία γραμμή, αριστερά), **ε.** Μη λυοφιλωμένου εκχυλίσματος φιστικιού 1% (μεσαία γραμμή, δεξιά), **στ.** Λυοφιλωμένου εκχυλίσματος φιστικιού συγκέντρωσης 2% (κάτω αριστερά) και **ζ.** Μη λυοφιλωμένου εκχυλίσματος φιστικιού 2% (κάτω δεξιά).

3. Πειραματική Διαδικασία Μελέτης ως προς τη μετασυλλεκτική διαχείριση ελαφρώς μεταποιημένου μαρουλιού

3.1. Υλικά και Μέθοδοι

3.1.1. Πρώτη Υλη

Ως φυτικό υλικό χρησιμοποιήθηκε μαρούλι τύπου cos (*Lactuca sativa* L. var. longifolia) ποικιλίας 'Adranita' καλλιεργούμενη στο νομό Αρκαδίας. Η προμήθεια του φυτικού υλικού, και για τα 3 Trials (πειράματα), έγινε από τοπικό σουπερμάρκετ και χρησιμοποιήθηκαν φυτά που είχαν συγκομισθεί 24 ώρες πριν από τη χρήση τους στα πειράματα.

Με βάση τα αποτελέσματα των προκαταρκτικών πειραμάτων στα τελικά πειράματα (Trials) χρησιμοποιήθηκαν διαλύματα αλγινικού νατρίου 0,5% m/v, γλυκερίνης 5% m/v, περικαρπίου (λυοφιλιωμένου) φιστικιού 1% m/v και 2% m/v και χλωριούχου ασβεστίου CaCl₂ 5% m/v.

3.1.2. Μεθοδολογία Πειραμάτων

Σχεδιάστηκαν τρεις διαδοχικές πειραματικές διαδικασίες (3 Trials) για τη διερεύνηση της χρήσης των εδώδιμων επικαλύψεων σε τεμαχισμένο μαρούλι. Αρχή του κάθε πειράματος (day 0) ορίστηκε η μέρα κατά την οποία έγινε η προμήθεια του φυτικού υλικού και οι επεμβάσεις με τις εδώδιμες επικαλύψεις. Μετά την παραλαβή των μαρουλιών, αυτά πλύθηκαν και καθαρίστηκαν από τυχόν προσμίξεις, έντομα ή χώμα και αφότου αφαιρέθηκαν τα εξωτερικά φύλλα από κάθε μαρούλι, πραγματοποιήθηκε τεμαχισμός τους σε επιμέρους κομμάτια, διαστάσεων 2 cm x 3 cm.

Τα κομμάτια φύλλων μαρουλιού ως πρώτη ύλη χωρίστηκαν κατά το εντελώς τυχαίο σχήμα κατά το οποίο επιλέχθηκαν δείγματα των 360 g περίπου για κάθε επέμβαση, με 3 επαναλήψεις των 30 g, για κάθε μέρα δειγματοληψίας (συνολικά πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες 4 διαφορετικές μέρες, 5 μαζί με την μέρα όπου ξεκίνησε το πείραμα, day 0).

Έπειτα, για κάθε επιμέρους πείραμα (Trial) χρησιμοποιήθηκαν οι παρακάτω μεθοδολογίες:

A) Πείραμα (Trial) 1: Για το συγκεκριμένο Trial, χρησιμοποιήθηκαν τα εξής διαλύματα:

1. Διάλυμα αλγινικού νατρίου (0,5% m/v) μαζί με διάλυμα γλυκερίνης (5% m/v) και διάλυμα χλωριούχου ασβεστίου CaCl_2 (5% m/v)

2. Διάλυμα εκχυλίσματος περικαρπίου φιστικιού (2% m/v), μαζί με διάλυμα αλγινικού νατρίου (0,5% m/v) και με διάλυμα γλυκερίνης (5% m/v)

Οι επεμβάσεις ήταν οι εξής:

- I. Μάρτυρας (Control ή Blank)
- II. AL: Επέμβαση με διάλυμα αλγινικού νατρίου, γλυκερίνης και χλωριούχου ασβεστίου
- III. AL-2%: Επέμβαση με διάλυμα αλγινικού νατρίου, γλυκερίνης, εκχυλίσματος περικαρπίου φιστικιού συγκέντρωσης 2% m/v και χλωριούχου ασβεστίου

Όσον αφορά τις επεμβάσεις AL και AL-2%, τα διαλύματα στα οποία εμβαπτιζόνταν τα φύλλα μαρουλιού, αποτελούσαν ένα ενιαίο διάλυμα κάθε φορά, το οποίο αποτελούνταν από όλες τις προαναφερθείσες ουσίες.

Αρχικά, γινόταν η εμβάπτιση των τυχαίων δειγμάτων φύλλων μαρουλιού σε κάθε διάλυμα για 2 λεπτά. Στη συνέχεια τα φύλλα αφήνονταν να στεγνώσουν σε τελάρα για περίπου 15-30 λεπτά, σε θερμοκρασία δωματίου. Κατόπιν δείγματα φύλλων από κάθε επέμβαση συσκευαζόταν σε διάτρητες σακούλες (macro-perforated bags) και γινόταν καταγραφή της καθαρής και μεικτής μάζας κάθε δείγματος.

B) Πείραμα (Trial) 2: Για το συγκεκριμένο Trial, χρησιμοποιήθηκαν τα εξής διαλύματα:

1. Διάλυμα αλγινικού νατρίου (0,5% m/v) μαζί με διάλυμα γλυκερίνης (5% m/v)

2. Διάλυμα εκχυλίσματος περικαρπίου φιστικιού (1% m/v) μαζί με αλγινικό νάτριο 0,5% m/v και γλυκερίνη 5% m/v

3. Διάλυμα εκχυλίσματος περικαρπίου φιστικιού (2% m/v) μαζί με αλγινικό νάτριο 0,5% m/v και γλυκερίνη 5% m/v

4. Διάλυμα χλωριούχου ασβεστίου CaCl_2 (5%)

Τα κομμάτια φύλλων μαρουλιού ως πρώτη ύλη χωρίστηκαν κατά το εντελώς τυχαιοποιημένο σχέδιο όπως αναφέρθηκε και στην προηγούμενη παράγραφο. Οι επεμβάσεις ήταν οι εξής:

- I. Μάρτυρας (Control ή Blank)
- II. AL: Επέμβαση με διάλυμα αλγινικού νατρίου, γλυκερίνης και χλωριούχου ασβεστίου
- III. AL-1%: Επέμβαση με διάλυμα αλγινικού νατρίου, γλυκερίνης, εκχυλίσματος περικαρπίου φιστικιού συγκέντρωσης 1% m/v και χλωριούχου ασβεστίου
- IV. AL-2%: Επέμβαση με διάλυμα αλγινικού νατρίου, γλυκερίνης, εκχυλίσματος περικαρπίου φιστικιού συγκέντρωσης 2% m/v και χλωριούχου ασβεστίου

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε ήταν η εξής: Αρχικά, για την επέμβαση AL γινόταν εμβάπτιση των φύλλων μαρουλιού στο διάλυμα αλγινικού νατρίου και γλυκερίνης για 2 min, αφήνονταν να στεγνώσουν σε τελάρα για 1 min και έπειτα γινόταν εμβάπτιση τους στο διάλυμα με το χλωριούχο ασβέστιο για 2 min.

Όσον αφορά τη μεθοδολογία των επεμβάσεων AL-1% και AL-2%, γινόταν πρώτα εμβάπτιση των φύλλων μαρουλιού στο διάλυμα που περιείχε εκχύλισμα περικαρπίου φιστικιού (1% ή 2%) μαζί με αλγινικό νάτριο και γλυκερίνη για 2 min στη συνέχεια αφαίρεση της περίσσειας υγρασίας τους και τέλος εμβάπτιση στο διάλυμα με το χλωριούχο ασβέστιο για 2 min. Έπειτα, ακολουθήθηκαν τα βήματα όπως περιγράφηκαν και για το Trial 1.

Γ) Πείραμα (Trial) 3: Για το συγκεκριμένο Trial, χρησιμοποιήθηκαν τα εξής διαλύματα:

1. Διάλυμα αλγινικού νατρίου (0,5% m/v) μαζί με διάλυμα γλυκερίνης (5% m/v)
2. Διάλυμα εκχυλίσματος περικαρπίου φιστικιού (1% m/v)
3. Διάλυμα εκχυλίσματος περικαρπίου φιστικιού (2% m/v)
4. Διάλυμα χλωριούχου ασβεστίου CaCl_2 (5% m/v)







Τα κομμάτια φύλλων μαρουλιού ως πρώτη ύλη χωρίστηκαν κατά το εντελώς τυχαιοποιημένο σχέδιο όπως αναφέρθηκε και στην προηγούμενη παράγραφο. Οι επεμβάσεις ήταν οι εξής:

- I. Μάρτυρας (Control ή Blank)
- II. AL: Επέμβαση με διάλυμα αλγινικού νατρίου , γλυκερίνης και χλωριούχου ασβεστίου
- III. AL-1%: Επέμβαση με διάλυμα αλγινικού νατρίου, γλυκερίνης, εκχυλίσματος περικαρπίου φιστικιού συγκέντρωσης 1% m/v και χλωριούχου ασβεστίου
- IV. AL-2%: Επέμβαση με διάλυμα αλγινικού νατρίου, γλυκερίνης, εκχυλίσματος περικαρπίου φιστικιού συγκέντρωσης 2% m/v και χλωριούχου ασβεστίου

Η διαφορά σε σχέση με τη μεθοδολογία του Trial 2 έγκειται στο γεγονός ότι οι εμβάπτισεις των κομματιών φύλλων μαρουλιού γίνονταν σε τρία διαφορετικά διαλύματα, αντί για 2. Δηλαδή γινόταν πρώτα εμβάπτιση των φύλλων μαρουλιού που περιείχε εκχύλισμα περικαρπίου φιστικιού (1% ή 2%) για 2 min , έπειτα εμβάπτιση σε αλγινικό νάτριο και γλυκερίνη για 1 min, στη συνέχεια αφαίρεση της περίσσειας υγρασίας τους και τέλος εμβάπτιση στο διάλυμα με το χλωριούχο ασβέστιο για 2 min. Έπειτα, ακολουθήθηκαν τα βήματα όπως περιγράφηκαν και για το Trial 1.

Συνοπτικά, όσον αφορά τις επεμβάσεις με τα εκχυλίσματα περικαρπίου φιστικιού, στο Trial 1 έγινε εμβάπτιση των κομματιών φύλλων μαρουλιού σε 1 διάλυμα (4 συστατικά), στο Trial 2 εμβάπτιση τους σε 2 διαλύματα, ενώ στο Trial 3 εμβάπτιση τους σε 3 διαλύματα , όπως φαίνεται και στον Πίνακα 5.

Πίνακας 5. Συγκεντρωτικός Πίνακας Μεθοδολογίας – Σταδίων των 3 πειραμάτων (Trials), όσον αφορά τις επεμβάσεις AL-1% και AL-2% (AL: αλγινικό νάτριο, GL: γλυκερίνη, PHE: εκχύλισμα περικαρπίου φιστικιού, CaCl₂: χλωριούχο ασβέστιο).

Μεθοδολογία Πειραμάτων (Trials)	Trial 1	Trial 2	Trial 3
Στάδιο 1	AL+GL+PHE+ CaCl ₂ 	AL+GL+ PHE 	PHE 
Στάδιο 2		CaCl ₂ 	AL+GL 
Στάδιο 3			CaCl ₂ 

Κατ' αυτόν τον τρόπο, έγινε προσπάθεια να προσδιοριστεί κατά πόσο είχαν δημιουργηθεί εδώδιμες επικαλύψεις όπου δεν θα ξεπλένονταν, θα προσέφεραν καλή διατήρηση των μαρουλιών κατά τη διάρκεια της συντήρησής τους και ποια μεθοδολογία εφαρμογής των επικαλύψεων ήταν εκείνη με τα καλύτερα αποτελέσματα.

Συνολικά, οι επεμβάσεις που χρησιμοποιήθηκαν στα πειράματα (Trials), ανεξάρτητα της μεθοδολογίας εφαρμογής τους, ήταν οι εξής (Πίνακας 6):

1. BLANK: καμία επέμβαση
2. AL: επέμβαση με εδώδιμη επικάλυψη αλγινικού νατρίου 0,5% (m/v)
3. AL-1%: επέμβαση με εδώδιμη επικάλυψη αλγινικού νατρίου 0,5% (m/v) με εκχύλισμα περικαρπίου φιστικιού 1% (m/v)
4. AL-2%: επέμβαση με εδώδιμη επικάλυψη αλγινικού νατρίου 0,5% (m/v) με εκχύλισμα περικαρπίου φιστικιού 2% (m/v)

Πίνακας 6. Συγκεντρωτικός πίνακας πειραμάτων (Trials) και Επεμβάσεων.

Πειράματα	Trial 1	Trial 2	Trial 3
Επεμβάσεις	BLANK	BLANK	BLANK
	AL	AL	AL
	AL-2%	AL-1%	AL-1%
		AL-2%	AL-2%
Ημέρες Συντήρησης (days)	0, 2, 4, 7, 9	0, 3, 5, 7, 10	0, 3, 5, 7, 10
Συνθήκες Συντήρησης	Θερμοκρασία: 4°C		
	Σχετική Υγρασία (Relative Humidity, RH): 80-90%		

Σε όλα τα πειράματα η συντήρηση των κομμένων φύλλων μαρουλιού έγινε στους 4°C και 90% RH για διάστημα 9-10 ημερών, όπως φαίνεται και από τον πίνακα 8.

Εξετάσθηκε η επίδραση δύο παραγόντων στα χαρακτηριστικά των κομμένων φύλλων μαρουλιού κατά τη συντήρησή τους. Συγκεκριμένα, ο πρώτος παράγοντας ήταν ο χρόνος συντήρησης (τέσσερα επίπεδα: 0, 2, 4, 7, 9 [Trial 1] και 0, 3, 5, 7, 10 ημέρες [Trial 2, Trial 3] αντίστοιχα) και ο δεύτερος παράγοντας οι επεμβάσεις (3 επίπεδα [Trial 1] και 4 επίπεδα [Trial 2, Trial 3] που σχετίζονται με τις εφαρμογές εδώδιμων

επικαλύψεων). Το πρώτο επίπεδο του παράγοντα χρόνος συντήρησης (0 ημέρα, day 0) αντιστοιχεί στα αρχικά χαρακτηριστικά των μαρουλιών κατά την παραλαβή τους. Για κάθε συνδυασμό των δύο παραγόντων και των επιπέδων τους χρησιμοποιήθηκαν τρεις επαναλήψεις (n = 3).

3.1.3. Συσκευασία-Συντήρηση φύλλων μαρουλιού

Όπως ειπώθηκε και σε προηγούμενη παράγραφο, τα κομμάτια φύλλων που αποτελούσαν μία επανάληψη για κάθε επέμβαση ήταν μάζας περίπου 30 g, για όλα τα Trials που πραγματοποιήθηκαν.

Αμέσως μετά το στάδιο της εμβάπτισης των φύλλων μαρουλιού σε όλα τα διαλύματα και αφότου αφέθηκαν να στεγνώσουν, αυτά συσκευάστηκαν σε διάτρητες συσκευασίες (macro-perforated bags) οι οποίες στη συνέχεια έκλεισαν με μηχανήμα θερμοσυγκόλλησης.

Όλες οι συσκευασίες (επαναλήψεις) πριν την τοποθέτησή τους στη συντήρηση, ζυγίστηκαν σε εργαστηριακό ζυγό με ακρίβεια τριών δεκαδικών ψηφίων και τελικώς τοποθετήθηκαν σε θάλαμο συντήρησης με συνθήκες 4°C, όπου παρέμειναν για χρονικό διάστημα έως και 9-10 ημέρες. Πριν την έναρξη της συντήρησης (day 0) σε 3 επαναλήψεις του μάρτυρα (BLANK) γινόταν μέτρηση της μάζας, του χρώματος και της υφής-συνεκτικότητας και έπειτα τα δείγματα καταψύχονταν και λυοφιλιώνονταν για την εκτίμηση των ολικών χλωροφυλλών, των ολικών φαινολικών και της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας.

4. Μετρήσεις Ποιοτικών – Φυσιολογικών Χαρακτηριστικών

Μετά την παραμονή τους στον θάλαμο ψύξης, σε συνθήκες 4°C και 90% RH, τα συσκευασμένα δείγματα φύλλων μαρουλιού, υποβάλλονταν σε μετρήσεις για την παρακολούθηση των μεταβολών τους. Για τις μετρήσεις των 2, 4, 7 και 9 ημερών (για το Trial 1) και των 3, 5, 7 και 10 ημερών (για τα Trial 2 και 3) για κάθε επέμβαση χρησιμοποιήθηκαν από 3 δείγματα (3 macro-perforated bags) το καθένα.

Συγκεκριμένα, κατά την διάρκεια των πειραμάτων μετρήθηκαν σε κάθε δειγματοληψία: η απώλεια μάζας, το χρώμα, και η συνεκτικότητα-υφή. Σε δευτερεύοντα χρόνο και έπειτα από αφυδάτωση των δειγμάτων με λυοφιλίωση, προσδιορίστηκε το περιεχόμενο σε ολικές χλωροφύλλες, ολικές φαινολικές ενώσεις και η ολική αντιοξειδωτική τους ικανότητα.

4.1.Μέτρηση μάζας και απώλειας μάζας

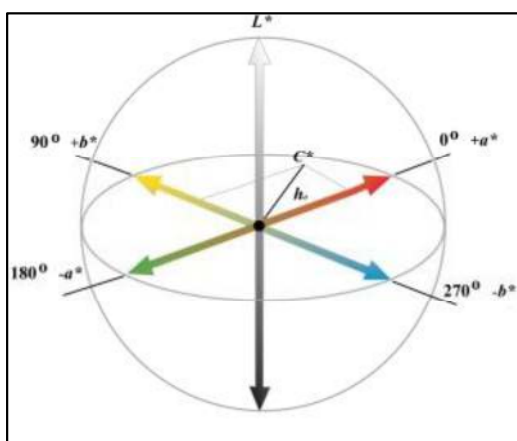
Πριν από κάθε μέτρηση ποιοτικού χαρακτηριστικού, οι διάτρητες σακούλες με τα φύλλα μαρουλιού έβγαιναν από τον θάλαμο ψύξης και ανοίγονταν. Έπειτα ζυγίζονταν τα φύλλα μαρουλιού από κάθε πλαστική σακούλα ανά επέμβαση σε εργαστηριακό ζυγό με ακρίβεια δυο δεκαδικών ψηφίων. Η απώλεια μάζας εκφράστηκε σε ποσοστό επί της εκατό (%) της αρχικής μάζας. Τα δείγματα παρέμεναν σε συνθήκες δωματίου για 2 ώρες μέχρι να ολοκληρωθούν οι μετρήσεις του χρώματος και της υφής.

4.2.Μέτρηση χρώματος

Για την αντικειμενική μέτρηση του χρώματος των φύλλων μαρουλιού χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της χρωματομετρίας και συγκεκριμένα το διαφορικό χρωματόμετρο Minolta CR-300 (Minolta, Germany) (Εικόνα 17), το οποίο μετράει τις CIE (Commision Internationale de l'Éclairage) συντεταγμένες του χρώματος L^* , a^* , και b^* . Η έκφραση του χρώματος έγινε σύμφωνα με τον McGuire (1992) και χρησιμοποιήθηκαν και οι παράμετροι Hue angle (h°) και Chroma (C^*), οι οποίες υπολογίστηκαν από τις τιμές των συντεταγμένων a^* και b^* ως εξής:

$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$$

$$\text{και } h^\circ = \arctan^{-1}(b^* \times a^{*-1}).$$



Εικόνα 16. Χρωματογραφικό διάγραμμα των συντεταγμένων L^* , a^* και b^* και των παραμέτρων h° και C^* .

Η συντεταγμένη L^* αποδίδει την φωτεινότητα ενώ οι παράμετροι a^* και b^* εκφράζουν την απόχρωση-ένταση του πράσινου ($-a^*$), κόκκινου ($+a^*$), μπλε ($-b^*$) και κίτρινου ($+b^*$). Επίσης, οι παράμετροι h° και C^* εκφράζουν το επικρατές χρώμα (απόχρωση) και την έντασή του, αντίστοιχα. Στο παραπάνω χρωματογραφικό διάγραμμα απεικονίζονται οι μεταβολές του χρώματος σε σχέση με τις συντεταγμένες L^* , a^* και b^* και τις παραμέτρους h° και C^* (Εικόνα 16).

Για την αντικειμενική μέτρηση του χρώματος των κομματιών φύλλων μαρουλιού λήφθηκε μέτρηση σε δύο σημεία: στο έλασμα (άνω και κάτω) και στο νεύρο του φύλλου. Κρίθηκε σκόπιμο να γίνει μέτρηση του χρώματος και στο νεύρο του φύλλου διότι το συγκεκριμένο σημείο μπορεί να είναι δείκτης καλής διατήρησης. Τα σημεία όπου γινόταν η λήψη της μέτρησης επιλέγονταν έτσι ώστε να μην φέρουν τυχόν αλλοιώσεις και η επιφάνεια επαφής του φωτοκύτταρου του οργάνου να είναι ομαλή για την ακρίβεια της μέτρησης. Για τον προσδιορισμό του χρώματος, χρησιμοποιήθηκαν 3 επαναλήψεις για κάθε δείγμα φύλλου (άνω και κάτω) μαρουλιού και άλλες 3 για το νεύρο.

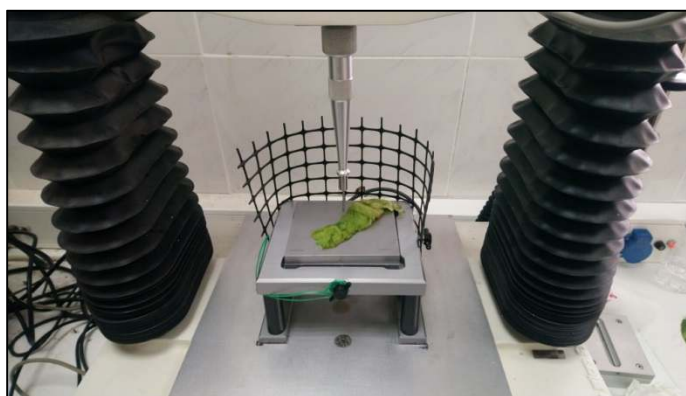


Εικόνα 17. Χρωματόμετρο Minolta CR-300

4.3.Μέτρηση υφής

Η υφή των φύλλων μαρουλιού αποτελεί σημαντικό ποιοτικό παράγοντα, διότι όσο πιο “τραχανό” δείχνει να είναι το φύλλο, ο καταναλωτής οδηγείται στο συμπέρασμα ότι είναι και πιο φρέσκο και άρα ποιοτικά ανώτερο. Για το λόγο αυτό, για τον προσδιορισμό της συνεκτικότητας και της υφής έγινε χρήση του αναλυτή υφής TA.HD plus Texture Analyser (Stable Micro Systems) (Εικόνα 18). Το μηχάνημα φέρει έναν μετακινούμενο άξονα με κυλινδρική βελόνα διαμέτρου 2 mm. Τρεις επαναλήψεις για κάθε δείγμα για το φύλλο μαρουλιού και άλλες τρεις για το νεύρο του φύλλου

τοποθετούνταν κάτω από την βελόνα για την οποία είχε προγραμματιστεί καθορισμένη κίνηση. Οι παράμετροι κίνησης ήταν: ταχύτητα 5 mm/sec πριν την επαφή με το φύλλο/νεύρο αντίστοιχα, ταχύτητα 1 mm/sec κατά την επαφή με το με το φύλλο/νεύρο αντίστοιχα, και διανυθείσα απόσταση 10 mm από τη στιγμή που θα έρθει σε επαφή η βελόνα με την επιφάνεια του φύλλου/νεύρου. Η έκφραση των αποτελεσμάτων της υφής έγινε σε g της μέγιστης δύναμης που κατέγραψε το όργανο εντός των 10 mm κίνησης της βελόνας εντός του φύλλου/νεύρου.



Εικόνα 18. Αναλυτής υφής TA.HD plus Texture Analyser με τον οποίο γίνεται η μέτρηση της υφής σε φύλλο μαρουλιού

4.4. Λυοφιλίωση

Τα δείγματα μετά τη μέτρηση χρώματος και υφής καταψύχονταν (-20°C) μέχρι τη διενέργεια των χημικών αναλύσεων. Τα φύλλα μαρουλιού αποτελούνται από μεγάλο ποσοστό υγρασίας και το γεγονός αυτό τα καθιστά ευαλλοίωτα, οπότε για την διατηρησιμότητα των δειγμάτων αλλά και για να παραμείνουν τα συστατικά αναλλοίωτα χρειάστηκε να ακολουθηθεί η μέθοδος της λυοφιλίωσης ή αλλιώς κρύας αποξήρανσης πριν τις αναλύσεις.

Επίσης ήταν σημαντική η αποξήρανση των δειγμάτων για την καλύτερη διαχείριση του όγκου τους, καθώς και για την εξάλειψη του παράγοντα της περιεκτικότητας υγρασίας των ιστών στην έκφραση των αποτελεσμάτων. Η διαδικασία πραγματοποιήθηκε με το μηχάνημα ThermoSavant της εταιρείας ModulyoD (Εικόνα 19), στο οποίο παρέμειναν τα φύλλα μαρουλιού για έως και 16 ώρες. Κατ' αυτόν τον τρόπο, τα φύλλα μαρουλιού κατά μέσο όρο έχασαν το 95% της υγρασίας τους.



Εικόνα 19. Μηχάνημα λυοφιλίωσης Thermosavant

4.5. Εκτίμηση χλωροφύλλης α, χλωροφύλλης β και ολικών χλωροφυλλών

Η περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη α, χλωροφύλλη β και ολικές χλωροφύλλες προσδιορίστηκε με κάποιες τροποποιήσεις της μεθόδου των Hiscox and Israelstam, 1978. Στη συγκεκριμένη μέθοδο, σε αντίθεση με άλλες μεθόδους που ήταν απαραίτητη η χρήση εκχυλισμένου υδατικού φυτικού δείγματος, χρησιμοποιήθηκε λυοφιλωμένο φυτικό δείγμα, με χρήση διαλύτη DMSO (Dimethylsulfoxide) για την εξαγωγή των χλωροφυλλών, ο οποίος είναι πιο αποτελεσματικός σε σχέση με την ακετόνη (Hiscox and Israelstam, 1978).

Ακολουθώντας τη μέθοδο, σε εργαστηριακούς σωλήνες τύπου Eppendorf με 10 mg λυοφιλωμένου δείγματος προστέθηκε 1 ml διαλύτη DMSO. Το μείγμα αυτό αρχικά αναδεύτηκε σε συσκευή vortex και στη συνέχεια τοποθετήθηκε σε υδατόλουτρο υπερήχων για 30 min σε θερμοκρασία 45°C. Μετά το πέρας της παραμονής στο υδατόλουτρο υπερήχων, το μείγμα βγήκε από εκεί και συλλέχθηκαν 0,2 ml υπερκείμενου σε γυάλινο φιαλίδιο. Εκεί προστέθηκαν 1,6 ml μεθανόλης (MeOH), ακολούθησε ανάδευση σε συσκευή vortex, τοποθετήθηκε μέρος του διαλύματος σε κυβέτα και μετρήθηκαν οι απορροφήσεις του σε μήκος κύματος 663 nm και 645 nm (σύμφωνα με τη μέθοδο του Arnon, 1949) σε φασματοφωτόμετρο CARY 50 Conc UV-Visible Spectrophotometer (Varian). Ο μηδενισμός του φωτομέτρου έγινε με χρήση τυφλού δείγματος που περιείχε διάλυμα DMSO: MeOH 1:8 v/v αντί για δείγμα.

Οι μετρούμενες χλωροφύλλες προσδιορίστηκαν με βάση την εξίσωση του Arnon (1949):

$$\text{Chl}_a = 22,9 A_{645} - 4,68 A_{663}$$

$$\text{Chl}_b = 12,7 A_{663} - 2,69 A_{645}$$

$$\text{TotChl} = 20, 2 A_{645} + 8, 02 A_{663}$$

Όπου:

Chl_a = Χλωροφύλλη Α, Chl_b = Χλωροφύλλη Β, TotChl = Ολικές Χλωροφύλλες,

A_{663} = Απορρόφηση στα 663 nm, A_{645} = Απορρόφηση στα 645 nm

Οι τιμές των χλωροφυλλών εκφράστηκαν ως mg ανά g ξηρής μάζας (DM) φύλλων μαρουλιού ($\text{mg } 1\text{g}^{-1}$ DM φύλλων μαρουλιού). Η χλωροφύλλη α, η χλωροφύλλη β και οι ολικές χλωροφύλλες προσδιορίστηκαν σε πέντε δειγματοληψίες 0, 2, 4, 7, 9 και 0, 3, 5, 7, 10 days (ανάλογα το Trial). Οι αντιδράσεις γίνονταν εις διπλούν για κάθε επανάληψη.

4.6. Εκτίμηση αντιοξειδωτικών ουσιών

4.6.1. Εκχύλιση αντιοξειδωτικών ουσιών

Η εκχύλιση των αντιοξειδωτικών ουσιών από τα δείγματα πραγματοποιήθηκε με συνδυασμό των μεθόδων Anderson *et al.*, (2001); Halvorsen *et al.*, (2002); Kornsteiner *et al.*, (2006); Shin *et al.*, (2007) με ορισμένες τροποποιήσεις αυτών.

Τα λυοφιλιωμένα δείγματα φύλλων μαρουλιού, αρχικά κονιορτοποιήθηκαν σε εργαστηριακό μύλο άλεσης για 15 s έως ότου πήραν τη μορφή πούδρας ώστε να γίνει καλύτερη διαβροχή και εκχύλιση των επιθυμητών αντιοξειδωτικών ουσιών.

Κατόπιν οι ιστοί διαλυτοποιήθηκαν για την εκχύλιση των συστατικών τους με διάλυμα 80% μεθανόλης (v/v) σε απεσταγμένο νερό. Συγκεκριμένα, σε εργαστηριακού σωλήνες τύπου Eppendorf (2 mL) ζυγίστηκαν 50 mg ιστού και προστέθηκε διαλύτης 1 mL, και κατόπιν γινόταν ανάδευση σε συσκευή τύπου vortex.

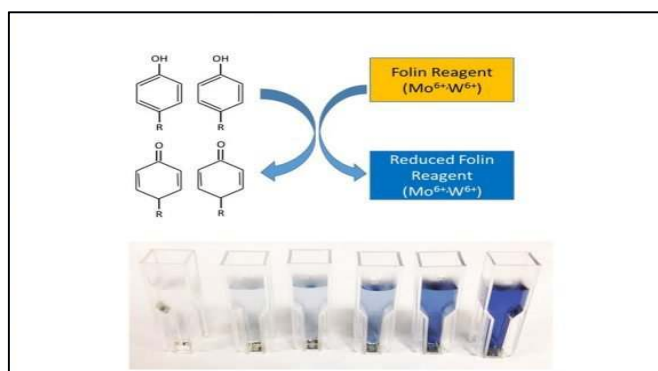
Στη συνέχεια γινόταν επώαση των σωλήνων σε λουτρό υπερήχων για 15 min, όπου ανά 5 min γινόταν ανάδυσή τους σε συσκευή vortex για 10 s. Μετά την επώαση ακολούθησε φυγοκέντριση των δειγμάτων σε 10000 rpm για 3 min. Το υπερκείμενο διάλυμα συλλέχθηκε σε καθαρό σωλήνα και η παραπάνω διαδικασία επαναλήφθηκε για ακόμα δύο φορές.

Το τελικό εκχύλισμα για κάθε δείγμα προέκυψε από την ανάμιξη σε ίσες αναλογίες (1:1:1) των τριών υπερκείμενων που παρελήφθησαν μετά από κάθε φυγοκέντριση.

Μετά το πέρας της διαδικασίας, τα δείγματα φυλάσσονταν σε κατάψυξη στους $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ και χρησιμοποιούνταν για τον προσδιορισμό των αντιοξειδωτικών ουσιών.

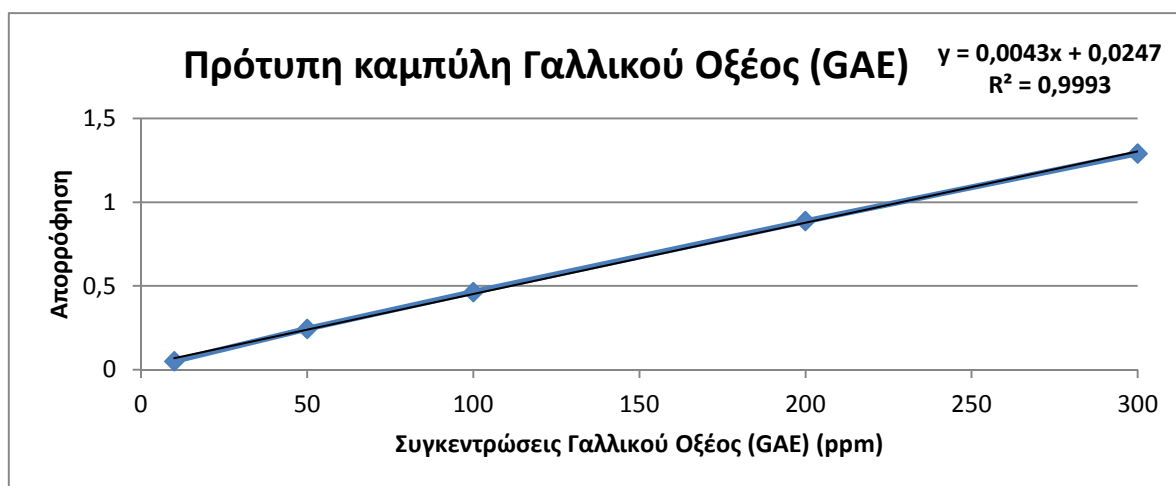
4.6.2. Προσδιορισμός ολικών φαινολικών (TP)

Τα ολικά φαινολικά (TP) προσδιορίστηκαν με κάποιες τροποποιήσεις της μεθόδου Folin-Ciocalteu των Singleton *et al.* (1999), σύμφωνα με τους Tsantili *et al.* (2010). Σε δοκιμαστικό σωλήνα με 2,6 ml απεσταγμένο νερό προστέθηκαν 0,2 ml αντιδραστηρίου Folin-Ciocalteu και 0,2 ml εκχυλίσματος φύλλων μαρουλιού. Το μείγμα αυτό αρχικά αναδεύτηκε σε συσκευή vortex και στη συνέχεια παρέμεινε για 6 min σε θερμοκρασία δωματίου, σε σκοτεινό σημείο για την αποφυγή διάσπασης του φωτοευαίσθητου αντιδραστηρίου. Κατόπιν προστέθηκαν 2 ml ανθρακικού νατρίου (Na_2CO_3) 7% (m/v). Αμέσως μετά το δείγμα επώαστηκε για 90 min σε θερμοκρασία δωματίου στο σκοτάδι και μετρήθηκε σε φασματοφωτόμετρο CARY 50 Conc UV-Visible Spectrophotometer (Varian), η απορρόφηση του σε μήκος κύματος 750 nm. Ο μηδενισμός του φωτομέτρου έγινε με χρήση τυφλού δείγματος που περιείχε 0,2 ml αποσταγμένου νερού αντί για δείγμα. Η χρωματική διαφοροποίηση του αντιδραστηρίου Folin-Ciocalteu κατά την αντίδραση με διάφορες συγκεντρώσεις δειγμάτων, με παρουσία Na_2CO_3 επισημαίνεται στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 20):



Εικόνα 20. Οξείδωση φαινολών και ταυτόχρονη αναγωγή του αντιδραστηρίου Folin-Ciocalteu κατά την αντίδραση σε αλκαλικό περιβάλλον (www.bioquochem.com)

Τα μετρούμενα ολικά φαινολικά προσδιορίστηκαν με βάση πρότυπη καμπύλη γαλλικού οξέως (GAE) (Σχήμα 1) και εκφράστηκαν ως ισοδύναμα mg GA ανά 100 g ξηρής μάζας (DM) φύλλων μαρουλιού (mg GAE 100g^{-1} DM φύλλων μαρουλιού). Τα ολικά φαινολικά TP προσδιορίστηκαν σε πέντε δειγματοληψίες 0, 2, 4, 7, 9 και 0, 3, 5, 7, 10 days (ανάλογα το Trial). Οι αντιδράσεις γίνονταν εις διπλούν για κάθε επανάληψη.



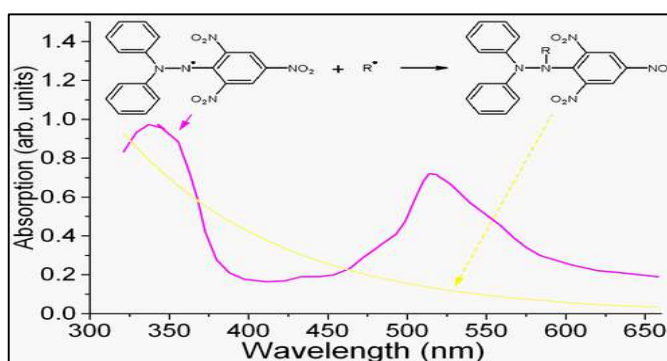
Σχήμα 1. Πρότυπη καμπύλη γαλλικού οξέος.

4.6.3. Προσδιορισμός ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας (TAC)

Η ολική αντιοξειδωτική ικανότητα (TAC) εκτιμήθηκε με δύο μεθόδους, την δοκιμή DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical scavenging capacity) και την δοκιμή ABTS (2,2'-azino-bis(3-ethyl benzothiazoline-6-sulphonic acid) radical scavenging capacity).

Η επιλογή δύο διαφορετικών μεθόδων, σύμφωνα με Prior and Cao, (1999) και Prior *et al.*, (2005), προτείνεται για την καλύτερη και πιο αντικειμενική αξιολόγηση της αντιοξειδωτικής ικανότητας, καθώς μόνο μία μέθοδος δεν επαρκεί στο να δώσει μια ολοκληρωμένη εικόνα αυτής.

Η μέθοδος DPPH εφαρμόστηκε σύμφωνα με τους (Brand-Williams *et al.*, 1995) και βασίζεται στη μείωση της απορρόφησης της ρίζας DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) όταν έρθει σε επαφή με αντιοξειδωτικές ουσίες. Η ρίζα DPPH, σημειώνει το μέγιστο της απορρόφησης της σε μήκος κύματος 515 nm (Εικόνα 21).



Εικόνα 21. Φάσμα απορρόφησης σε φασματοφωτόμετρο UV-Vis της ρίζας DPPH. Με το βέλος φαίνεται το μέγιστο της αναγόμενης ρίζας (DPPH:H) στα 515 nm.

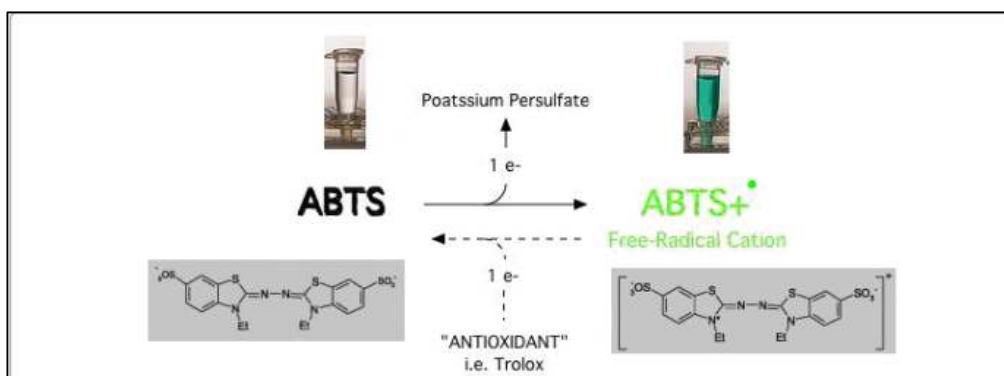
(www.wikipedia.org)

Για την εκτέλεση της μεθόδου η διαδικασία πραγματοποιήθηκε ως εξής: σε σφραγιζόμενο δοκιμαστικό σωλήνα που περιείχε 3,9 ml μεθανολικού διαλύματος DPPH συγκέντρωσης 60 μM προστέθηκε 0,1 ml εκχυλίσματος και ομογενοποιήθηκε με συσκευή vortex. Έπειτα από 30 min επώασης σε θερμοκρασία δωματίου στο σκοτάδι, μετρήθηκε η μείωση της απορρόφησης στα 515 nm με τη βοήθεια του φασματοφωτομέτρου CARY 50 Conc UV-Visible Spectrophotometer (Varian).

Η δεύτερη μέθοδος που επιλέχθηκε ήταν η ABTS (2,2'-azino-bis(3-ethyl benzothiazoline-6-sulphonic acid) με παραγωγή του ριζικού κατιόντος ABTS^+ με οξείδωση του ABTS^{2-} με υπερθειϊκά ιόντα ($\text{K}_2\text{O}_8\text{S}_2$) (Εικόνα 22) και ακολουθήθηκε η παρακάτω διαδικασία.

Αρχικά παρασκευάστηκε διάλυμα ABTS 7 mM και $\text{K}_2\text{O}_8\text{S}_2$ 2,45 mM σε απιονισμένο νερό και το διάλυμα επώαστηκε στο σκοτάδι στους 25°C για 18 h. Μετά την επώαση πραγματοποιήθηκε αραίωση του διαλύματος με αιθανόλη ώστε το αραιωμένο ABTS διάλυμα να έχει απορρόφηση $0,700 \pm 0,005$ στα 734 nm. Ενδεικτικά, χρειάστηκαν 8 ml αιθανόλης για την αραίωση 117 μL διαλύματος ABTS.

Για τη μέτρηση, σε δοκιμαστικό σωλήνα τοποθετήθηκαν 100 μL δείγματος (εκχυλισμένου δείγματος φύλλων μαρουλιού) και 2 mL του αραιωμένου διαλύματος ABTS και αφού αναδεύτηκαν με τη βοήθεια vortex, εν συνεχεία επώαστηκαν για 6 min στο σκοτάδι. Η τελική μέτρηση έγινε στο φασματοφωτόμετρο CARY 50 Conc UV-Visible Spectrophotometer (Varian) και η μείωση της απορρόφησης των δειγμάτων μετρήθηκε στα 734 nm.

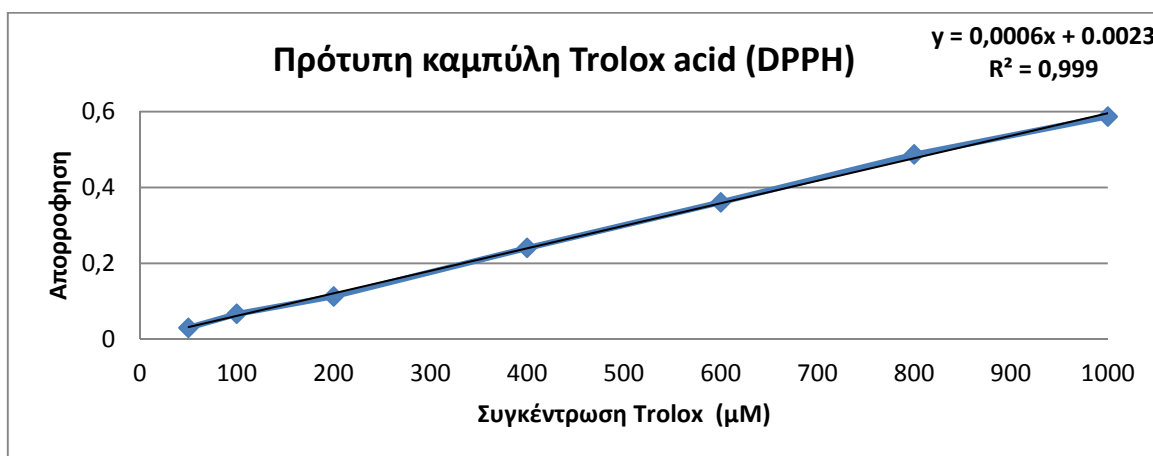


Εικόνα 22. Παραγωγή του άχρωμου ριζικού κατιόντος ABTS^+ με οξείδωση του ABTS^{2-} (έγχρωμο) με υπερθειϊκά ιόντα (Bologin, 2014)

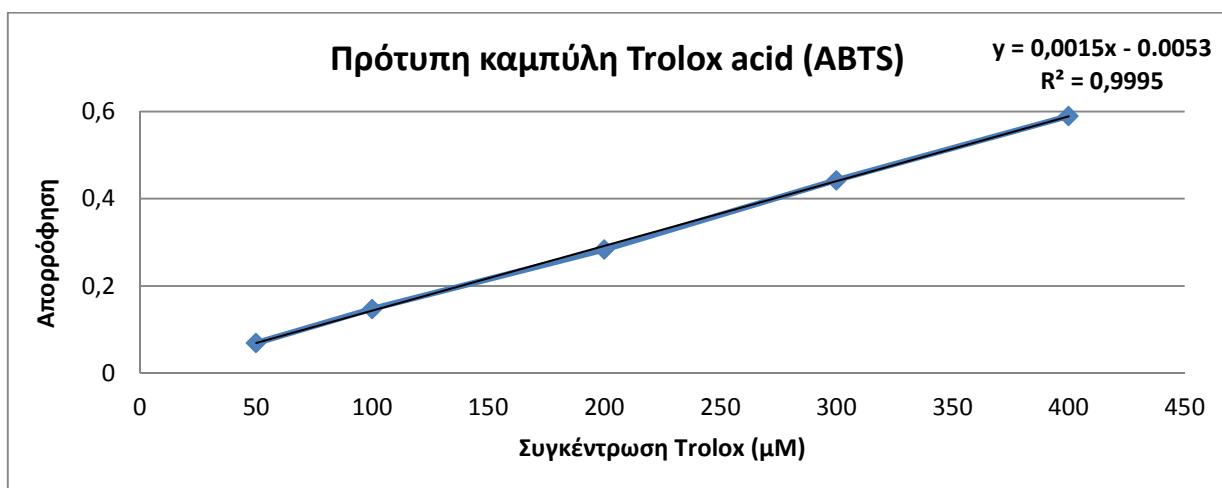
Στην εκτίμηση της TAC, και για τις δύο μεθόδους που χρησιμοποιήθηκαν, η διάρκεια της επώασης (30 min και 6 min) που επιλέχθηκε αντιστοιχούσε στο χρόνο που απαιτήθηκε ώστε να σταθεροποιηθεί η αντίδραση. Επίσης, και για τις δύο μεθόδους,

χρησιμοποιήθηκαν “τυφλά δείγματα”, δηλαδή δείγματα στα οποία έγινε η προσθήκη του αντιδραστηρίου μόνο σε απεσταγμένο νερό, έτσι ώστε να γίνει αφαίρεση του αποτελέσματος των απορροφήσεων των δειγμάτων από τις απορροφήσεις των τυφλών, για να προσδιοριστούν οι ακριβείς απορροφήσεις που δίνουν οι (μειούμενες) συγκεντρώσεις των αντιδραστηρίων.

Η TAC προσδιορίστηκε με βάση πρότυπες καμπύλες trolox acid (TA, 6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid) (Σχήμα 2 και 3) και εκφράστηκε ως ισοδύναμα mmol TA ανά 100 g ξηρής μάζας (DM) φύλλου μαρουλιού. Η TAC με τις μεθόδους DPPH και ABTS προσδιορίστηκε σε τέσσερις (0, 2, 4, 7, 9 days) και πέντε δειγματοληψίες (0, 3, 5, 7 και 10 days) αντίστοιχα για τα Trials εις διπλούν για κάθε επανάληψη.



Σχήμα 2. Πρότυπη καμπύλη Trolox acid (για τη δοκιμή DPPH).



Σχήμα 3. Πρότυπη καμπύλη Trolox acid (για τη δοκιμή ABTS).

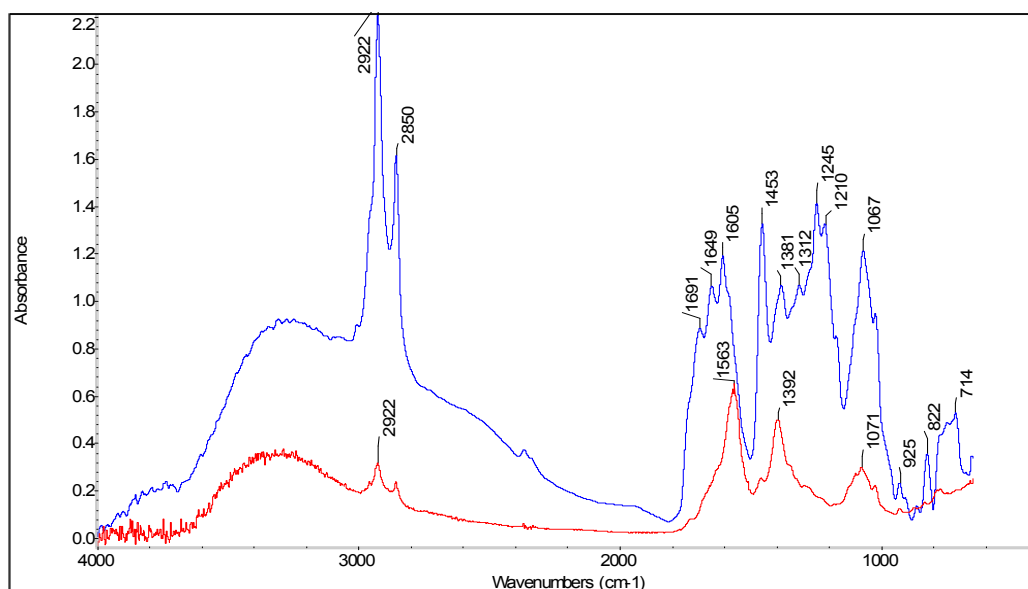
Γ. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1. Αποτελέσματα Φασματοσκοπικών Μελετών

1.1. Αποτελέσματα φασμάτων FT-IR

Στην Εικόνα 23 φαίνονται τα αντιπροσωπευτικά FT-IR φάσματα δειγμάτων εκχυλισμάτων περικαρπίου φιστικιού, διαλυμένα σε αιθανόλη αλλά και σε νερό. Παρατηρούμε ότι τα φάσματα παρουσιάζουν αισθητές διαφορές στην υφή, στην ένταση και στο εύρος των κορυφών .

Στον Πίνακα 7 φαίνονται οι αποδόσεις των κορυφών των παραπάνω αντιπροσωπευτικών φασμάτων.



Εικόνα 23. Φάσμα FT-IR του εκχυλίσματος περικαρπίου φιστικιού διαλυμένο σε αιθανόλη (κόκκινο χρώμα) και σε νερό (μπλε χρώμα).

Πίνακας 7. Απορροφήσεις των κυριότερων κορυφών και οι αντίστοιχες αποδόσεις των FTIR φασμάτων των εκχυλισμάτων περικαρπίου φιστικιού.

Κυματαριθμοί (cm ⁻¹)	Λειτουργική Ομάδα	Αποδόσεις	Τρόπος Δόνησης	Ένταση
~ 2923, 2852	C-H αλκανίων	Λιπίδια ή σάκχαρα (γλυκοζίτες, γαλακτοζίτες)	Τάση, κάμψη	Πολύ υψηλές
~1691	C=O	Αλδεύδες, Κετόνες, Καρβοξυλικά οξέα	Τάση	Υψηλή
~ 1645	C=O, -COO ⁻	Μη εστεροποιημένες πηκτίνες, δεσμοί εστέρα τριγλυκεριδίων, πρωτεΐνες, νερό	Ασύμμετρη τάση	Υψηλή
~ 1603	C=C αρωματικού δακτύλιου, -NH ₂	Κινόλες, Αμινοξέα	Τάσης	Υψηλή
~1561	N-H	Πρωτεΐνες	Κάμψης	Μέτρια - Υψηλή
~ 1452	C=C, -NH ₂ , C-N, -CH ₂ , -CH ₃	Αμίνες, Αρωματικός δακτύλιος	Τάσης, κάμψης	Υψηλή
~1392	C-H	Σάκχαρα, αλδεύδες, κετόνες	Κάμψης	Μέτρια
~ 1379	C-O (οξύ ή εστέρας), -CH ₃ , -OCH ₃	Μέθυλο-, αιθυλ-εστέρες, σάκχαρα	Συμμετρική δόνηση τάσης, παραμόρφωσης,	Μέτρια - Υψηλή
~ 1312	C-O (οξύ ή εστέρας), -CH ₃ , -OCH ₃	Μέθυλο-, αιθυλ-εστέρες	Συμμετρική δόνηση τάσης, παραμόρφωσης,	Μέτρια - Υψηλή
~ 1244	-OCH ₃ , -CH ₂ =CH-O, -C-O,	Δευτεροταγείς αλκοόλες, σάκχαρα	Δόνηση παραμόρφωσης δευτεροταγών αλκοολών σε συνδυασμό με δονήσεις -CH-, ασύμμετρη τάση C-O-C	Υψηλή
~ 1214	-OCH ₃ , -CH ₂ =CH-O, -C-O,	Δευτεροταγείς αλκοόλες, σάκχαρα	Δόνηση παραμόρφωσης δευτεροταγών αλκοολών σε συνδυασμό με δονήσεις -CH-, ασύμμετρη τάση C-O-C	Υψηλή
~1071	C-O, C-O-C	Πολυσακχαρίτες	Κάμψεις	Υψηλή
~ 1066	-NH ₂ , -C-OH	Δευτεροταγείς αλειφατικές αμίνες, αλκοόλες, σάκχαρα	Δόνηση κάμψης	Μέτρια-Υψηλή
~952	C-O, C-H	Αλειφατικές C-H, O-H φαινολών	Τάση, κάμψη	Μέτρια
~822	C-H αλκανίων	Πολυσακχαρίτες	Τάση, κάμψη	Μέτρια
~714	C=C	Πολυσακχαρίτες	Τάση, κάμψη	Μέτρια

Η απορρόφηση στα ~2925 cm⁻¹ έχει αποδοθεί σε δονήσεις τάσης και κάμψης αρωματικών και μη αρωματικών C-H (Βαλάση, 2016 ; Akbari-Alavijeh *et al.*, 2017;

Hamed *et al.*, 2020; Kazemi *et al.*, 2018), ξυλανών (Hesam *et al.*, 2020) και λιπαρών οξέων (Βαλάση, 2016). Σε ξυλάνες ακόμη αποδίδονται απορροφήσεις με κορυφές στα $\sim 1645\text{ cm}^{-1}$, (τάση) της ομάδας C=O (Hesam *et al.*, 2020). Στην ίδια περιοχή απορροφά και το νερό (δόνηση κάμψης) καθώς και οι πρωτεΐνες (αμίδιο I).

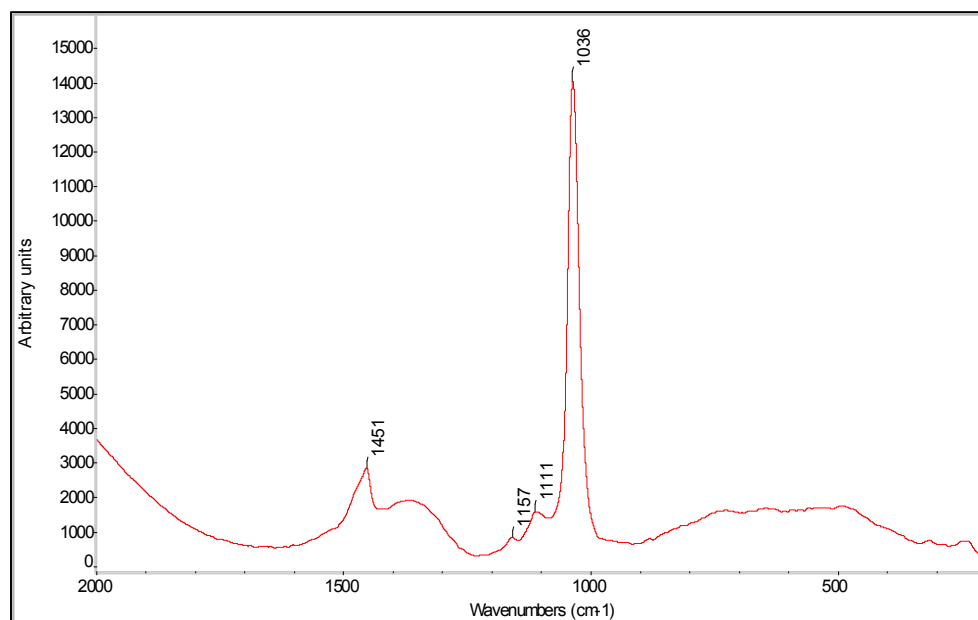
Οι απορροφήσεις στα $\sim 1452\text{ cm}^{-1}$ και $\sim 1379\text{ cm}^{-1}$, συνδέονται με τις δονήσεις κάμψης του $-\text{CH}_2-$ και του $-\text{CH}_3$ (Βαλάση, 2016). Οι κορυφές στα $\sim 1452\text{ cm}^{-1}$, $\sim 1312\text{ cm}^{-1}$ και $\sim 1244\text{ cm}^{-1}$ έχουν αποδοθεί στις δονήσεις κάμψης και παραμόρφωσης των C-O-H, C-H και $-\text{CH}_2$ ενώ η απορρόφηση στα $\sim 1244\text{ cm}^{-1}$ σε ημικυτταρίνες (Akbari-Alavijeh *et al.*, 2017; Hesam *et al.*, 2020). Παρόμοια αποτελέσματα έδειξαν και οι εργασίες των Kazemi *et al.*, 2018 και Hamed *et al.*, 2020 στις οποίες οι κορυφές μεταξύ ~ 1300 και $\sim 1000\text{ cm}^{-1}$ αποδόθηκαν σε πολυσακχαρίτες, και ιδιαίτερα οι έντονες απορροφήσεις στα ~ 1019 και $\sim 1066\text{ cm}^{-1}$ στις C-O, C-CH, C-C και O-CH.

Η έντονη κορυφή στα $\sim 1379\text{ cm}^{-1}$ έχει αποδοθεί στη δόνηση C-H($-\text{CH}_3$) (Βαλάση, 2016). Το ύψος της κορυφής στα $\sim 1244\text{ cm}^{-1}$ σχετίζεται με τη δόνηση τάσης C-O των εστέρων (Βαλάση, 2016). Οι ζώνες μεταξύ ~ 1125 και $\sim 1000\text{ cm}^{-1}$ είναι τυπικές για τις ξυλάνες σύμφωνα με τους Hesam *et al.*, 2020. Η απορρόφηση στα $\sim 1066\text{ cm}^{-1}$ αποδόθηκε σε δακτύλιο φουρανόζης (Akbari-Alavijeh *et al.*, 2017), ενώ σύμφωνα με τους Hamed *et al.*, 2020 η απορρόφηση στα $\sim 1021\text{ cm}^{-1}$ και στα $\sim 1075\text{ cm}^{-1}$ αντιστοιχεί στις δονήσεις C-O και C-O-C.

Στο FTIR φάσμα εκχυλισμάτων περικαρπίου φιστικιού σε νερό, έχει αυξηθεί η κορυφή $\sim 2924\text{ cm}^{-1}$ που συσχετίζεται με τη δόνηση τάσης του $-\text{CH}-$ και έχει συσχετιστεί με σάκχαρα (γλυκοζίτες, γαλακτοζίτες). Η ασθενής ζώνη απορρόφησης στα $\sim 1561\text{ cm}^{-1}$ αφορά τη δόνηση κάμψης του N-H (αμίδιο II) και σε συνδυασμό με τις κορυφές στα 1645 cm^{-1} $\sim 1393\text{ cm}^{-1}$ υποδηλώνει την παρουσία ποσότητας πρωτεϊνών στο περικάρπιο του κελυφωτού φιστικιού. (Akbari-Alavijeh *et al.*, 2017, Hamed *et al.*, 2020). Σύμφωνα με τους Kubovský *et al.*, (2020) οι ζώνες απορρόφησης στην περιοχή 1190 έως 950 cm^{-1} οφείλονται στις δονήσεις C – O και C – H που προέρχονται από δεσμούς αλειφατικού $-\text{CH}_2$ και C–OH. Οι περιοχές απορροφήσεων από 950 έως 710 cm^{-1} αντιστοιχούν σε τμήμα του “δακτυλικού αποτυπώματος” πολυσακχαριτών (Hamed *et al.*, 2020, Hesam *et al.*, 2020).

1.2. Αποτελέσματα φάσματος Raman

Στην Εικόνα 24 φαίνονται το αντιπροσωπευτικό φάσμα Raman δειγμάτων εκχυλισμάτων περικαρπίου φιστικιού διαλυμένο σε αιθανόλη (EtOH) και στον Πίνακα 8 φαίνονται οι αποδόσεις των κορυφών του παραπάνω αντιπροσωπευτικού φάσματος.



Εικόνα 24. Φάσμα Raman του εκχυλίσματος περικαρπίου φιστικιού διαλυμένο σε EtOH.

Πίνακας 8. Απορροφήσεις των κυριότερων κορυφών και οι αντίστοιχες αποδόσεις του φάσματος Raman των εκχυλισμάτων περικαρπίου φιστικιού.

Κυματαριθμοί (cm ⁻¹)	Λειτουργική Ομάδα	Αποδόσεις	Τρόπος Δόνησης	Ένταση
~ 1451	C=C -CH ₂ , -CH ₃	Ακόρεστες ενώσεις	Τάσης, κάμψης	Χαμηλή
~1157	-CH ₂	Αλκάνια (πολυσακχαρίτες)	Κλυδωνισμού, Στρέβλωσης	Χαμηλή
~ 1111	C-C αλκανίων	Αλκάνια (πολυσακχαρίτες)	Κλυδωνισμού, Στρέβλωσης	Χαμηλή
~ 1036	C-H	Σάκχαρα	Παραμόρφωση εντός επιπέδου	Υψηλή

Από τη σύγκριση των φασμάτων FTIR και Raman των δειγμάτων, παρατηρήθηκε ότι οι κυματαριθμοί ορισμένων χαρακτηριστικών κορυφών ήταν ίδιες, ενώ οι εντάσεις διέφεραν σημαντικά. Για παράδειγμα, η κορυφή στα $\sim 1451\text{cm}^{-1}$ ήταν υψηλή στο υπέρυθρο φάσμα, αλλά χαμηλή στο φάσμα Raman. Οι κορυφές $\sim 1157\text{cm}^{-1}$ και $\sim 1111\text{cm}^{-1}$ που αντιστοιχούν στις δονήσεις των $-\text{CH}_2$ και C-C αντίστοιχα των πολυσακχαριτών, δεν εμφανίστηκαν στο φάσμα FT-IR, όμως εμφανίστηκαν στο Raman, διότι το τελευταίο δίνει χαρακτηριστικές κορυφές του σκελετού των μορίων. Επίσης, η υψηλή απορρόφηση στα $\sim 1036\text{cm}^{-1}$ έχει συνδεθεί με την παραμόρφωση C-H των πολυσακχαριτών, κάτι που δεν παρατηρείται στο φάσμα FT-IR. Ο συνδυασμός των τεχνικών FT-IR και Raman δίνει πληροφορίες τόσο για τις χαρακτηριστικές ομάδες, όσο και για τη δομή των σκελετών των μορίων, γεγονός που δίνει μια πιο αντιπροσωπευτική εικόνα στον χαρακτηρισμό του PHE, ο οποίος αποτελείται κυρίως από πολυσακχαρίτες (Hamed *et al.*, 2020; Hesam *et al.*, 2020).

2. Στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων ποιοτικών χαρακτηριστικών

Τα πειράματα (Trials) σχεδιάστηκαν με βάση τους δύο κύριους παράγοντες, που ήταν οι επεμβάσεις (μάρτυρας, AL, AL-1% και AL-2%) και ο χρόνος συντήρησης (0, 2, 4, 7 και 9 ημέρες για το Trial 1 και 0, 3, 5, 7 και 10 για τα Trials 2 και 3).

Η πλήρωση των διάτρητων σακουλών, η τοποθέτησή τους στον θάλαμο ψύξης και η λήψη τους κατά την ημέρα δειγματοληψίας έγιναν σύμφωνα με το εντελώς τυχαιοποιημένο σχέδιο. Υπήρξαν 3 επαναλήψεις για κάθε μέτρηση.

Από κάθε ανάλυση παρουσιάζεται παρακάτω ο πίνακας των Πιθανοτήτων. Οι τιμές των Πιθανοτήτων προσδιορίζουν την σημαντικότητα του κάθε παράγοντα χωριστά καθώς και των αλληλεπιδράσεων των παραγόντων.

Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του προγράμματος Statgraphics της εταιρείας StatPoint Technologies. Χρησιμοποιήθηκε η ανάλυση διασποράς ANOVA. Οι συγκρίσεις των μέσων έγιναν με βάση τη μέθοδο Student.

Όταν η τιμή των πιθανοτήτων είναι μικρότερη από 0,05 (*), τότε ο αντίστοιχος παράγοντας ή η αλληλεπίδραση παρουσιάζουν μία σημαντική επίδραση στο εκάστοτε αποτέλεσμα σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Όταν η τιμή είναι μικρότερη από 0,01 (**) τότε το επίπεδο εμπιστοσύνης είναι 99% και τέλος για τιμή μικρότερη από 0,001 (***) το επίπεδο εμπιστοσύνης είναι 99,9%. Στο συγκεκριμένο πείραμα η τιμή των πιθανοτήτων ελέγχθηκε σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.

2.1. Πίνακες Αποτελεσμάτων Διπαραγοντικών και Μονοπαραγοντικών Αναλύσεων

Η διπαραγοντική και μονοπαραγοντική ανάλυση των πιθανοτήτων διασποράς των παραμέτρων ποιότητας φύλλων μαρουλιού παρουσιάζεται στους Πίνακες 9 έως 14 και αναφέρεται στους 2 παράγοντες, ημέρες συντήρησης (P day, Pd) και τις επεμβάσεις (P treatment, Pt) για την συνολική διάρκεια συντήρησης τους για 9 και 10 ημέρες, ανάλογα το Trial.

Πίνακας 9. Επίδραση των ημερών συντήρησης (P day, Pd) με τις επεμβάσεις (P treatment, Pt) και της αλληλεπίδρασής τους (P dxt) στις παραμέτρους ποιότητας του Trial 1.

TRIAL 1			
ΤΙΜΕΣ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΩΝ ΔΙΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ			
ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ	ΔΙΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ		
	<i>Pd</i>	<i>Pt</i>	<i>Pd x t</i>
Απώλεια μάζας	***	*	
L* Άνω Φύλλου	*		
h ₀ Άνω Φύλλου	*		
C* Άνω Φύλλου	*		
L* Κάτω Φύλλου	***	***	
h ₀ Κάτω Φύλλου	***	***	
C* Κάτω Φύλλου		**	
L* Νεύρου		***	
h ₀ Νεύρου	**	***	
C* Νεύρου	**	***	*
Συνεκτικότητα φύλλου	***		
Συνεκτικότητα νεύρου			
Χλωροφύλλη α	*	*	
Χλωροφύλλη β	**	*	
Ολικές Χλωροφύλλες	*	*	
Ολικά φαινολικά	***	**	*
DPPH	***	**	*
I% (DPPH)	***	***	**
ABTS	*		
I% (ABTS)	***		

Πίνακας 10. Επίδραση των ημερών συντήρησης (P day, Pd) με τις επεμβάσεις (P treatment, Pt) και της αλληλεπίδρασής τους (P dxt) στις παραμέτρους ποιότητας του Trial 2.

TRIAL 2			
ΤΙΜΕΣ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΩΝ ΔΙΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ			
ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ	ΔΙΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ		
	<i>Pd</i>	<i>Pt</i>	<i>Pd x t</i>
Απώλεια μάζας	***		
L* Άνω Φύλλου	*	*	
h ₀ Άνω Φύλλου	*		
C* Άνω Φύλλου	*		
L* Κάτω Φύλλου		*	
h ₀ Κάτω Φύλλου	***		
C* Κάτω Φύλλου			
L* Νεύρου			
h ₀ Νεύρου	***	***	**
C* Νεύρου	***	***	*
Συνεκτικότητα φύλλου	***		
Συνεκτικότητα νεύρου	**	*	
Χλωροφύλλη α	***		
Χλωροφύλλη β			
Ολικές Χλωροφύλλες	***		
Ολικά φαινολικά	***	***	
DPPH	**	*	
I% (DPPH)	**	*	
ABTS	***	***	*
I% (ABTS)	***	***	*

Πίνακας 11. Επίδραση των ημερών συντήρησης (P day, Pd) με τις επεμβάσεις (P treatment, Pt) και της αλληλεπίδρασής τους (P dxt) στις παραμέτρους ποιότητας του Trial 3.

TRIAL 3			
ΤΙΜΕΣ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΩΝ ΔΙΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ			
ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ	ΔΙΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ		
	<i>Pd</i>	<i>Pt</i>	<i>Pd x t</i>
Απώλεια μάζας	***		
L* Άνω Φύλλου	*	*	
h ₀ Άνω Φύλλου	*		
C* Άνω Φύλλου	*		
L* Κάτω Φύλλου		*	
h ₀ Κάτω Φύλλου	***		
C* Κάτω Φύλλου			
L* Νεύρου			
h ₀ Νεύρου	***	***	**
C* Νεύρου	***	***	*
Συνεκτικότητα φύλλου	***		
Συνεκτικότητα νεύρου	**	*	
Χλωροφύλλη α	***		
Χλωροφύλλη β			
Ολικές Χλωροφύλλες	***		
Ολικά φαινολικά	***	***	
DPPH	**	*	
I% (DPPH)	**	*	
ABTS	***	***	*
I% (ABTS)	***	***	*

Πίνακας 12. Επίδραση των επεμβάσεων στις παραμέτρους ποιότητας ανά ημέρα συντήρησης του Trial 1.

TRIAL 1				
ΤΙΜΕΣ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΩΝ ΜΟΝΟΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ				
ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ	ΜΟΝΟΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ			
	<i>Day 2</i>	<i>Day 4</i>	<i>Day 7</i>	<i>Day 9</i>
Απώλεια μάζας		*	*	
L* Άνω Φύλλου				
h ₀ Άνω Φύλλου			*	***
C* Άνω Φύλλου				***
L* Κάτω Φύλλου		*		
h ₀ Κάτω Φύλλου		*		*
C* Κάτω Φύλλου				**
L* Νεύρου				
h ₀ Νεύρου	**	*		
C* Νεύρου	*	*		
Συνεκτικότητα φύλλου				
Συνεκτικότητα νεύρου				
Χλωροφύλλη α			**	**
Χλωροφύλλη β			**	**
Ολικές Χλωροφύλλες			**	**
Ολικά φαινολικά		**	**	
DPPH	*	***		
I% (DPPH)		***		
ABTS				
I% (ABTS)				

Πίνακας 13. Επίδραση των επεμβάσεων στις παραμέτρους ποιότητας ανά ημέρα συντήρησης του Trial 2.

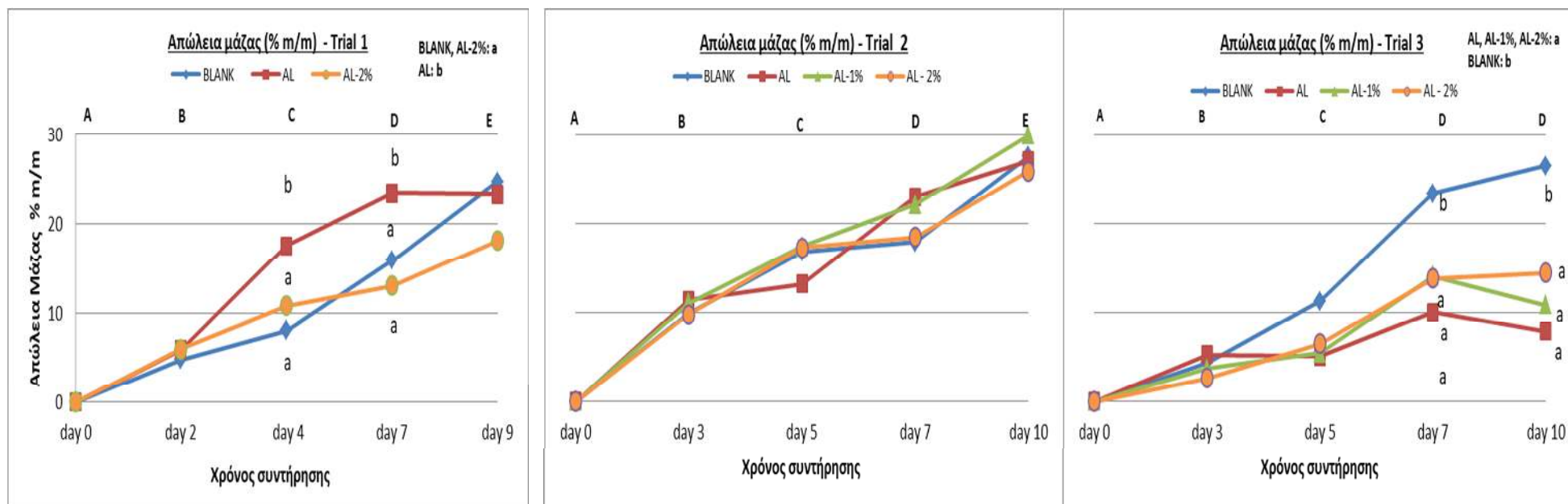
TRIAL 2				
ΤΙΜΕΣ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΩΝ ΜΟΝΟΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ				
ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ	ΜΟΝΟΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ			
	<i>Day 3</i>	<i>Day 5</i>	<i>Day 7</i>	<i>Day 10</i>
Απώλεια μάζας				
L* Άνω Φύλλου				
h ₀ Άνω Φύλλου			*	
C* Άνω Φύλλου				
L* Κάτω Φύλλου				
h ₀ Κάτω Φύλλου			*	
C* Κάτω Φύλλου				*
L* Νεύρου		*		
h ₀ Νεύρου			***	*
C* Νεύρου		*	**	***
Συνεκτικότητα φύλλου			*	
Συνεκτικότητα νεύρου		*		
Χλωροφύλλη α				
Χλωροφύλλη β				
Ολικές Χλωροφύλλες				
Ολικά φαινολικά			***	
DPPH			*	
I% (DPPH)			*	
ABTS	*		**	
I% (ABTS)	*		**	

Πίνακας 14. Επίδραση των επεμβάσεων στις παραμέτρους ποιότητας ανά ημέρα συντήρησης του Trial 3.

TRIAL 3				
ΤΙΜΕΣ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΩΝ ΜΟΝΟΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ				
ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ	ΜΟΝΟΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ			
	<i>Day 3</i>	<i>Day 5</i>	<i>Day 7</i>	<i>Day 10</i>
Απώλεια μάζας				
L* Άνω Φύλλου				
h ₀ Άνω Φύλλου			*	
C* Άνω Φύλλου				
L* Κάτω Φύλλου				
h ₀ Κάτω Φύλλου			*	
C* Κάτω Φύλλου				*
L* Νεύρου		*		
h ₀ Νεύρου			***	*
C* Νεύρου		*	**	***
Συνεκτικότητα φύλλου			*	
Συνεκτικότητα νεύρου		*		
Χλωροφύλλη α				
Χλωροφύλλη β				
Ολικές Χλωροφύλλες				
Ολικά φαινολικά			***	
DPPH			*	
I% (DPPH)			*	
ABTS	*		**	
I% (ABTS)	*		**	

3. Αποτελέσματα Ποιοτικών Χαρακτηριστικών

3.1. Αποτελέσματα Απώλειας Μάζας



Σχήμα 4. Συγκριτική πορεία της απώλειας μάζας (% m/m) των δειγμάτων φύλλων μαρουλιού μεταξύ των 3 Trials.

Η παρατηρούμενη απώλεια μάζας (ML), είχε αυξητική τάση κατά τη συντήρηση και στα 3 Trials και έφτασε στα επίπεδα 25-30% (% m/m) μετά από 9 και 10 μέρες συντήρησης, αντίστοιχα για κάθε Trial (Σχήμα 4).

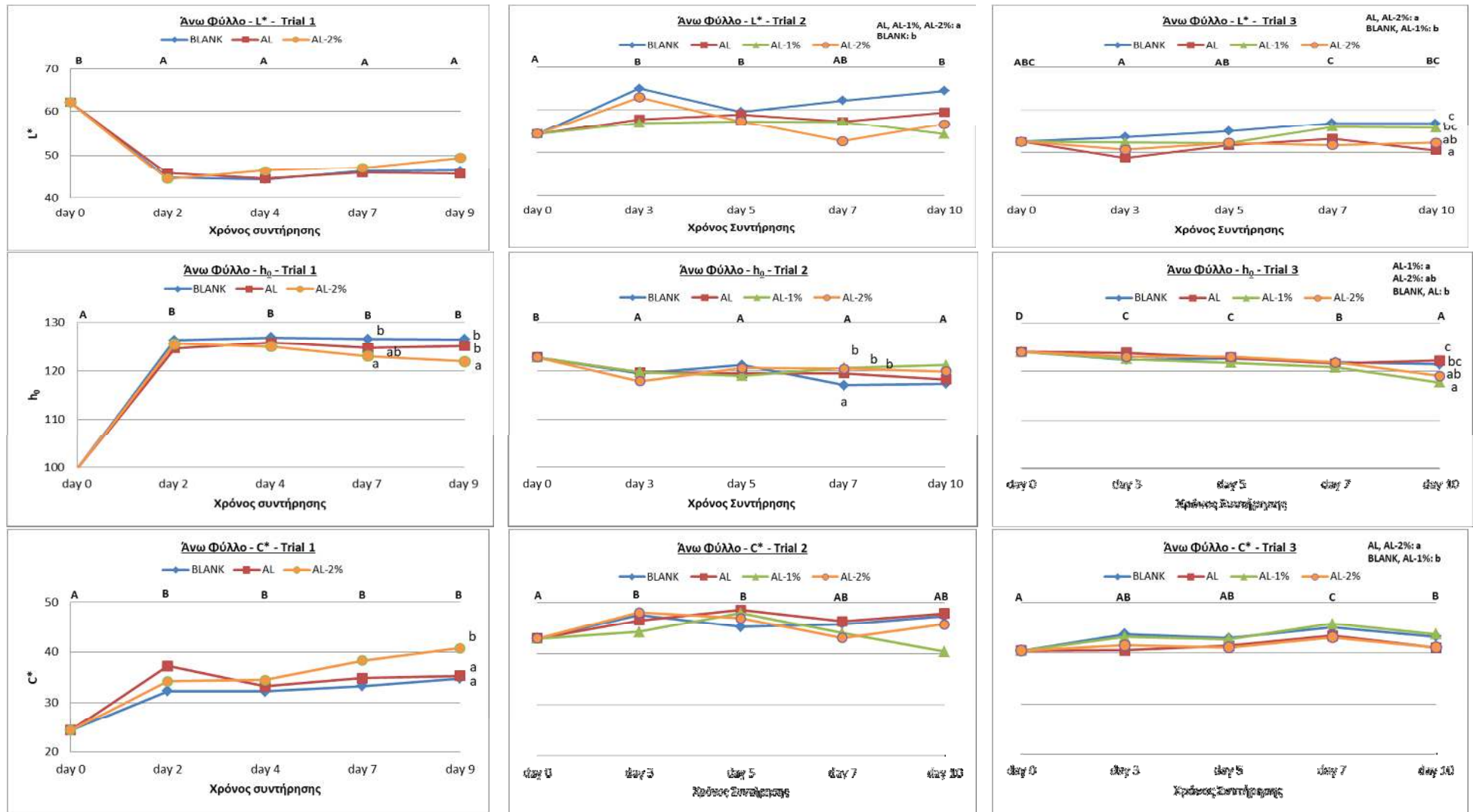
Συγκεκριμένα, για το 1ο Trial, παρατηρήθηκε σημαντική επίδραση του χρόνου συντήρησης ($P_d < 0,001$) και της επέμβασης ($P_t < 0,05$) στην ML. Όσον αφορά τον χρόνο συντήρησης, η ML είχε μια σταδιακή αύξηση, όπου τη 10η μέρα κατεγράφησαν οι υψηλότερες τιμές για όλες τις επεμβάσεις (περίπου 27% m/m). Η επέμβαση με το AL παρουσίασε τη μεγαλύτερη ML, ενώ το AL-2% είχε παρόμοια τάση με το μάρτυρα. Πιο ειδικά, την 4η και 7η μέρα του πειράματος κατεγράφησαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων ($P < 0,05$), όπου ο μάρτυρας και το AL-2% παρουσίασαν τις μικρότερες μέσες τιμές, ενώ το AL τις μεγαλύτερες.

Στο 2ο Trial, σημαντική επίδραση είχε μόνο ο χρόνος συντήρησης ($P_d < 0,001$) στην ML σε αντίθεση με τις επεμβάσεις ($P_t > 0,05$), με τις τιμές της ML να αυξάνονται σταδιακά και να φτάνουν τα επίπεδα του 30% για όλες τις επεμβάσεις την 10η μέρα.

Στο 3ο Trial, υπήρξε σημαντική επίδραση του χρόνου συντήρησης ($P_d < 0,001$) και της επέμβασης ($P_t < 0,050$) αλλά και σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των 2 παραγόντων ($P_d \times t < 0,01$) ως προς την ML. Ο μάρτυρας σημείωσε την μεγαλύτερη ML ενώ τα δείγματα στα οποία είχαν εφαρμοστεί οι εδώδιμες επικαλύψεις (AL, AL-1%, AL-2%) είχαν μικρότερες απώλειες, που δεν ξεπέρασαν τα επίπεδα του 15%. Δεν παρατηρήθηκε διαφοροποίηση μεταξύ των εδώδιμων επικαλύψεων με ή χωρίς προσθήκη εκχυλίσματος περικαρπίου φιστικιού.

3.2. Αποτελέσματα Χρώματος

3.2.1. Αποτελέσματα Χρώματος Άνω Φύλλου



Σχήμα 5. Συγκριτική πορεία του ολικού χρώματος (L*, h⁰ και C*) των άνω φύλλων των δειγμάτων μαρουλιού μεταξύ των 3 Trials.

Παρατηρείται πως υπάρχουν διαφορές μεταξύ των 3 Trials, ειδικά σε ό,τι αφορά τον συντελεστή της φωτεινότητας (L^*) και της έντασης της απόχρωσης (C^*) στο χρώμα του άνω φύλλου, αλλά κυρίως το ότι η τάση σε αυτούς τους παράγοντες είναι κοινή για τα Trial 2 και 3, ενώ διαφέρει σημαντικά για το Trial 1 (Σχήμα 5).

Για τον συντελεστή της φωτεινότητας (L^*) στο Trial 1, μόνο το $Pd < 0,05$, συνεπώς ο χρόνος συντήρησης ήταν καθοριστικός παράγοντας στην αλλαγή της φωτεινότητας. Ειδικότερα, στην αρχή του πειράματος σημειώθηκαν μέγιστες μέσες τιμές για όλες τις επεμβάσεις ($L^* = 61,96$), ενώ από την 2η μέρα μέχρι και το τέλος της πειραματικής διαδικασίας σημειώθηκε απότομη πτώση ($L^* = 44,38 - 49,42$).

Όσον αφορά τον συντελεστή της απόχρωσης (h^0) στο ίδιο Trial, πάλι μόνο ο χρόνος συντήρησης επηρέασε τα αποτελέσματα ($Pd < 0,05$). Στην αρχή του πειράματος σημειώθηκαν οι ελάχιστες μέσες τιμές για όλες τις επεμβάσεις ($h^0 = 100$), ενώ από την 2η μέρα και έπειτα υπήρξε απότομη αύξηση για όλες τις επεμβάσεις ($h^0 = 122-127$). Την 7η ($P < 0,05$) και την 9η ($P < 0,001$) ημέρα του πειράματος υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων. Την 7η ημέρα ο μάρτυρας κατέγραψε υψηλότερες τιμές, ενώ την 9η οι μεγαλύτερες τιμές αποκτήθηκαν από τον μάρτυρα και την επέμβαση με AL, ενώ η επέμβαση με AL-2% κατέγραψε συνολικά τις χαμηλότερες τιμές.

Παρατηρώντας και το διάγραμμα του συντελεστή της έντασης του χρώματος (C^*), μόνο ο χρόνος συντήρησης καθόρισε τα αποτελέσματα ($Pd < 0,05$). Υπήρξε αύξηση των τιμών του συγκεκριμένου συντελεστή για όλες τις επεμβάσεις μετά την day 0 ($C^*=24,37$), όπου από εκεί και πέρα σταθεροποιήθηκε μέχρι την 9η ημέρα ($C^*=35 - 41$). Στατιστικά σημαντική ήταν μόνο η τελευταία ημέρα, όπου το AL-2% είχε υψηλότερη τιμή από το μάρτυρα και το AL.

Όσον αφορά το 2ο Trial, εξάγονται τα εξής αποτελέσματα για τους συντελεστές του χρώματος του άνω φύλλου:

Η φωτεινότητα του άνω φύλλου (L^*) επηρεάστηκε τόσο από τον χρόνο συντήρησης ($Pd < 0,05$) όσο και από τις επεμβάσεις ($Pt < 0,05$). Την day 0 κατεγράφησαν οι μικρότερες τιμές για όλες τις επεμβάσεις ($L^* = 54,28$), ενώ τις υπόλοιπες μέρες οι μεγαλύτερες ($L^* = 54,25 - 65$), με εξαίρεση την day 7.

Όσον αφορά τις επεμβάσεις, ο μάρτυρας είχε τις υψηλότερες μέσες τιμές σε όλη τη διάρκεια του πειράματος, ενώ όλες οι υπόλοιπες επεμβάσεις με εδώδιμες επικαλύψεις είχαν τις μικρότερες. Δεν παρατηρήθηκε όμως διαφοροποίηση μεταξύ των επεμβάσεων εδώδιμων επικαλύψεων, με ή χωρίς την προσθήκη εκχυλίσματος περικαρπίου φιστικιού.

Για τον συντελεστή της απόχρωσης (h^0) του άνω φύλλου, τα αποτελέσματα επηρεάστηκαν μόνο από τον χρόνο συντήρησης ($P_d < 0,001$). Στην αρχή του πειράματος, σημειώθηκαν οι μεγαλύτερες τιμές ($h^0 = 122$) για όλες τις επεμβάσεις, και όλες τις υπόλοιπες μέρες οι μικρότερες ($h^0 = 117 - 121$). Την day 7 ($P < 0,05$) υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων, δηλαδή ο μάρτυρας είχε τις μικρότερες τιμές ($h^0 = 117$), ενώ οι υπόλοιπες επεμβάσεις τις μεγαλύτερες ($h^0 = 120$).

Όσον αφορά την ένταση της απόχρωσης (C^*), πάλι μόνο ο χρόνος συντήρησης επηρέασε τη μεταβολή αυτού του χαρακτηριστικού ($P_d < 0,05$). Πιο συγκεκριμένα, την day 0 σημειώθηκαν οι μικρότερες τιμές για όλες τις επεμβάσεις ($C^* = 43$) και τις επόμενες μέρες, day 3 και day 5 οι μεγαλύτερες ($C^* = 44 - 48$), ενώ τις δύο τελευταίες μέρες σημειώθηκαν ενδιάμεσες τιμές.

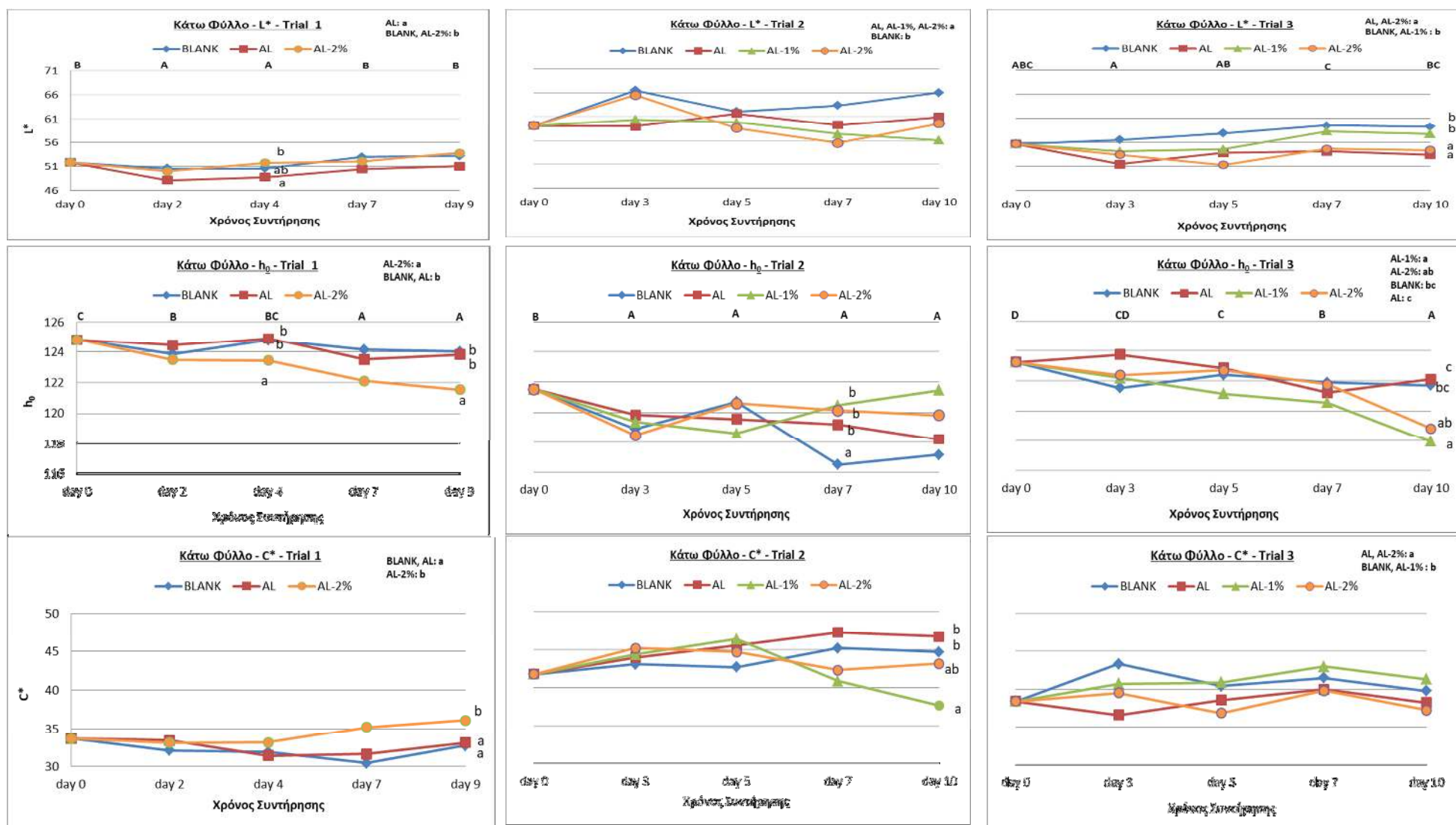
Όσον αφορά το 3ο Trial, διαπιστώθηκαν τα εξής:

Η φωτεινότητα (L^*) των φύλλων μαρουλιού επηρεάστηκαν τόσο από τον χρόνο συντήρησης ($P_d < 0,05$) όσο και από τις επεμβάσεις ($P_t < 0,001$). Υπήρξαν αυξομειώσεις στον συντελεστή αυτό, με την day 3 να σημειώνονται οι μικρότερες τιμές για όλες τις επεμβάσεις ($L^* = 48,7 - 52,2$), ενώ οι μεγαλύτερες την day 7 ($L^* = 51,6 - 55,9$). Οι επεμβάσεις με AL και AL-2% σημείωσαν τις μικρότερες τιμές, ενώ ο μάρτυρας και το AL-1% τις μεγαλύτερες. Επίσης, μόνο την day 10 ($P < 0,05$) υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων και όπου η επέμβαση με AL κατέγραψε τις μικρότερες τιμές ενώ ο μάρτυρας τις μεγαλύτερες.

Η απόχρωση (h^0) ομοίως επηρεάστηκε τόσο από τον χρόνο συντήρησης ($Pd < 0,001$) όσο και από τις επεμβάσεις ($Pt < 0,01$). Η h^0 κατέγραψε φθίνουσα πορεία, όπου την day 0 σημειώθηκαν οι μεγαλύτερες τιμές για όλες τις επεμβάσεις ($h^0 = 123,9$) και την τελευταία μέρα οι μικρότερες ($h^0 = 117,7 - 122,1$). Επιπλέον, γενικά η επέμβαση με AL-1% κατέγραψε τις μικρότερες τιμές ($h^0 = 117,71 - 123,9$) ενώ το AL μαζί με τον μάρτυρα τις μεγαλύτερες ($h^0 = 121,4 - 123,9$), γεγονός που έγινε και στατιστικά σημαντικό την day 10.

Τέλος, όσον αφορά την ένταση της απόχρωσης (C^*) επηρεάστηκε και από τους δύο παράγοντες [$Pd < 0,01$ και $Pt < 0,05$]. Ειδικότερα, παρουσιάστηκε φθίνουσα τάση των τιμών από την day 0 ($C^* = 40,46$) έως και την day 7 ($C^* = 43 - 45,8$). Επιπλέον, το AL και το AL - 2% σημείωσαν μαζί τις μικρότερες τιμές, ενώ το AL-1% και ο μάρτυρας τις μεγαλύτερες.

3.2.2. Αποτελέσματα Χρώματος Κάτω Φύλλου



Σχήμα 6. Συγκριτική πορεία του ολικού χρώματος (L^* , h^0 και C^*) των κάτω φύλλων των δειγμάτων μαρουλιού μεταξύ των 3 Trials.

Παρατηρείται πως υπάρχουν διαφορές μεταξύ των 3 Trials, ειδικά σε ό,τι αφορά τον συντελεστή της απόχρωσης (h^0) και της έντασης της απόχρωσης (C^*) στο χρώμα του κάτω φύλλου, αλλά κυρίως το ότι η τάση σε αυτούς τους παράγοντες μοιάζει για τα Trial 1 και 3 ενώ στο Trial 2 παρουσιάζει μεγαλύτερες διακυμάνσεις (Σχήμα 6).

Συγκεκριμένα, για τους συντελεστές του χρώματος στο 1ο Trial, το μόνο Trial στο οποίο οι διακυμάνσεις μεταξύ των επεμβάσεων σε όλους τους συντελεστές ήταν μικρή, σημειώθηκαν τα εξής αποτελέσματα:

Για τον συντελεστή της φωτεινότητας (L^*), τόσο ο χρόνος συντήρησης ($Pd < 0,001$), όσο και οι επεμβάσεις ($Pt < 0,001$), συνετέλεσαν στις διακυμάνσεις του. Ειδικότερα, σημειώθηκε αυξομείωση, δηλαδή αυξημένες τιμές στις αρχές και στα τέλη του πειράματος ($L^* = 50,5 - 53,8$) ενώ οι χαμηλότερες στις day 2 και day 4 ($L^* = 48,09 - 51,74$). Όσον αφορά τις τάσεις των επεμβάσεων, το AL κατέγραψε τις χαμηλότερες τιμές, ενώ ο μάρτυρας μαζί με το AL-2% τις μεγαλύτερες. Επίσης την day 4 ($P < 0,05$) το AL σημείωσε τις μικρότερες μέσες τάσεις τιμών, το AL-2% τις υψηλότερες, ενώ το BLANK ενδιάμεσες τάσεις τιμών μεταξύ των δύο αυτών επεμβάσεων.

Περί του συντελεστή της απόχρωσης (h^0), επηρεάστηκε τόσο από τον χρόνο συντήρησης ($Pd < 0,001$) όσο και από τις επεμβάσεις ($Pt < 0,001$). Συγκεκριμένα, υπήρξε μία φθίνουσα πορεία των τιμών για όλες τις επεμβάσεις ($h^0 = 124,8$ έως $121,5$). Επίσης, το AL-2% σημείωσε τις μικρότερες τιμές ενώ ο μάρτυρας μαζί με το AL τις μεγαλύτερες. Το αποτέλεσμα αυτό ήταν στατιστικά σημαντικό για τις day 4 και day 9 ($P < 0,05$).

Περί της έντασης της απόχρωσης (C^*), επηρεάστηκε μόνο από τις επεμβάσεις ($Pt < 0,01$) και πιο ειδικά, ο μάρτυρας και το AL κατέγραψαν τις μικρότερες τιμές ($C^* = 30,47 - 33,67$), ενώ το AL-2% τις μεγαλύτερες ($C^* = 33,13 - 36,13$). Οι διαφορές αυτές έγιναν στατιστικά σημαντικές την day 9 ($P < 0,01$).

Για τους συντελεστές του χρώματος στο 2ο Trial παρατηρήθηκαν τα εξής:

Αρχικά, οι μέσες τιμές της φωτεινότητας (L), επηρεάστηκαν μόνο από τις επεμβάσεις, ($Pt < 0,05$) όπου οι επεμβάσεις με όλες τις εδώδιμες επικαλύψεις (AL, AL-1%, AL-2%) σημείωσαν τις μικρότερες τιμές ($L^* = 55,46 - 65,51$) καθ' όλη τη

διάρκεια του πειράματος, ενώ ο μάρτυρας τις μεγαλύτερες ($L^* = 59,09 - 66,52$).

Επιπλέον, όσον αφορά την απόχρωση του κάτω φύλλου (h^0), εκείνη επηρεάστηκε μόνο από τον χρόνο συντήρησης ($Pd < 0,001$), όπου σημειώθηκε φθίνουσα πορεία των τιμών της σε όλο το πείραμα ($h^0 = 116,51$ έως $121,52$). Οι διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων ήταν στατιστικά σημαντικές την day 7 ($P < 0,05$) όπου ο μάρτυρας είχε τις μικρότερες τιμές, ενώ όλες οι επεμβάσεις με τις εδώδιμες επικαλύψεις τις μεγαλύτερες .

Τέλος, για την ένταση της απόχρωσης (C^*), οι τιμές κυμάνθηκαν από $C^* = 37,7$ έως $47,3$ αλλά δεν επηρεάστηκαν ούτε από τον χρόνο συντήρησης ούτε και από τις επεμβάσεις, αφού $Pd = Pt > 0,05$. Παρ' όλ' αυτά, την day 10 ($P < 0,05$), ο μάρτυρας μαζί με το AL σημείωσαν τις μεγαλύτερες τιμές, ενώ το AL-1% τις μικρότερες .

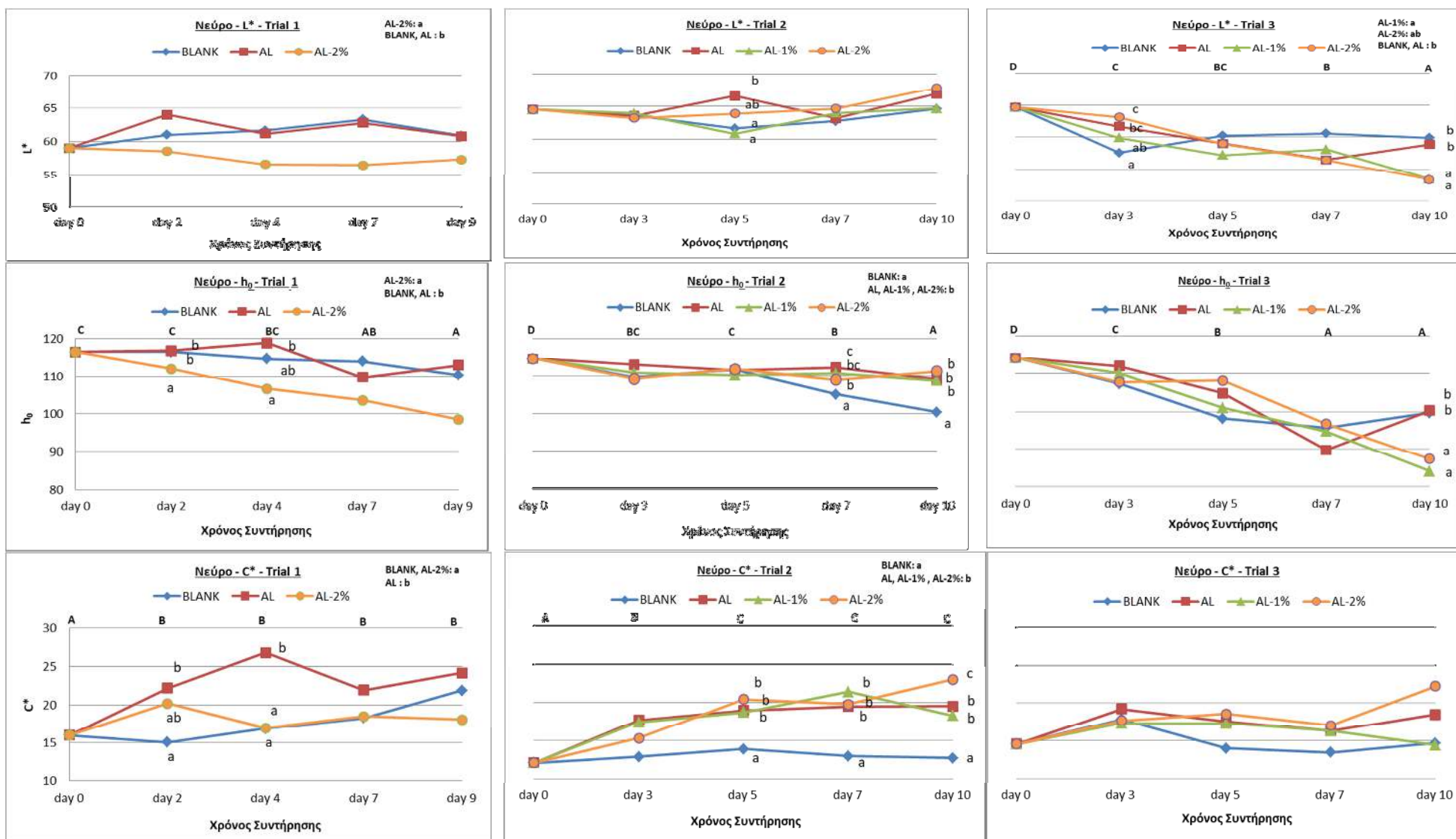
Και για το 3ο Trial, σημειώθηκαν τα κάτωθι αποτελέσματα:

Όσον αφορά την φωτεινότητα (L^*) επηρεάστηκε τόσο από τον χρόνο συντήρησης ($Pd < 0,05$) όσο και από τις επεμβάσεις ($Pt < 0,001$). Συγκεκριμένα, παρατηρήθηκαν αυξομειώσεις σε όλο το πείραμα, με την day 3 να καταγράφονται οι μικρότερες τιμές ($L^* = 51,43 - 56,47$), ενώ την day 7 οι μεγαλύτερες ($L^* = 54,09 - 57,49$). Επίσης, το AL και το AL-2% σημείωσαν τις μικρότερες τιμές ($L^* = 51,29 - 55,62$), ενώ ο μάρτυρας με το AL-1% τις μεγαλύτερες ($L^* = 54,07 - 59,47$). Την day 10 ($P < 0,01$), επιβεβαιώθηκε το παραπάνω αποτέλεσμα.

Προχωρώντας, το h^0 επηρεάστηκε αφενός από τον χρόνο συντήρησης ($Pd < 0,001$), αφετέρου από τις επεμβάσεις ($Pt < 0,01$) καθώς και από την αλληλεπίδραση των δύο αυτών παραγόντων ($Pd \times t < 0,05$). Όπως συνέβη και με τα προηγούμενα Trials, και σε αυτήν την περίπτωση οι τιμές για το h^0 ακολούθησαν φθίνουσα πορεία ($h^0 = 123,2 - 120,2$). Επιπλέον, οι τιμές για το AL-1% ήταν οι μικρότερες ενώ για το AL οι μεγαλύτερες σε όλο το πείραμα. Επιπροσθέτως, επιβεβαιώθηκε την day 10 ($P < 0,05$) το παραπάνω αποτέλεσμα.

Η ένταση της απόχρωσης (C^*), επηρεάστηκε μόνο από τις επεμβάσεις ($Pt < 0,01$) και ειδικότερα, το AL και το AL-2% είχαν τις μικρότερες τιμές ($C^* = 36,6 - 36,9$), ενώ ο μάρτυρας και το AL-1% τις μεγαλύτερες ($C^* = 39,5 - 43,3$).

3.2.3. Αποτελέσματα Χρώματος Νεύρου



Σχήμα 7. Συγκριτική πορεία του ολικού χρώματος (L^* , h^0 και C^*) των νεύρων των δειγμάτων μαρουλιού μεταξύ των 3 Trials

Τελευταίο χαρακτηριστικό που διερευνήθηκε για την εκτίμηση του ολικού χρώματος του φύλλου, ήταν το χρώμα του νεύρου. Κοινό χαρακτηριστικό και των 3 Trials ήταν ότι η πορεία της παραμέτρου h^0 παρουσίασε πτωτική τάση (Σχήμα 7).

Όσον αφορά το 1ο Trial, το χρώμα του νεύρου κυμάνθηκε ως εξής:

Η φωτεινότητα (L^*) επηρεάστηκε μόνο από τις επεμβάσεις ($P_t < 0,001$), όπου το AL-2% σημείωσε τις μικρότερες τιμές ($L^* = 56,45 - 59$), ενώ το AL μαζί με τον μάρτυρα τις μεγαλύτερες σε όλο το πείραμα ($L^* = 59 - 64,02$).

Όσον αφορά την απόχρωση επηρεάστηκε τόσο από τον χρόνο συντήρησης ($P_d < 0,01$) όσο και από τις επεμβάσεις ($P_t < 0,001$). Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, υπήρξε πτωτική τάση των τιμών κατά τη διάρκεια του πειράματος ($h_0 = 116,81$ έως $98,53$). Επιπλέον, το AL-2% παρουσίασε τις μικρότερες τιμές ενώ ο μάρτυρας μαζί με το AL τις μεγαλύτερες. Κατά την day 2 ($P < 0,01$) και day 4 ($P < 0,05$) υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων. Συγκεκριμένα την day 2, το AL-2% κατέγραψε τις μικρότερες τιμές, σε αντίθεση με τον μάρτυρα και το AL, ενώ την day 4 μόνο ο μάρτυρας είχε τις μεγαλύτερες τιμές και η επέμβαση με AL-2% συνέχισε την πτωτική της πορεία.

Τέλος, η ένταση της απόχρωσης (C^*), επηρεάστηκε από το χρόνο συντήρησης ($P_d < 0,01$), από τις επεμβάσεις ($P_t < 0,001$) αλλά και από την αλληλεπίδραση των δύο αυτών παραγόντων ($P_{d \times t} < 0,05$). Σε αντίθεση με το διάγραμμα της απόχρωσης, οι τιμές όλων των επεμβάσεων ακολούθησαν αυξητική πορεία ($C^* = 15,98$ έως $26,79$). Επιπλέον, ο μάρτυρας και το AL-2% σημείωσαν τις μικρότερες τιμές, ενώ το AL τις μεγαλύτερες. Τις day 2 και day 4 υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων ($P < 0,05$), όπου επιβεβαιώθηκε το προαναφερθέν αποτέλεσμα.

Για το 2ο Trial παρουσιάστηκαν τα εξής αποτελέσματα:

Η φωτεινότητα (L^*) του νεύρου, δεν επηρεάστηκε ούτε από τον χρόνο συντήρησης, ούτε από τις επεμβάσεις. Παρ' όλ' αυτά, μόνο την day 5 ($P < 0,05$) ο μάρτυρας με το AL-1% σημείωσαν τις μικρότερες τιμές ($L^* = 60,80 - 61,63$), ενώ το AL τις μεγαλύτερες ($L^* = 66,54$).

Η απόχρωση, επηρεάστηκε τόσο από τον χρόνο συντήρησης ($P_d < 0,001$), όσο και από τις επεμβάσεις ($P_t < 0,001$), καθώς και από την αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων ($P_{d \times t} < 0,01$). Συγκεκριμένα, από την day 0 έως και το τέλος του πειράματος, η απόχρωση φθίνυε σταδιακά. Ο μάρτυρας καθόλη τη διάρκεια του πειράματος σημείωσε τις πιο μικρές τιμές, ($h^0 = 100,40 - 114,59$), ενώ όλες οι υπόλοιπες επεμβάσεις τις μεγαλύτερες ($h^0 = 109,21 - 114,59$) Επίσης διαπιστώθηκε ότι τις day 7 ($P < 0,001$) και day 10 ($P < 0,05$) υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων. Και τις δύο αυτές μέρες, ο μάρτυρας είχε τις μικρότερες τιμές, ενώ την day 7 μόνο το AL είχε τις μεγαλύτερες, ενώ την τελευταία μέρα όλες οι επεμβάσεις με εδώδιμες μεμβράνες τις μεγαλύτερες τιμές

Τέλος, η ένταση της απόχρωσης, επηρεάστηκε από τον χρόνο συντήρησης ($P_d < 0,001$), από τις επεμβάσεις ($P_t < 0,001$) όπως επίσης και από την αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων ($P_{d \times t} < 0,05$). Οι τιμές της C^* ακολούθησαν αυξητική πορεία για όλες τις επεμβάσεις σε όλο το πείραμα. Επιπλέον, ο μάρτυρας είχε τις μικρότερες τιμές ($C^* = 12,09 - 13,89$), ενώ όλες οι υπόλοιπες επεμβάσεις με εδώδιμες επικαλύψεις τις μεγαλύτερες ($C^* = 12,09 - 22,93$). Επίσης, διαπιστώθηκε ότι τις day 5 ($P < 0,05$), day 7 ($P < 0,01$) και day 10 ($P < 0,001$), όλες οι επεμβάσεις με εδώδιμες επικαλύψεις παρουσίασαν τις μεγαλύτερες τιμές σε σχέση με το μάρτυρα, με μικρή εξαίρεση την τελευταία μέρα όπου το AL-2% είχε τις μεγαλύτερες τιμές σε σχέση με το AL και AL-1%.

Τέλος, παρατηρώντας και τα διαγράμματα του Trial 3 λαμβάνονται τα εξής αποτελέσματα:

Η φωτεινότητα (L^*) επηρεάστηκε από τον χρόνο συντήρησης ($P_d < 0,001$), τις επεμβάσεις ($P_t < 0,05$), αλλά και από την αλληλεπίδραση μεταξύ των δύο αυτών παραγόντων ($P_{d \times t} < 0,01$). Συγκεκριμένα, από την day 0 και έπειτα, οι τιμές της φωτεινότητας μειώνονταν σταδιακά μέχρι και το τέλος του πειράματος. Το AL-1% κατέγραψε τις μικρότερες τιμές ($L^* = 53,43 - 64,69$), ενώ ο μάρτυρας και το AL τις μεγαλύτερες ($L^* = 56,47 - 64,69$), Επιπλέον, οι μέρες που σημειώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων ήταν οι day 3 και day 10 ($P < 0,05$). Την day 3, ο μάρτυρας σημείωσε τις μικρότερες τιμές ενώ το AL-2% τις μεγαλύτερες. Την day 10 όμως, αντεστράφησαν τα αποτελέσματα και το AL-1%

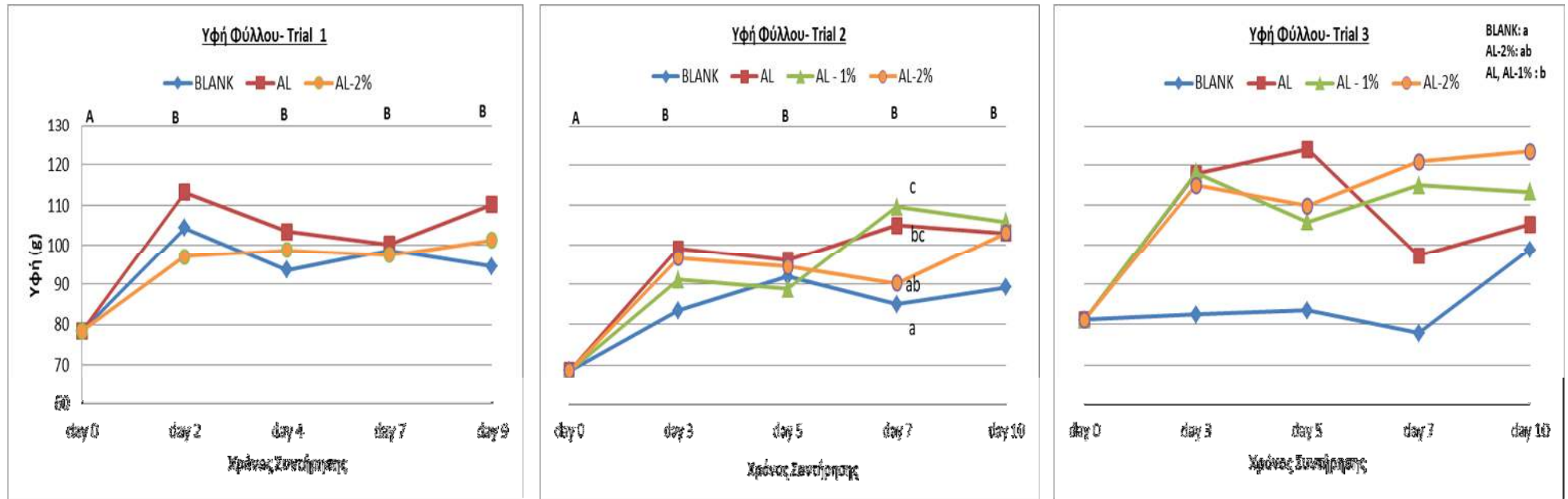
μαζί με το AL-2% παρουσίασαν τις μικρότερες τιμές, ενώ ο μάρτυρας και το AL τις μεγαλύτερες.

Όσον αφορά την απόχρωση, επηρεάστηκε μόνο από τον χρόνο συντήρησης ($P_d < 0,001$) και από την αλληλεπίδραση μεταξύ του χρόνου συντήρησης και των επεμβάσεων ($P_{dxt} < 0,01$). Όπως αναφέρθηκε, οι τιμές της h^0 ακολούθησαν πτωτική πορεία ανεξαρτήτως επεμβάσεων ($h^0 = 114,23$ έως $84,09$). Η μόνη μέρα που σημειώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ήταν η day 10 ($P < 0,05$), όπου το AL-1% και AL-2% σημείωσαν τις μικρότερες τιμές ενώ ο μάρτυρας και το AL τις μεγαλύτερες.

Ως τελευταίος παράγοντας εκτίμησης του χρώματος του νεύρου μελετήθηκε και η ένταση της απόχρωσης (C^*) όπου διαπιστώθηκε ότι δεν επηρεάστηκε ούτε από τον χρόνο συντήρησης, ούτε από τις επεμβάσεις.

3.3. Αποτελέσματα Υφής

3.3.1. Αποτελέσματα Υφής Φύλλου



Σχήμα 8. Συγκριτική πορεία της υφής των φύλλων των δειγμάτων μαρουλιού μεταξύ των 3 Trials.

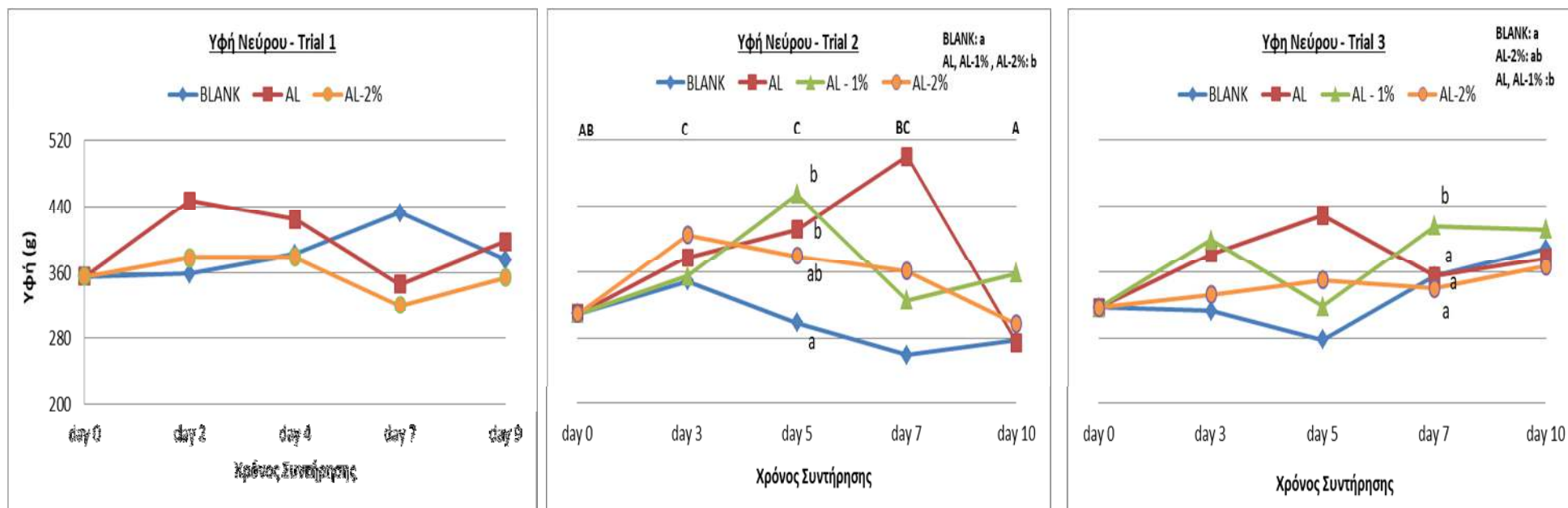
Παρατηρώντας και συγκρίνοντας τα 3 Trials, φαίνεται ότι τις μεγαλύτερες διακυμάνσεις τιμών επέφερε το Trial 3, ενώ στα Trial 1 και 2 οι διακυμάνσεις ήταν πιο ήπιες (Σχήμα 8).

Για το 1ο Trial, οι τιμές της υφής επηρεάστηκαν μόνο από τον χρόνο συντήρησης ($Pd < 0,001$). Οι τιμές αυτές παρουσίασαν αυξητική τάση μετά την day 0 ($F = 78,39$ g), ενώ από την day 2 και έπειτα σταθεροποιήθηκαν ($F = 93,53$ g – $113,15$ g).

Ομοίως και στο 2ο Trial, οι τιμές της υφής επηρεάστηκαν μόνο από τον χρόνο συντήρησης ($Pd < 0,001$), όπου την day 0 σημειώθηκαν οι μικρότερες τιμές ($F = 68,57$ g) ενώ από την day 3 και μέχρι το τέλος οι μεγαλύτερες ($F = 83,48$ – $109,55$ g). Η μόνη μέρα που σημειώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων ήταν η day 7 ($Pd < 0,05$) όπου την χαμηλότερη τιμή σημείωσε ο μάρτυρας και την υψηλότερη το AL-1% .

Τέλος, για το 3ο Trial, διαπιστώθηκε πώς μόνο οι επεμβάσεις ($Pt < 0,05$) επηρέασαν σημαντικά τις τιμές της υφής. Συγκεκριμένα, ο μάρτυρας σημείωσε τις μικρότερες τιμές καθόλη τη διάρκεια του πειράματος ($F = 81,16$ – $98,88$ g), ενώ το AL μαζί με το AL-1% τις μεγαλύτερες ($F = 81,16$ – $123,39$ g).

3.3.2. Αποτελέσματα Υφής Νεύρου



Σχήμα 9. Συγκριτική πορεία της υφής των νεύρων των δειγμάτων μαρουλιού μεταξύ των 3 Trials

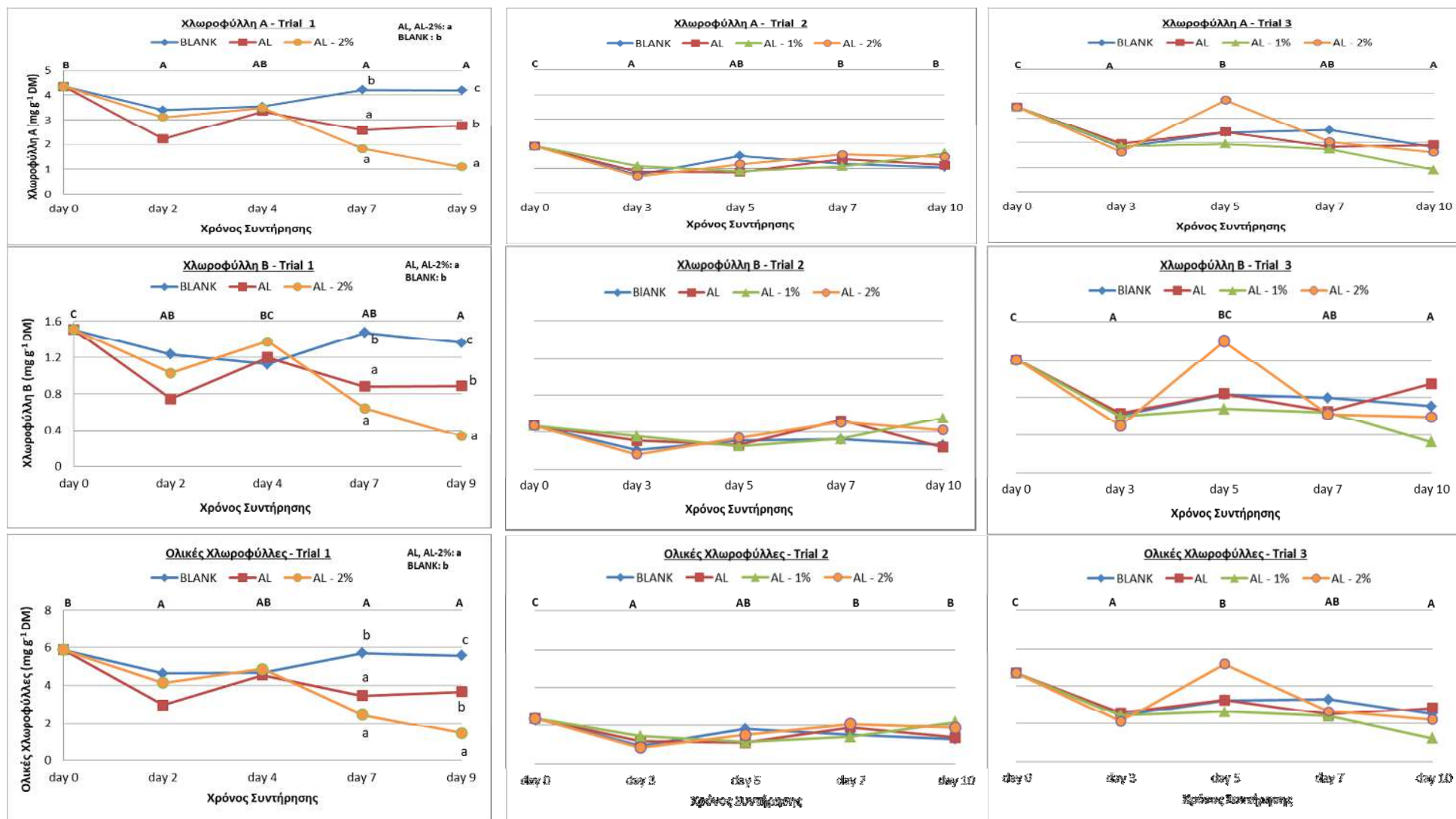
Παρατηρώντας και συγκρίνοντας τα 3 Trials, φαίνεται ότι τις μεγαλύτερες διακυμάνσεις τιμών επέφερε το Trial 2, ενώ στα Trial 1 και 3 οι διακυμάνσεις ήταν πιο ήπιες (Σχήμα 9).

Όσον αφορά το 1ο Trial, διαπιστώθηκε πως ούτε ο χρόνος συντήρησης, ούτε οι επεμβάσεις κρίθηκαν ως στατιστικά σημαντικοί παράγοντες για τις τάσεις τιμών της υφής.

Προχωρώντας στο Trial 2 διαπιστώθηκε ότι τόσο ο χρόνος συντήρησης ($P_d < 0,01$), όσο και οι επεμβάσεις ($P_t < 0,05$) επηρέασαν τις τιμές της υφής. Πιο συγκεκριμένα, κατεγράφη μία μικρή αύξηση των τιμών της υφής από την day 0 ($F = 309,25$ g) έως και την day 3 ($F = 355,13 - 405,31$ g), στη συνέχεια όμως άρχισαν να πέφτουν μέχρι που την τελευταία ημέρα σημειώθηκαν οι μικρότερες τιμές για όλες τις επεμβάσεις ($F = 275,2 - 358,21$ g). Όσον αφορά τις επεμβάσεις, τις μικρότερες τιμές παρουσίασε ο μάρτυρας, ενώ όλες οι υπόλοιπες επεμβάσεις με χρήση εδώδιμων επικαλύψεων παρουσίασαν τις μεγαλύτερες. Επίσης, διαπιστώθηκε ότι μόνο η day 5 ήταν στατιστικά σημαντική ($P < 0,05$) όπου ο μάρτυρας σημείωσε τις μικρότερες τιμές, ενώ το AL και το AL-1% τις μεγαλύτερες.

Τέλος, για το 3ο Trial προέκυψε πως ο μόνος παράγοντας που επηρέασε την υφή ήταν οι επεμβάσεις ($P_t < 0,05$). Ο μάρτυρας σημείωσε τις μικρότερες τιμές καθόλη τη διάρκεια του πειράματος ($F = 278,24 - 388,38$ g), ενώ το AL και το AL-1% τις μεγαλύτερες ($F = 317,22 - 429,09$ g). Επίσης, στην day 7 υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των επεμβάσεων ($P < 0,01$), όπου το AL-1% κατέγραψε τις μεγαλύτερες τιμές ενώ όλες οι υπόλοιπες επεμβάσεις τις μικρότερες.

3.4. Αποτελέσματα Χλωροφύλλης Α, Χλωροφύλλης Β Και Ολικών Χλωροφυλλών



Σχήμα 10. Συγκριτική πορεία της χλωροφύλλης α, χλωροφύλλης β και ολικών χλωροφυλλών των δειγμάτων μαρουλιού μεταξύ των 3 Trials.

Οι παρατηρούμενες διακυμάνσεις μεταξύ των 3 Trials για τη χλωροφύλλη α ήταν πιο έντονες για το Trial 1, ενώ αντιθέτως στο Trial 2 οι διαφορές στις τάσεις μεταξύ των επεμβάσεων φαίνονται πάρα πολύ μικρές (Σχήμα 10).

Οι διαφορές στις τάσεις μεταξύ των τιμών της χλωροφύλλης α στο Trial 1 επηρεάστηκαν τόσο από τον χρόνο συντήρησης ($P_d < 0,05$) όσο και από τις επεμβάσεις ($P_t < 0,05$). Συγκεκριμένα, οι μεγαλύτερες τιμές της χλωροφύλλης α καταγράφηκαν την day 0 (Χλωροφύλλη α = $4,35 \text{ mg g}^{-1} \text{ DM}$) και από εκεί και έπειτα όλες τις επόμενες μέρες καταγράφηκαν οι μικρότερες (Χλωροφύλλη α = $1,10 - 4,19 \text{ mg g}^{-1} \text{ DM}$) με εξαίρεση την day 4. Επίσης, τις μεγαλύτερες τιμές παρουσίασε ο μάρτυρας σε όλο το πείραμα, ενώ τις μικρότερες, οι υπόλοιπες επεμβάσεις. Επιπρόσθετα, διαπιστώθηκε πως τις day 7 ($P < 0,01$) και day 9 ($P < 0,01$) υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων όπου την day 7 ο μάρτυρας παρουσίασε τις μεγαλύτερες τιμές ενώ οι άλλες επεμβάσεις τις μικρότερες ενώ την day 9 ο μάρτυρας διατήρησε τις υψηλές τιμές να είναι οι μικρότερες στο πείραμα.

Προχωρώντας στο Trial 2, τα αποτελέσματα της χλωροφύλλης α επηρεάστηκαν μόνο από τον χρόνο συντήρησης ($P_d < 0,001$). Συγκεκριμένα, την day 0 κατεγράφησαν οι μεγαλύτερες τιμές (Χλωροφύλλη α = $1,89 \text{ mg g}^{-1} \text{ DM}$), και αμέσως μετά οι μικρότερες (Χλωροφύλλη α = $0,67 - 1,68 \text{ mg g}^{-1} \text{ DM}$). Από εκεί και έπειτα, οι τιμές της χλωροφύλλης α άρχισαν να αυξάνονται μέχρι και το τέλος του πειράματος και έφτασαν σε λίγο πιο χαμηλά επίπεδα από εκείνα της day 0.

Καταλήγοντας στο Trial 3 διαπιστώθηκε πως ο μόνος παράγοντας που επηρέασε σημαντικά τις τιμές της χλωροφύλλης α ήταν ο χρόνος συντήρησης ($P_d < 0,01$). Ειδικότερα, την day 0 σημειώθηκαν οι μεγαλύτερες τιμές για όλα τις επεμβάσεις (Χλωροφύλλη α = $3,46 \text{ mg g}^{-1} \text{ DM}$), και την day 3 έπεσαν απότομα με αποτέλεσμα να καταγραφούν οι μικρότερες τιμές (Χλωροφύλλη α = $0,89 - 1,95 \text{ mg g}^{-1} \text{ DM}$). Έπειτα, παρουσιάστηκαν αυξομειώσεις κατά το πείραμα, που όμως την τελευταία μέρα κατέληξαν στις χαμηλές τιμές της day 3.

Παρατηρώντας και τα διαγράμματα των 3 Trials για τη χλωροφύλλη β, εμφανίζονται ομοιότητες με τα αντίστοιχα διαγράμματα των Trials για την εκτίμηση της πορείας της χλωροφύλλης α.

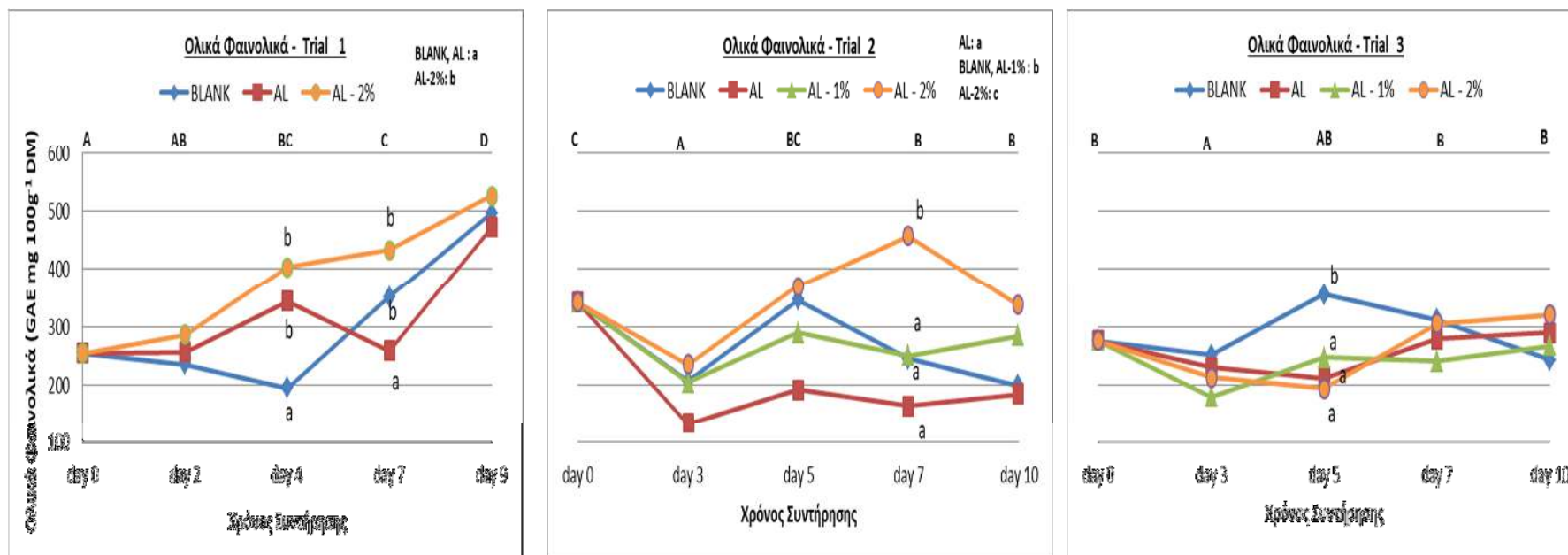
Ειδικότερα, στο Trial 1 τόσο ο χρόνος συντήρησης ($P_d < 0,01$) όσο και οι επεμβάσεις ($P_t < 0,05$) συνέβαλαν στις διαφορές των τάσεων για την χλωροφύλλη β. Την day 0 κατεγράφησαν οι μεγαλύτερες τιμές (Χλωροφύλλη β = $1,50 \text{ mg g}^{-1} \text{ DM}$) και από εκεί και έπειτα μειώθηκαν δραστικά. Σε όλη την πειραματική πορεία παρουσιάστηκαν αυξομειώσεις, όμως την τελευταία μέρα σημειώθηκαν οι μικρότερες τιμές για όλες τις επεμβάσεις (Χλωροφύλλη β = $0,33-1,35 \text{ mg g}^{-1} \text{ DM}$). Επίσης, ο μάρτυρας κατέγραψε τις μεγαλύτερες τιμές σε όλο το πείραμα ενώ οι επεμβάσεις με τις εδώδιμες επικαλύψεις τις μικρότερες. Ακόμη, τις day 7 ($P < 0,01$) και day 9 ($P < 0,01$) υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων. Την day 7 το AL και το AL-2% σημείωσαν τις μικρότερες τιμές ενώ ο μάρτυρας τις μεγαλύτερες. Την day 9, ο μάρτυρας διατήρησε τις μεγάλες τιμές και το AL τις πιο χαμηλές ου, αλλά οι τιμές του AL-2% σημείωσαν μεγαλύτερη πτώση.

Στο 2ο Trial, οι τιμές της χλωροφύλλης β κυμάνθηκαν από $0,16 \text{ mg g}^{-1} \text{ DM}$ έως $0,55 \text{ mg g}^{-1} \text{ DM}$, όμως δεν επηρεάστηκαν ούτε από το χρόνο συντήρησης ούτε και από τις επεμβάσεις.

Στο 3ο Trial, υπάρχουν κάποιες αυξομειώσεις μεταξύ των επεμβάσεων καθόλη τη διάρκεια του πειράματος. Μόνο ο χρόνος συντήρησης επέδρασε σημαντικά στις διαφορές των τιμών μεταξύ των επεμβάσεων ($P_d < 0,01$) και συγκεκριμένα, την day 0 κατεγράφησαν οι μεγαλύτερες (Χλωροφύλλη β = $1,20 \text{ mg g}^{-1} \text{ DM}$), ενώ τις day 3 και day 10 οι μικρότερες (Χλωροφύλλη β = $0,49 - 0,64 \text{ mg g}^{-1} \text{ DM}$).

Όπως παρατηρείται από τα διαγράμματα και των 3 Trials για τις ολικές χλωροφύλλες, η τάση τους είναι ακριβώς η ίδια με τα αντίστοιχα διαγράμματα της χλωροφύλλης α. Οι τιμές που καταγράφουν τα Trials για τις ολικές χλωροφύλλες είναι το άθροισμα των τιμών της χλωροφύλλης α και χλωροφύλλης β και δεδομένου ότι οι τιμές της χλωροφύλλης β ήταν πολύ μικρές σε όλα τα Trials, τα διαγράμματα των ολικών χλωροφυλλών μοιάζουν τόσο πολύ με αυτά της χλωροφύλλης α. Έπειτα και από τη διεξαγωγή στατιστικών αναλύσεων, βγήκαν τα ίδια ακριβώς αποτελέσματα με αυτά που αφορούσαν την χλωροφύλλη α.

3.5. Αποτελέσματα Ολικών Φαινολικών



Σχήμα 11. Συγκριτική πορεία των ολικών φαινολικών των δειγμάτων μαρουλιού μεταξύ των 3 Trials

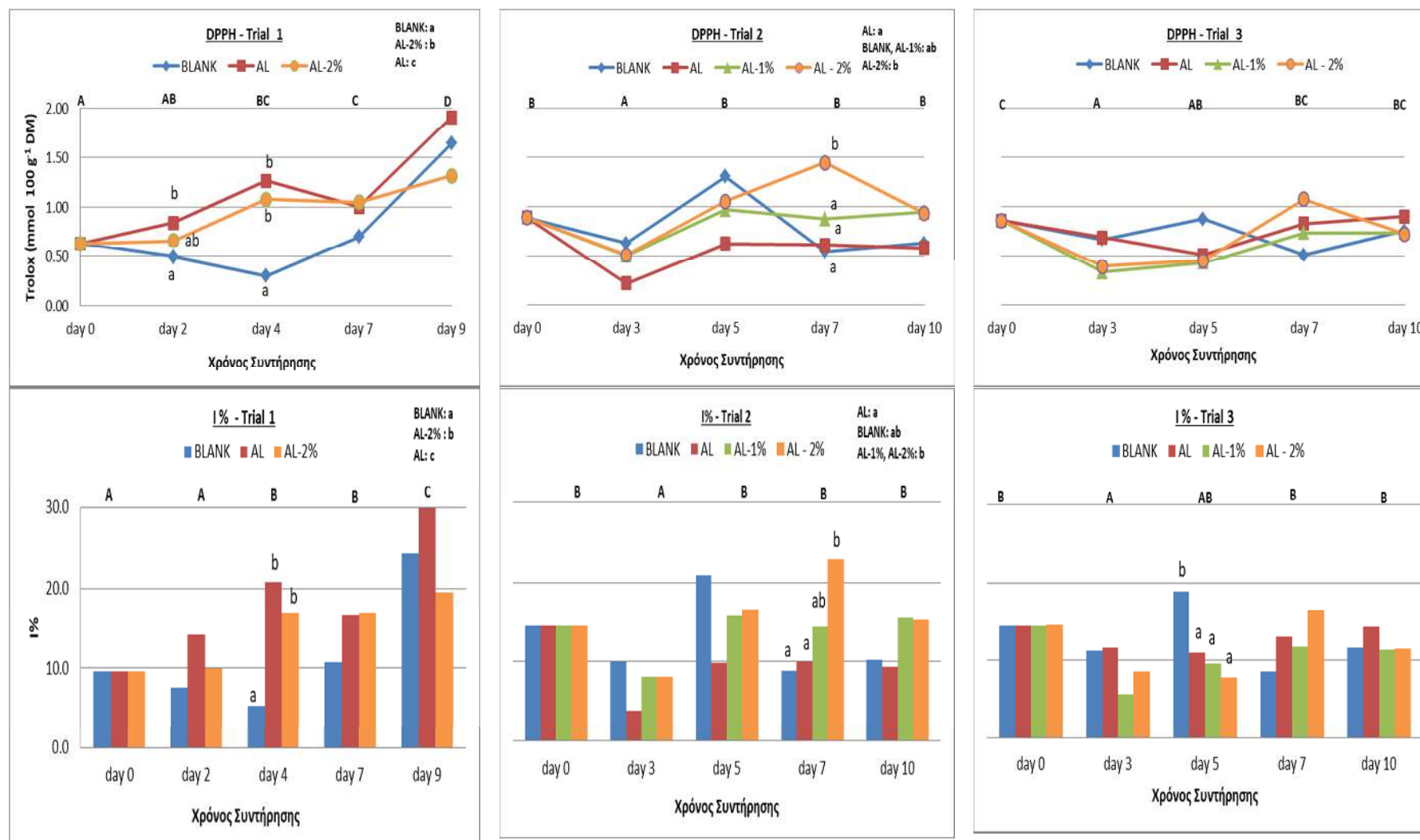
Παρατηρώντας τα διαγράμματα των 3 Trials, φαίνεται πως στο Trial 1 και Trial 2 σημειώνονται οι μεγαλύτερες διακυμάνσεις μεταξύ των επεμβάσεων, ενώ στο Trial 3 δεν είναι ιδιαίτερα έντονες (Σχήμα 11).

Όσον αφορά το 1ο Trial, ο χρόνος συντήρησης ($P_d < 0,001$) μαζί με τις επεμβάσεις ($P_t < 0,01$) και την αλληλεπίδραση μεταξύ των δύο αυτών παραγόντων ($P_d \times t < 0,05$) επηρέασαν τις τιμές των ολικών φαινολικών. Οι τιμές των ολικών φαινολικών κατέγραψαν αυξητική πορεία σε όλο το πείραμα (Ολικά φαινολικά = 253,89 - 498,47 mg GAE 100 g⁻¹ DM). Επίσης, τις χαμηλότερες τιμές κατέγραψαν ο μάρτυρας και το AL ενώ το AL-2% τις μεγαλύτερες. Οι διαφορές αυτές μεταξύ των επεμβάσεων έγιναν στατιστικά σημαντικές την day 4 και day 7 του πειράματος ($P < 0,01$).

Προχωρώντας στο 2ο Trial, τις τάσεις των τιμών επηρέασαν τόσο ο χρόνος συντήρησης ($P_d < 0,001$), όσο και οι επεμβάσεις ($P_t < 0,001$). Αμέσως μετά την day 0 όπου κατεγράφησαν οι μεγαλύτερες τιμές σε όλο το πείραμα (Ολικά φαινολικά = 341,10 mg GAE 100 g⁻¹ DM), οι τιμές όλων των επεμβάσεων έπεσαν και κατεγράφησαν ως οι χαμηλότερες (Ολικά φαινολικά = 133,46 - 235 mg GAE 100 g⁻¹ DM). Από εκεί και έπειτα, υπήρξε αύξηση των τιμών μέχρι και το τέλος του πειράματος. Επίσης, τις μεγαλύτερες τιμές σημείωσε το AL-2% ενώ τις χαμηλότερες το AL. Η μέρα που κατεγράφησαν οι μεγαλύτερες στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων τιμών των επεμβάσεων, ήταν η day 7 ($P < 0,001$), όπου το AL-2% σημείωσε τις μεγαλύτερες τιμές ενώ όλες οι υπόλοιπες επεμβάσεις τις μικρότερες.

Καταλήγοντας στο 3ο Trial, διαπιστώθηκε ότι ο χρόνος συντήρησης ($P_d < 0,01$) και η αλληλεπίδραση μεταξύ του χρόνου συντήρησης και των επεμβάσεων ($P_d \times t < 0,05$) επηρέασαν τις τιμές των ολικών φαινολικών. Συγκεκριμένα, υπήρξαν αυξομειώσεις κατά τη διάρκεια του πειράματος, με τις day 0, day 7 και day 10 να σημειώνουν τις μεγαλύτερες τιμές για όλες τις επεμβάσεις (Ολικά φαινολικά = 240 - 319,42 mg GAE 100 g⁻¹ DM) ενώ την day 3 τις χαμηλότερες (Ολικά φαινολικά = 180 - 251,48 mg GAE 100 g⁻¹ DM). Την day 5 υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των επεμβάσεων όπου τις μεγαλύτερες τιμές κατέγραψε ο μάρτυρας ενώ τις χαμηλότερες όλες οι επεμβάσεις με τις εδωδιμες επικαλύψεις.

3.6. Αποτελέσματα Ολικής Αντιοξειδωτικής Ικανότητας
3.6.1. Αποτελέσματα DPPH-I%



Σχήμα 12. Συγκριτική πορεία του DPPH και της I% των δειγμάτων μαρουλιού μεταξύ των 3 Trials

Παρατηρώντας και συγκρίνοντας τα τρία διαγράμματα για την εκτίμηση του DPPH, είναι φανερό πως οι μεγαλύτερες μεταβολές μεταξύ των επεμβάσεων σημειώθηκαν στο Trial 1 και δευτερευόντως στο Trial 2, ενώ οι μικρότερες στο Trial 3. Παρόμοια εικόνα εμφανίζουν και τα διαγράμματα για την παρεμποδιστική δράση I% (Σχήμα 12).

Στο Trial 1 τα αποτελέσματα διαμορφώθηκαν από τον χρόνο συντήρησης ($P_d < 0,001$), από τις επεμβάσεις ($P_t < 0,01$) αλλά και από την αλληλεπίδραση των δύο αυτών παραγόντων ($P_{d \times t} < 0,05$). Υπήρξε μία αυξητική τάση για όλες τις επεμβάσεις μέχρι και το τέλος της πειραματικής διαδικασίας, όπου την day 0 σημειώθηκαν οι μικρότερες τιμές (DPPH = 0,632 mmol Trolox 100 g⁻¹ DM) ενώ την τελευταία μέρα έφτασαν στο μέγιστο των τιμών τους (DPPH = 0.632 mmol Trolox 100 g⁻¹ DM). Επίσης, οι μεγαλύτερες τιμές σε όλο το πείραμα σημειώθηκαν για το AL, ενώ οι μικρότερες για τον μάρτυρα. Ακόμη, την day 2 ($P < 0,05$) και την day 4 ($P < 0,001$) υπήρξαν σημαντικά στατιστικές διαφορές μεταξύ των τιμών των επεμβάσεων. Πιο συγκεκριμένα, την day 2, ο μάρτυρας κατέγραψε τις χαμηλότερες τιμές, ενώ το AL τις μεγαλύτερες. Παρόμοια, την day 4, ο μάρτυρας σημείωσε πάλι τις χαμηλότερες τιμές, αλλά το AL μαζί με το AL-2% σημείωσαν τις μεγαλύτερες.

Όσον αφορά και την παρεμποδιστική δράση I% στο Trial 1, κυμάνθηκε σε τιμές 5% - 30%, οι οποίες επηρεάστηκαν από το χρόνο συντήρησης ($P_d < 0,001$), τις επεμβάσεις ($P_t < 0,001$) και την αλληλεπίδραση των δύο αυτών παραγόντων ($P_{d \times t} < 0,01$). Τα αποτελέσματα για την επίδραση του χρόνου συντήρησης και των επεμβάσεων ήταν τα ίδια με αυτά για το DPPH. Η ημέρα που σημειώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων ήταν μόνο η day 4 ($P < 0,001$), όπου ο μάρτυρας σημείωσε τις μικρότερες τιμές (I% = 5,24%), ενώ το AL και το AL-2% τις μεγαλύτερες (I% = 16,90 – 20,84%).

Προχωρώντας 2ο Trial, ο χρόνος συντήρησης ($P_d < 0,01$) και οι επεμβάσεις ($P_t < 0,05$) καθόρισαν τα αποτελέσματα για το DPPH. Έπειτα από τις μεγάλες τιμές που σημειώθηκαν την day 0 (DPPH = 0,88 mmol Trolox 100 g⁻¹ DM), την αμέσως επόμενη ημέρα δειγματοληψίας (day 3) οι τιμές των επεμβάσεων έφτασαν στις χαμηλότερες για όλο το πείραμα (DPPH = 0,22 – 0,63 mmol Trolox 100 g⁻¹ DM).

Από εκεί και έπειτα, οι τιμές προσέγγισαν τα επίπεδα των τιμών της day 0 μέχρι και το τέλος του πειράματος.

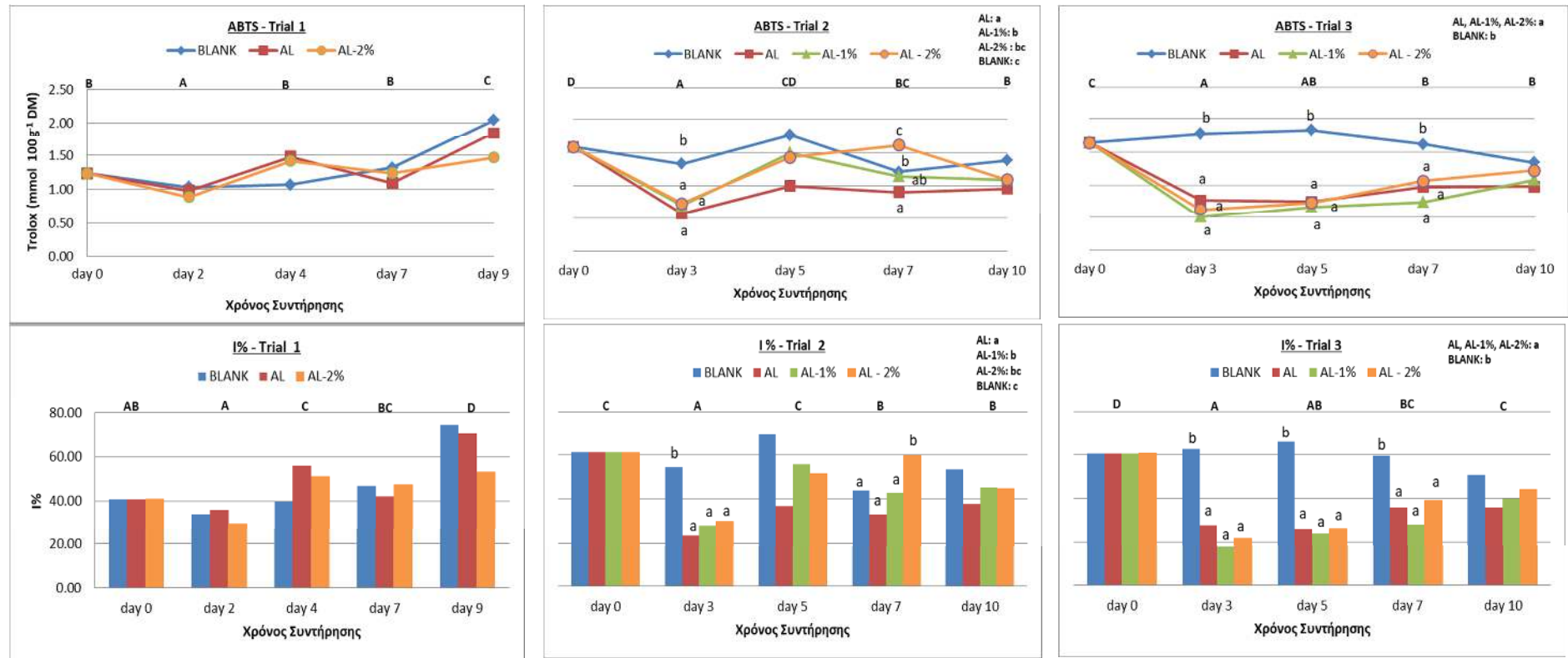
Τις μικρότερες τιμές σε όλο το πείραμα σημείωσε το AL, ενώ τις υψηλότερες το AL-2%. Επίσης, διαπιστώθηκε ότι την day 7 ($P < 0,05$), το AL-2% σημείωσε τις μεγαλύτερες τιμές ενώ όλες οι υπόλοιπες επεμβάσεις μαζί με το μάρτυρα τις μικρότερες.

Τα αποτελέσματα για την παρεμποδιστική δράση I%, επηρεάστηκαν από τον χρόνο συντήρησης ($P_d < 0,01$) και τις επεμβάσεις ($P_t < 0,05$), και ήταν παρόμοια με τα αντίστοιχα για το DPPH. Οι μόνες διαφορές που σημειώθηκαν, ήταν ότι τις μεγαλύτερες τιμές σε όλο το πείραμα σημείωσαν το AL-2% μαζί με το AL-2% ($I\% = 8,11\% - 22,88\%$), ενώ το AL τις μικρότερες ($I\% = 3,82\% - 14,52\%$) και την day 7 ($P < 0,05$) με το μάρτυρα και με το AL σημειώθηκαν οι μικρότερες τιμές, ενώ με το AL-2% οι μεγαλύτερες.

Καταλήγοντας στο διάγραμμα του Trial 3, παρατηρείται ότι οι διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων είναι πιο μικρές σε σχέση με τα προηγούμενα Trials. Το συγκεκριμένο γεγονός επιβεβαιώνεται και στατιστικά όπου μόνο ο χρόνος συντήρησης ($P_d < 0,05$) επηρέασε τα αποτελέσματα. Οι μεγαλύτερες τιμές για όλες τις επεμβάσεις σημειώθηκαν την day 0 ($DPPH = 0,86 \text{ mmol Trolox } 100 \text{ g}^{-1} \text{ DM}$), ενώ την day 3 έπεσαν απότομα οι μέσες τιμές με αποτέλεσμα να σημειωθούν οι χαμηλότερες τιμές ($DPPH = 0,33 - 0,69 \text{ mmol Trolox } 100 \text{ g}^{-1} \text{ DM}$). Από εκεί και έπειτα, οι τιμές ανέβηκαν σταδιακά για όλες τις επεμβάσεις, μέχρι που την τελευταία μέρα έφτασαν να έχουν παρόμοιες τιμές με αυτές της day 0.

Τα στατιστικά αποτελέσματα για την αντίστοιχη παρεμποδιστική δράση είναι παρόμοια με αυτά για το DPPH, αλλά εμφανίζουν μικρές διαφορές. Ο χρόνος συντήρησης ($P_d < 0,05$) καθώς και η αλληλεπίδραση μεταξύ του χρόνου συντήρησης και των επεμβάσεων ($P_d \times t < 0,05$) επέδρασαν στα αποτελέσματα. Η πορεία των τιμών για την παρεμποδιστική δράση είχε παρόμοια τάση με αυτή για το DPPH, ενώ την day 5 ($P < 0,01$), με το μάρτυρα σημειώθηκαν οι μεγαλύτερες τιμές ($I\% = 8,53\% - 16,43\%$), ενώ με όλες τις υπόλοιπες επεμβάσεις, οι μικρότερες ($I\% = 7,74\% - 11,02\%$).

3.6.2. Αποτελέσματα ABTS – I%



Σχήμα 13. Συγκριτική πορεία του ABTS και της I% των δειγμάτων μαρουλιού μεταξύ των 3 Trials

Αρχικά, παρατηρώντας τα διαγράμματα και των 3 Trial, γίνεται φανερό πως υπάρχουν αρκετές διαφορές στις τάσεις των διαγραμμάτων σε σχέση με τα αντίστοιχα διαγράμματα του DPPH. Το διάγραμμα του Trial 1 είναι εκείνο που εμφανίζει τις μικρότερες τάσεις μεταξύ των επεμβάσεων του, ενώ στον αντίποδα, το διάγραμμα του Trial 3 είναι εκείνο στο οποίο οι τάσεις και οι διαφορές των μέσων τιμών φαίνονται εντονότερες. Ακόμη, οι τιμές για το ABTS εκτείνονται σε κλίμακα από 0 έως 2,5 mmol Trolox 100 g⁻¹ DM και αντίστοιχα οι τιμές για την παρεμποδιστική δράση φτάνουν από 15% έως και 75% (Σχήμα 13).

Ξεκινώντας με το Trial 1, τα αποτελέσματα για το ABTS οφείλονταν μόνο στο χρόνο συντήρησης ($P_d < 0,05$) και όχι στις επεμβάσεις. Σημειώθηκε αυξητική τάση των τιμών των επεμβάσεων, όπου έφτασαν έως και 2,04 mmol Trolox/ 100 g⁻¹ DM με εξαίρεση την day 2 όπου σημειώθηκαν οι μικρότερες τιμές (ABTS = 0,88 – 1,02 mmol Trolox 100 g⁻¹DM).

Ακόμη, παρόμοια αποτελέσματα σημειώθηκαν και για την παρεμποδιστική δράση I% ενώ και σε αυτήν την περίπτωση, μόνο ο χρόνος συντήρησης ($P_d < 0,001$) διαμόρφωσε τα αποτελέσματα. Οι τιμές για την I% ακολούθησαν αυξητική τάση με εξαίρεση την day 2 όπου σημειώθηκαν οι μικρότερες τιμές (I% = 29,62% – 35,91%), ενώ τις υπόλοιπες μέρες μέχρι την day 9 οι μεγαλύτερες (I% = 53,07% – 74,48%), με μικρή μείωση στην day 7.

Προχωρώντας στο Trial 2, τόσο ο χρόνος συντήρησης ($P_d < 0,001$) όσο και οι επεμβάσεις ($P_t < 0,001$) ήταν στατιστικά σημαντικοί παράγοντες. Σε αυτό το Trial, οι τιμές για όλες τις επεμβάσεις παρουσίασαν αυξομειώσεις κατά τη διάρκεια του πειράματος, ενώ την day 0 κατεγράφησαν οι μεγαλύτερες τιμές (ABTS = 1,59 mmol Trolox 100 g⁻¹ DM) ενώ την day 3 οι μικρότερες (ABTS = 0,57 – 1,33 mmol Trolox 100 g⁻¹ DM). Από την άλλη πλευρά, οι μικρότερες τιμές παρατηρήθηκαν με τη χρήση του AL ενώ οι μεγαλύτερες με το μάρτυρα. Οι μέρες στις οποίες διαπιστώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων ήταν η day 3 ($P < 0,05$) και η day 7 ($P < 0,01$). Κατά την day 3, όλες οι επεμβάσεις με εδώδιμες μεμβράνες σημείωσαν τις μικρότερες τιμές, Όμως, την day 7 οι μεγαλύτερες τιμές σημειώθηκαν με το AL-2% ενώ οι χαμηλότερες με το AL.

Για την αντίστοιχη παρεμποδιστική δράση του Trial 2, τα αποτελέσματα ήταν τα εξής: Τόσο ο χρόνος συντήρησης ($P_d < 0,001$), οι επεμβάσεις ($P_d < 0,001$) αλλά και η αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων ($P_d < 0,05$) διαμόρφωσαν τα αποτελέσματα.

Οι τιμές που σημειώθηκαν καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος ήταν I% = 20% -70%, τα αποτελέσματα για το χρόνο συντήρησης όσο και για τις επεμβάσεις ήταν τα ίδια, και οι μέρες που σημειώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων. Τα αποτελέσματα για την day 3 είναι τα ίδια με τα αντίστοιχα στατιστικά αποτελέσματα του ABTS όμως η μικρή διαφορά έγκειται στην day 7 όπου τις μεγαλύτερες τιμές σημείωσε το AL-2% ενώ τις μικρότερες όλες οι υπόλοιπες επεμβάσεις μαζί με το μάρτυρα.

Τέλος, παρατηρώντας το διάγραμμα του Trial 3, αρχικά φαίνεται μια ξεκάθαρη διαφορά μεταξύ των τιμών του μάρτυρα για το ABTS σε σχέση με τις τιμές όλων των υπόλοιπων επεμβάσεων. Η διαφορά αυτή επικυρώθηκε και στατιστικά, όπου σε αυτό το πείραμα στατιστικά σημαντικοί παράγοντες ήταν ο χρόνος συντήρησης ($P < 0,001$), οι επεμβάσεις ($P < 0,001$), αλλά και η αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων ($P d \times t < 0,001$). Οι μεγαλύτερες τιμές για όλες τις επεμβάσεις παρατηρήθηκαν την day 0 (ABTS = 1,64 mmol Trolox 100 g⁻¹DM) και αφού την day 3 σημειώθηκαν οι μικρότερες τιμές (ABTS = 0,51 – 1,78 mmol Trolox 100 g⁻¹DM), ακολούθησαν αυξητική πορεία μέχρι και το τέλος του πειράματος. Επίσης, όπως αναφέρθηκε, ο μάρτυρας κατέγραψε τις μεγαλύτερες τιμές σε όλο το πείραμα, ενώ όλες οι επεμβάσεις με εδώδιμες επικαλύψεις κατέγραψαν τις χαμηλότερες τις day 3 ($P < 0,001$), day 5 ($P < 0,001$) και day 7 ($P < 0,01$) έγινε ακόμα πιο εμφανές το παραπάνω φαινόμενο.

Καταλήγοντας στην παρεμποδιστική δράση I% για το Trial 3, τα ίδια στατιστικά αποτελέσματα εξήχθησαν σε σχέση με εκείνα για το ABTS. Οι τιμές της I% κυμάνθηκαν από I% = 18% - 65%, με τον μάρτυρα να σημειώνει τις μεγαλύτερες τιμές, έναντι όλων των υπολοίπων επεμβάσεων.

4. Συμπεράσματα

4.1. Συμπεράσματα ως προς τα αποτελέσματα των Trials

Γενικότερο συμπέρασμα σχετικά με την απώλεια μάζας από την χρήση στατιστικού πακέτου όσο και σύγκριση των δεδομένων των αποτελεσμάτων των 3 Trials, ήταν ότι μόνο στο 3ο Trial είχε θετική επίδραση η χρήση των εδώδιμων επικαλύψεων (ανεξαρτήτως χρήσης διαλυμάτων περικαρπίου φιστικιού) στην παρεμπόδιση της αύξησης της απώλειας μάζας, από την 7η μέρα μέχρι και το τέλος του πειράματος. Στο 2ο Trial παρατηρήθηκαν οι μεγαλύτερες απώλειες μάζας την τελευταία μέρα που άγγιξαν περίπου το 30% m/m. Τέλος, για το 1ο Trial, το AL παρουσίασε την μεγαλύτερη απώλεια μάζας σε όλο το πείραμα. Οι διαφορές στην απόδοση των επικαλύψεων ως προς την απώλεια μάζας μεταξύ των Trials μπορούν να αποδοθούν στους διαφορετικούς τρόπους εφαρμογής των επικαλύψεων στα φύλλα του μαρουλιού, με τη μεθοδολογία του Trial 3 να είναι η καλύτερη. Η προσθήκη εκχυλίσματος περικαρπίου φιστικιού δεν φάνηκε να επηρεάζει αρνητικά ή θετικά την απώλεια μάζας.

Παρ' όλες τις αυξομειώσεις που παρατηρήθηκαν μεταξύ των τιμών των επεμβάσεων για όλες τις συνιστώσες του χρώματος στην άνω επιφάνεια των φύλλων στο Trial 1, δεν μπορεί να εξαχθεί συμπέρασμα για το αν κάποια επέμβαση ωφέλησε περισσότερο το χρώμα γιατί ο χρόνος συντήρησης ήταν ο καθοριστικός παράγοντας για τις διακυμάνσεις που διαπιστώθηκαν. Στο 2ο Trial, ο μάρτυρας ήταν εκείνος που αύξησε την φωτεινότητα (L^*) του χρώματος, ενώ οι υπόλοιπες επεμβάσεις με τις εδώδιμες επικαλύψεις διατήρησαν ή μείωσαν ελαφρώς αυτό το χαρακτηριστικό. Η απόχρωση (h^0) και η ένταση της απόχρωσης (C^*) του άνω φύλλου επηρεάστηκαν μόνο από το χρόνο συντήρησης. Στο Trial 3, ο μάρτυρας και το AL-1% διατήρησαν και κυρίως αύξησαν την (L^*). Όμως, ο μάρτυρας και το AL ήταν εκείνα που διατήρησαν το (h^0), ενώ το AL-1% το μείωσε σημαντικά. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τις τιμές του AL-1% και AL-2% μπορούν να δικαιολογηθούν είτε από την εξουδετέρωση των ολικών φαινολικών και αντιοξειδωτικών ουσιών του εκχυλίσματος του περικαρπίου φιστικιού καθώς και των αποσυνθέσεων που προκαλούνται από γήρανση ή βακτηριακό πολλαπλασιασμό του μαρουλιού (Manolopoulou *et al.*, 2010) είτε από την αποδόμηση των χρωστικών της χλωροφύλλης λόγω των ενζύμων πολυφαινολοξειδάση (PPO) και υπεροξειδάση (POD) (Viacava *et al.*, 2018). Ως γενικότερο συμπέρασμα και με βάση την παραπάνω έρευνα, προκύπτει ότι και από τα 3 Trials, η χρήση εδώδιμων επικαλύψεων και δη εκείνες με ενσωμάτωση εκχυλί-

σματος περικαρπίου φιστικιού διατηρούν ή και εξασθενούν το χρώμα του άνω φύλλου μαρουλιού, συνεπώς δεν συνεισφέρουν ουσιαστικά στην διατήρηση του χρώματος, σε σχέση με το μάρτυρα.

Για την εξαγωγή συμπερασμάτων του χρώματος του κάτω φύλλου, στο 1ο και 2ο Trial, ο μάρτυρας διατήρησε περισσότερο το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό, ενώ η χρήση εδώδιμων μεμβρανών έφερε αντίθετα αποτελέσματα. Στο 3ο Trial, η L* διατηρήθηκε με τη χρήση του μάρτυρα και του AL-1% παρ' όλες τις αυξομειώσεις που κατεγράφησαν στο συγκεκριμένο πείραμα. Η h⁰ του κάτω φύλλου μειώθηκε πολύ περισσότερο και ήταν πολύ πιο έντονη (C*) με τη χρήση του AL-1% σε σχέση με τις υπόλοιπες επεμβάσεις. Σε σχέση και με τα διαγράμματα των χλωροφυλλών, των ολικών φαινολικών και των αντιοξειδωτικών παρατηρείται ότι το AL διατηρεί περισσότερο αυτά τα χαρακτηριστικά. Συνεπώς, συστήνεται η χρήση του AL για την διατήρηση του χρώματος του κάτω φύλλου για το Trial 3, ενώ αντενδείκνυται η χρήση του AL-2% και AL-1%. Οι αιτίες των παραπάνω αποτελεσμάτων είναι ίδιες με εκείνες που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο.

Στην εκτίμηση του χρώματος του νεύρου, στο Trial 1, με το AL διατηρείται η L* και η h⁰ ή μειώνεται ελάχιστα (σε σχέση με το μάρτυρα). Στο Trial 2, η χρήση εδώδιμων επικαλύψεων, με ή χωρίς εκχυλίσμα περικαρπίου φιστικιού διατήρησε αισθητά τη h⁰ και τη C* σε σχέση με το μάρτυρα, από την 7η ημέρα του πειράματος και μέχρι το τέλος. Τέλος, στο Trial 3 η L* μειώθηκε αισθητά με τη χρήση του AL-1%, ενώ με τις υπόλοιπες επεμβάσεις και το μάρτυρα διατηρήθηκε περισσότερο, παρόλη την πτωτική πορεία που παρουσίασε σε όλο το πείραμα. Η h⁰ επίσης, μειώθηκε αισθητά σε όλο το πείραμα και η C* παρέμεινε σταθερή, ανεξαρτήτως των επεμβάσεων. Η χρήση του AL έδειξε παρόμοια αποτελέσματα με το μάρτυρα. Οπότε, η χρήση εδώδιμων επικαλύψεων έχει πιο ευεργετική δράση σε αυτόν τον ποιοτικό αυτό παράγοντα, σε σχέση με το μάρτυρα.

Η εφαρμογή εδώδιμων επικαλύψεων με ή χωρίς χρήση εκχυλίσματος περικαρπίου φιστικιού στο Trial 1 και στο Trial 2 δεν αύξησε ουσιαστικά την υφή του φύλλου παρά μόνο ο χρόνος συντήρησης. Στην περίπτωση του Trial 3, το AL και το AL-1% παρουσίασαν τις μεγαλύτερες τιμές, παρόλο που σημείωσαν τις μικρότερες τιμές ως προς την απώλεια μάζας. Σύμφωνα με τους Manolopoulou *et al.*, (2010) τα αποτελέσματα της υφής συνδέονται με αυτά της απώλειας μάζας, δηλαδή όσο μεγαλύτερη απώλεια μάζας καταγράφεται, τόσο μεγαλύτερη θα είναι και η δύναμη που πρέπει να ασκηθεί αντίστοιχα στο φύλλο για τη διάρρηξη του. Παρ' όλ' αυτά, οι

Tay & Perreira (2006), σε έρευνά τους υποστηρίζουν ότι το ασβέστιο σε εδώδιμη επικάλυψη αλγινικού ασβεστίου θα μπορούσε επίσης να συμβάλλει στην “τραγανότητα” του φύλλου, λόγω της διασύνδεσης κυτταρικών τοιχωμάτων και την σταθεροποίηση των μεμβρανών. Συνεπώς, το AL-2% και ο μάρτυρας έχουν τα ίδια αποτελέσματα ως προς την υφή του φύλλου, δηλαδή τη σταθεροποιούν, γι’ αυτόν το λόγο όμως πρέπει να εξεταστεί αν η χρήση του AL-2% φέρει θετική επίδραση και σε άλλους τομείς.

Τα αποτελέσματα της υφής του νεύρου ήταν παρόμοια με εκείνα της υφής του φύλλου. Η υφή του νεύρου, στο 1ο Trial, δεν επηρεάστηκε ούτε από το χρόνο συντήρησης, ούτε από τις επεμβάσεις. Αντιθέτως στο Trial 2 οι επεμβάσεις με εδώδιμες επικαλύψεις αύξησαν την υφή του νεύρου του φύλλου μέχρι και την 5η μέρα διεξαγωγής του πειράματος. Επίσης στο Trial 3, μόνο ο μάρτυρας και το AL-2% διατήρησαν την υφή του νεύρου. Συγκρίνοντας λοιπόν και τα 3 Trials, η χρήση εδώδιμων επικαλύψεων είναι αποτρεπτική τόσο με τη μεθοδολογία του Trial 2, όσο και του Trial 1, ενώ διερωτάται η χρήση του AL-2% σε σχέση με το μάρτυρα, με τη μεθοδολογία του Trial 3.

Σύμφωνα με τη μεθοδολογία του Trial 1 οι επεμβάσεις με τη χρήση εδώδιμων μεμβρανών όχι μόνο δε βελτίωσαν, αλλά επιτάχυναν τη γρηγορότερη αποικοδόμηση της χλωροφύλλης α, σε αντίθεση με το μάρτυρα, ακόμα και αν υπήρχε βαθμιαία πτώση των ολικών τιμών σε όλο το πείραμα. Στο Trial 2 και στο Trial 3, οι επεμβάσεις με τις εδώδιμες επικαλύψεις δεν βοήθησαν στην μείωση της αποικοδόμησης της χλωροφύλλης α. Τα ίδια συμπεράσματα εξάχθηκαν και για την χλωροφύλλη β όπως και για τις ολικές χλωροφύλλες, όπου μόνο ο μάρτυρας ανέστειλε πιο αποτελεσματικά την αποικοδόμηση της χλωροφύλλης β, στο Trial 1. Κοινό χαρακτηριστικό όμως και των 3 Trials, είναι ότι υπήρξε απότομη μείωση των μέσων τιμών των ολικών χλωροφυλλών για όλες τις επεμβάσεις την 2η μέρα (Trial 1) και 3η μέρα του πειράματος (Trial 2 και Trial 3) αντίστοιχα. Αυτό πιθανώς να οφείλεται, σύμφωνα με τους Darezzo *et al.*, (2014), στη διαδικασία αποικοδόμησης της χλωροφύλλης που οφείλεται σε ένζυμα που ανήκουν στις οξυγονάσες, όπως και στη χλωροφυλλάση, αποκελατάση μαγνησίου και στο χαμηλό pH (Ihl *et al.*, 2013). Ακόμη, η αύξηση ή και διατήρηση των επιπέδων των χλωροφυλλών, ειδικά στον μάρτυρα κατά το Trial 1, μπορεί να σχετίζεται με το σχηματισμό φαινοφυτίνης ή άλλων δευτερευόντων ενώσεων, όπως το φαινοφορβίδιο, που μπορεί να ανιχνευθεί στο ίδιο μήκος κύματος των χλωροφυλλών (Darezzo *et al.*, 2014). Η φαιοφυτίνη

σηματίζεται όταν η χλωροφύλλη χάνει το δεσμευμένο άτομο μαγνησίου, το οποίο υποκαθίσταται από υδρογόνο (Artés *et al.*, 2007).

Σε σχέση με τα ολικά φαινολικά, το AL-2% σημείωσε μια αμιγώς αυξητική πορεία στην συγκέντρωση τους ήδη από την 4η ημέρα του πειράματος, γεγονός που κάνει τη χρήση της με τη μεθοδολογία του Trial 1 να φέρει θετικά αποτελέσματα για τον συγκεκριμένο αυτό ποιοτικό παράγοντα. Το ίδιο συμπέρασμα εξάγεται και για το Trial 2 και για τη χρήση του AL-2%, μόνο που η θετική επίδραση επιτυγχάνεται με αυξομειώσεις μέσα στο πείραμα και την 7η ημέρα, δηλαδή προς το τέλος του πειράματος. Σύμφωνα με τη μεθοδολογία του Trial 3, τα αποτελέσματα ως προς το TP, καθορίστηκαν μόνο από το χρόνο συντήρησης. Κοινό χαρακτηριστικό των Trial 2 και 3 είναι ότι σημειώνεται μεγάλη πτώση των τιμών την day 3, όπως και στην περίπτωση των ολικών χλωροφυλλών, γεγονός που ίσως οφείλεται στην επίδραση των ενζύμων PPO και POD (Viacava *et al.*, 2018). Σύμφωνα με τους Pernice *et al.*, (2017), οι ιστοί μαρουλιού που φέρουν καφέ αποχρωματισμό αναμένεται να έχουν χαμηλότερα επίπεδα φαινολικών ενώσεων καθώς αυτά είναι υποστρώματα για την PPO. Από την άλλη πλευρά, ο τεμαχισμός του μαρουλιού σε μικρότερα κομμάτια προκαλεί την αύξηση του περιεχομένου των ολικών φαινολικών για να περιορίσει τον δυσμενή αυτόν παράγοντα. Οι αυξομειώσεις δηλαδή του ολικού φαινολικού περιεχομένου και στα 3 Trials, μπορούν να αποδοθούν στους δύο προαναφερθείς λόγους. Ιδιαίτερα, στις επεμβάσεις με εδώδιμες επικαλύψεις και PHE, η αύξηση των TP, οφείλεται και στο αρκετά μεγάλο περιεχόμενο σε φαινολικά συστατικά του εκχυλίσματος. Συγκρίνοντας και τα 3 Trials, η χρήση του AL-2% με τη μεθοδολογία του Trial 1 φαίνεται πιο αποτελεσματική.

Στην εκτίμηση της TAC, όσον αφορά τη DPPH μέσω του Trial 1, ήδη από τη 2η μέρα του πειράματος και κυρίως από την 4η μέρα, οι επεμβάσεις με εδώδιμες επικαλύψεις, και ειδικότερα η χρήση του AL μπορεί να έχει θετικά αποτελέσματα. Ανάλογα αποτελέσματα προέκυψαν και για την παρεμποδιστική δράση I% με το AL. Αντιθέτως, στο Trial 2 φαίνεται πως η χρήση του AL-2% είναι ωφελιμότερη στη διατήρηση ή/και στη βελτίωση της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας και της παρεμποδιστικής δράσης I% (μαζί με το AL-1%), κυρίως όμως την 7η ημέρα. Τα αποτελέσματα με το Trial 3, καθορίστηκαν μόνο από το χρόνο συντήρησης. Κοινό χαρακτηριστικό των Trial 2 και 3 είναι ότι την 3η ημέρα σημειώθηκαν οι μικρότερες τιμές ανεξαρτήτως επεμβάσεων, γεγονός που μπορεί να οφείλεται στο ότι η TAC και το TP μειώνονται όταν αντιδρούν μεταξύ τους οι φαινολικές ουσίες και ένζυμα

όπως π.χ. η PPO (Altunkaya & Gokmen, 2008), γεγονός που δικαιολογεί τα αποτελέσματα των Trials. Ανάλογα συμπεράσματα προέκυψαν και για τις αντίστοιχες παρεμποδιστικές δράσεις. Τέλος, συγκρίνοντας τα αποτελέσματα και από τα 3 Trials, όσον αφορά την ολική αντιοξειδωτική ικανότητα, η χρήση της εδώδιμης μεμβράνης με AL σύμφωνα με τη μεθοδολογία του Trial 1 παρουσιάζει θετικά αποτελέσματα για το συγκεκριμένο αυτό ποιοτικό παράγοντα, καθώς και για τη διατηρησιμότητα των φύλλων μαρουλιού, ήδη από τη 2η ημέρα του πειράματος. Κατά δεύτερο λόγο ίσως έχει θετική επίδραση και η χρήση εδώδιμων μεμβρανών με εκχύλισμα περικαρπίου φιστικιού (κυρίως με το AL-2%), αλλά διερωτάται η χρήση τους γιατί παρουσιάζονται θετικά αποτελέσματα προς το τέλος του πειράματος, σύμφωνα με τη μεθοδολογία του Trial 2.

Κατά τη σύγκριση των αποτελεσμάτων των δύο μεθόδων αντιοξειδωτικής δράσης. DPPH και ABTS, διαπιστώθηκε ότι τα αποτελέσματα της δεύτερης ήταν όλα αυξημένα κατά $0,5 \text{ mmol Trolox } 100 \text{ g}^{-1} \text{ DM}$, ενώ στην περίπτωση της παρεμποδιστικής δράσης, οι τιμές με τη 2η μέθοδο σημείωσαν αύξηση μέχρι και 60%. Εκτιμώντας και τον παράγοντα ολική αντιοξειδωτική ικανότητα με ABTS, σε αντίθεση με την εκτίμηση της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας με DPPH, στο Trial 1, καμία επέμβαση δε λειτούργησε περισσότερο ή λιγότερο θετικά, διότι με όλες τις επεμβάσεις παρουσιάστηκε αυξητική πορεία των τιμών, κατά τη χρονική διάρκεια του πειράματος. Αντίστοιχα, το ίδιο συνέβη και με την παρεμποδιστική δράση. Προχωρώντας στο Trial 2, ο μάρτυρας και δευτερευόντως το AL-2%, φάνηκε να έχουν καλύτερη πορεία, όπως αντίστοιχα έγινε και με την παρεμποδιστική δράση. Τα ίδια αποτελέσματα, με εμφανή όμως επικράτηση του μάρτυρα σε σχέση με όλες τις υπόλοιπες επεμβάσεις, παρουσιάστηκαν στο Trial 3. Ακόμη, όπως και στην περίπτωση του DPPH, κοινό χαρακτηριστικό των Trial 2 και 3 είναι ότι την 3η ημέρα σημειώθηκαν οι μικρότερες τιμές ανεξαρτήτως επεμβάσεων, γεγονός που μπορεί να οφείλεται στο συμπέρασμα της έρευνας των Altunkaya & Gokmen (2008) που αναλύθηκε στην προηγούμενη παράγραφο. Συνοψίζοντας και συγκρίνοντας και τα 3 Trials, δε φαίνεται σε καμία από τις τρεις αυτές περιπτώσεις – πειραματικές διαδικασίες ότι η χρήση εδώδιμων επικαλύψεων προσδίδει θετικά αποτελέσματα στη διατήρηση ή και βελτίωση των επιπέδων ABTS στα φύλλα μαρουλιού, εκτός μόνο από το AL-2%, η χρήση του οποίου όμως χρειάζεται περαιτέρω διερεύνηση. Τα ίδια συμπεράσματα εξάγονται και για την παρεμποδιστική δράση. Τα αντιφατικά αποτελέσματα που ελήφθησαν με την ABTS, σε σχέση με την DPPH, οφείλονται, σύμφωνα με τους

Arnao *et al.*, (2000) ; ότι μπορεί να παρεμβαίνουν χρωμοφόρα συστατικά των υποστρωμάτων, που οδηγούσαν σε υποτιμημένες τιμές αντιοξειδωτικής δράσης των δειγμάτων. Το φαινόμενο αυτό εντοπίζεται σε χαμηλά μήκη κύματος και επηρεάζει κυρίως την μέθοδο DPPH , ενώ μειώνεται στην μέθοδο ABTS όταν γίνεται η φωτομέτρηση σε υψηλά μήκη κύματος (730 nm). Επίσης, η διαφορά στα αποτελέσματα μπορεί να οφείλεται στο ότι στη δοκιμή DPPH η αντίδραση είναι αργή, και είναι δύσκολο να ληφθούν απόλυτες αντιοξειδωτικές τιμές, ή στο ότι η DPPH είναι ευαίσθητη στο pH (Awika *et al.*, 2003).

4.2. Συμπεράσματα και μελλοντική έρευνα

Συμπερασματικά, η διερεύνηση τρόπων εναλλακτικής συσκευασίας και μετασυλλεκτικής διαχείρισης μεταποιημένης σαλάτας, ενός ιδιαίτερα ευαίσθητου και φθαρτού φυτικού υλικού κρίνεται αναγκαία, όπως και η διερεύνηση της χρήσης των αποβλήτων της καλλιέργειας φιστικιού που μπορεί να έχει θετικές επιδράσεις αν χρησιμοποιηθεί σε άλλο τομέα.

Η επικάλυψη της μεταποιημένης σαλάτας με εδώδιμη επικάλυψη στην οποία έχουν ενσωματωθεί και άλλες ουσίες με αντιοξειδωτική δράση καθώς και με ουσίες που μπορεί να επηρεάζουν θετικά τα ποιοτικά χαρακτηριστικά και τη διατήρησή της πρώτης, αποτελεί τομέα που χρήζει αυξημένου ενδιαφέροντος, εφόσον έχουν πραγματοποιηθεί ήδη μελέτες και σε άλλα φυτικά προϊόντα και αποτελούν μια οικολογική εναλλακτική έναντι των πλαστικών μεμβρανών, που επιβαρύνουν το περιβάλλον.

Από την παρούσα μελέτη φαίνεται ότι η προσθήκη εκχυλίσματος περιкарπίου φιστικιού σε εδώδιμη επικάλυψη με βάση το αλγινικό οδηγεί σε μια τάση βελτίωσης της ποιότητας του τεμαχισμένου μαρουλιού ως προς κάποια διατροφικά χαρακτηριστικά που σχετίζονται με τα αντιοξειδωτικά. Ως προς τη μη ικανοποιητική δράση της εδώδιμης επικάλυψης σε ορισμένα Trials και για ορισμένους ποιοτικούς χαρακτήρες αντίληψης του καταναλωτή (π.χ. χρώμα) πιθανά να οφείλεται σε τεχνικούς περιορισμούς κατά την εφαρμογή της (τραυματισμοί φύλλων μαρουλιού κατά τον τεμαχισμό, ανομοιομορφία επικάλυψης κτλ). Επίσης, όσον αφορά το CaCl₂, επειδή αναπτύσσει πολύ ισχυρούς δεσμούς, με το AL, αλλά και με το PHE, η εδώδιμη επικάλυψη παρουσιάζει μια πολύ πυκνή μορφή, η οποία δυσχεραίνει την πλαστικότητα, ακόμα και με τη χρήση γλυκερίνης. Οπότε, ακόμα κι αν η μεθοδολογία του Trial 1, αποφέρει θετικά αποτελέσματα σε κάποιους ποιοτικούς παράγοντες, εντού-

τοίς δεν εμφανίζει καλές μηχανικές ιδιότητες. Συνεπώς, πρέπει να δοκιμαστούν και άλλες μεθοδολογίες ως προς τις εδώδιμες επικαλύψεις, αλλά και διαφορετικές περιεκτικότητες των επιμέρους συστατικών από τα οποία αποτελούνται.

Μια εναλλακτική που θα μπορούσε να διερευνηθεί για τις εδώδιμες μεμβράνες θα ήταν η εφαρμογή με σπρέι, ώστε να αποτρέπονται οι τραυματισμοί στην επιφάνεια που προκαλούν αλλοιώσεις. Επίσης πριν την εφαρμογή της μεμβράνης προτείνεται να δοκιμαστεί να πλυθούν ή να εμβαπτιστούν τα φύλλα μαρουλιού σε κάποια αντιοξειδωτική ουσία ή σε κάποιον αντιμικροβιακό παράγοντα, όπως το κιτρικό, το ασκορβικό, σορβικό οξύ κ.α., ώστε να εξασφαλιστεί το χρώμα, πέρα από την εφαρμογή των εκχυλισμάτων στην μεμβράνη. Αυτό συμβαίνει γιατί, ιδιαίτερα στο Trial 3, πέραν της μεταβολής του χρώματος λόγω οξειδωτικού stress, καταπόνησης και μικροβιακής ανάπτυξης/ επιμόλυνσης, μπορεί και το ίδιο το χρώμα του ΡΗΕ να έχει παρόμοια αρνητική επίδραση στο χρώμα του φύλλου και του νεύρου.

Επιπλέον, θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί οργανοληπτική εξέταση της ελαφρώς μεταποιημένης σαλάτας για να διαπιστωθεί υπό ποιες προϋποθέσεις χαίρει εκτίμησης από το καταναλωτικό κοινό.

Τέλος χρειάζεται να προσδιοριστεί η ασφάλεια της μεταποιημένης σαλάτας ως προς το μικροβιακό φορτίο και την αποτελεσματικότητα της επικάλυψης καθώς και η διάρκεια ζωής (shelf life) του προϊόντος.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Στο συγκεκριμένο παράρτημα παρατίθενται ορισμένες φωτογραφίες από τα 3 Trials του πειράματος κατά τη δειγματοληψία τους τις ημέρες που περιγράφησαν σε προηγούμενα κεφάλαια (Εικόνες 25 έως 44).

1. Φωτογραφίες από το Trial 1



Εικόνα 25. Φωτογραφίες των κομματιών φύλλων μαρουλιού ύστερα από την εμφύσησή τους με εδωδιμες επικαλύψεις (day 0). **α** (αριστερά). Blank (Control), **β**. (κέντρο) Επέμβαση με AL. **γ**. (δεξιά) Επέμβαση με AL-2%.



Εικόνα 26. Φωτογραφία των κομματιών φύλλων μαρουλιού την day 0.



Εικόνα 27. Φωτογραφία των δειγμάτων φύλλων μαρουλιού σε perforated bag την day 2, αμέσως μετά την έξοδό τους από ψύξη: **α** (αριστερά): Δείγματα φύλλων μαρουλιού σε perforated bags , **β** (δεξιά): Δειγματοληψία για μέτρηση του ολικού χρώματος



Εικόνα 28. Δειγματοληψία για μέτρηση του ολικού χρώματος την day 4: **α** (αριστερά): Control , **β** (κέντρο): AL, **γ** (δεξιά): AL-2%.



Εικόνα 29. Δειγματοληψία για μέτρηση του ολικού χρώματος την day 7: **α** (αριστερά): Control , **β** (κέντρο): AL, **γ** (δεξιά): AL-2%.



Εικόνα 30. Δειγματοληψία για μέτρηση του ολικού χρώματος την day 9: **α** (αριστερά): Control , **β** (κέντρο): AL, **γ** (δεξιά): AL-2%.

2. Φωτογραφίες από το Trial 2



Εικόνα 31. Φωτογραφίες των κομματιών φύλλων μαρουλιού ύστερα από την εμβάπτιση τους με εδώδιμες επικαλύψεις (day 0). **α** (αριστερά) Επέμβαση με AL **β**. (κέντρο) Επέμβαση με AL-1%. **γ**. (δεξιά) Επέμβαση με AL-2%.



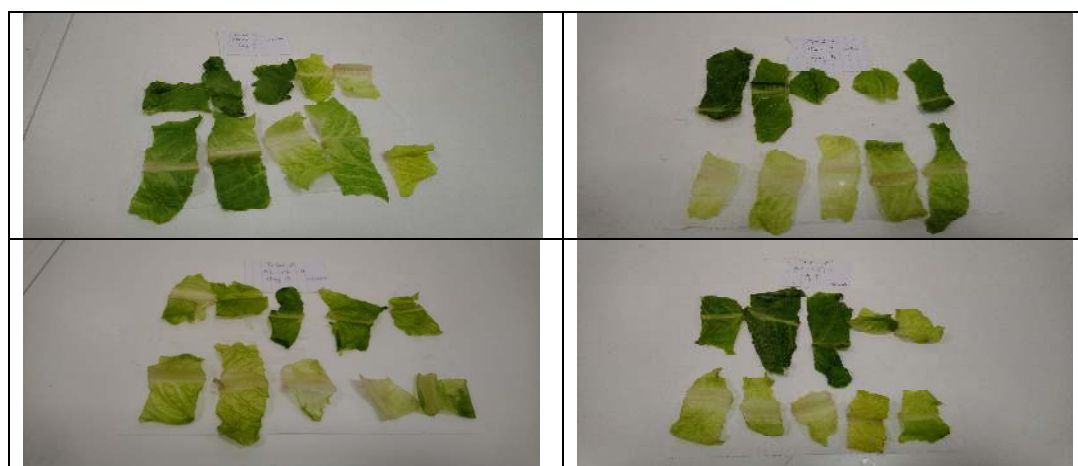
Εικόνα 32. Φωτογραφία των κομματιών φύλλων μαρουλιού την day 0 του Trial 2.



Εικόνα 33. Φωτογραφία των δειγμάτων φύλλων μαρουλιού σε perforated bag την day 3, αμέσως μετά την έξοδό τους από ψύξη



Εικόνα 34. Δειγματοληψία για μέτρηση του ολικού χρώματος την day 3: **α** (πάνω αριστερά): Control , **β** (πάνω δεξιά): AL, **γ** (κάτω αριστερά): AL-1%, **δ** (κάτω δεξιά): AL-2%.



Εικόνα 35. Δειγματοληψία για μέτρηση του ολικού χρώματος την day 5: **α** (πάνω αριστερά): Control , **β** (πάνω δεξιά): AL, **γ** (κάτω αριστερά): AL-1%, **δ** (κάτω δεξιά): AL-2%.



Εικόνα 36. Δειγματοληψία για μέτρηση του ολικού χρώματος την day 7: **α** (πάνω αριστερά): Control , **β** (πάνω δεξιά): AL, **γ** (κάτω αριστερά): AL-1%, **δ** (κάτω δεξιά): AL-2%.



Εικόνα 37. Δειγματοληψία για μέτρηση του ολικού χρώματος την day 10: **α** (πάνω αριστερά): Control , **β** (πάνω δεξιά): AL, **γ** (κάτω αριστερά): AL-1%, **δ** (κάτω δεξιά): AL-2%.

3. Φωτογραφίες από το Trial 3



Εικόνα 38. Φωτογραφίες των κομματιών φύλλων μαρουλιού ύστερα από την εμφάνισή τους με εδωδιμες επικαλύψεις (day 0). **α** (πάνω αριστερά): Control , **β** (πάνω δεξιά): AL, **γ** (κάτω αριστερά): AL-1%, **δ** (κάτω δεξιά): AL-2%.



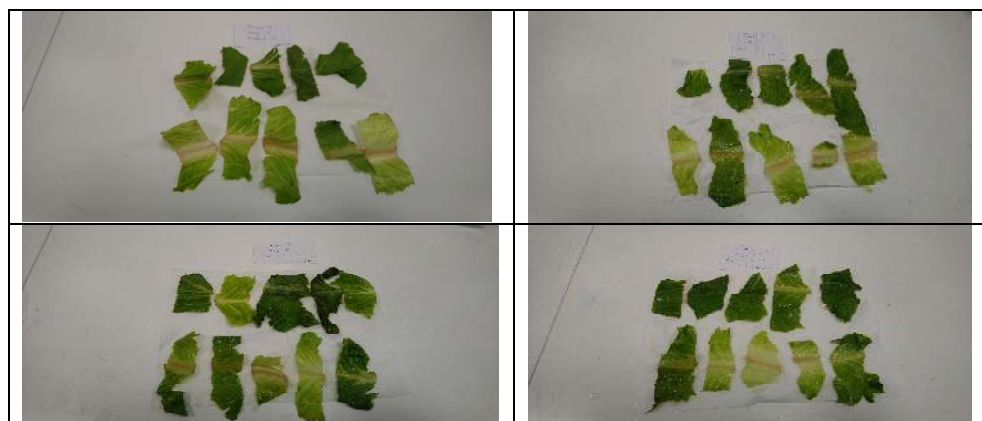
Εικόνα 39. Φωτογραφία των κομματιών φύλλων μαρουλιού την day 0 του Trial 3.



Εικόνα 40. Φωτογραφία των δειγμάτων φύλλων μαρουλιού σε perforated bag την day 3, αμέσως μετά την έξοδό τους από ψύξη



Εικόνα 41. Δειγματοληψία για μέτρηση του ολικού χρώματος την day 3: **α** (πάνω αριστερά): Control, **β** (πάνω δεξιά): AL, **γ** (κάτω αριστερά): AL-1%, **δ** (κάτω δεξιά): AL-2%.



Εικόνα 42. Δειγματοληψία για μέτρηση του ολικού χρώματος την day 5: **α** (πάνω αριστερά): Control, **β** (πάνω δεξιά): AL, **γ** (κάτω αριστερά): AL-1%, **δ** (κάτω δεξιά): AL-2%.



Εικόνα 43. Δειγματοληψία για μέτρηση του ολικού χρώματος την day 7: **α** (πάνω αριστερά): Control , **β** (πάνω δεξιά): AL, **γ** (κάτω αριστερά): AL-1%, **δ** (κάτω δεξιά): AL-2%.



Εικόνα 44. Δειγματοληψία για μέτρηση του ολικού χρώματος την day 10: **α** (πάνω αριστερά): Control , **β** (πάνω δεξιά): AL, **γ** (κάτω αριστερά): AL-1%, **δ** (κάτω δεξιά): AL-2%.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Α. ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Abolhasani, A., Barzegar, M., & Sahari, M. A. (2018). Effect of gamma irradiation on the extraction yield, antioxidant, and antityrosinase activities of pistachio green hull extract. *Radiation Physics and Chemistry*, 144, 373-378.

Akbari-Alavijeh, S., Soleimanian-Zad, S., Sheikh-Zeinoddin, M., & Hashmi, S. (2018). Pistachio hull water-soluble polysaccharides as a novel prebiotic agent. *International journal of biological macromolecules*, 107: 808-816.

Albrecht, J. A. (1993). Ascorbic Acid Content and Retention in Lettuce. *Journal of Food Quality*, 16: 311-316.

Altunkaya, A., & Gokmen, V. (2008). Effect of various inhibitors on enzymatic browning, antioxidant activity and total phenol content of fresh lettuce (*Lactuca sativa*). *Food Chemistry*, 107: 1173–1179.

Anderson, K. J., Teuber, S. S., Gobeille, A., Cremin, P., Waterhouse, A. L., & Steinberg, F. M. (2001). Walnut Polyphenolics Inhibit In Vitro Human Plasma and LDL Oxidation. *The Journal of Nutrition*, 131: 2837–2842.

Ansorena, M. R., Marcovich, N. E., & Roura, S. I. (2011). Impact of edible coatings and mild heat shocks on quality of minimally processed broccoli (*Brassica oleracea* L.) during refrigerated storage. *Postharvest Biology and Technology*, 59: 53-63.

Arjeh, E., Akhavan, H.-R., Barzegar, M. & Carbonell-Barrachina, Á.A., (2020). Bioactive compounds and functional properties of pistachio hull: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 97: 55-64.

Arnon, D. I. (1949). Copper Enzymes In Isolated Chloroplasts. Polyphenoloxidase In Beta Vulgaris. *Plant Physiology*, 24: 1–15.

Arnao, M. B. (2000). Some methodological problems in the determination of antioxidant activity using chromogen radicals: a practical case. *Trends in Food Science & Technology*, 11 :419–421.

Artés, F., Gómez, P. A., & Artés-Hernández, F. (2007). Physical, Physiological and Microbial Deterioration of Minimally Fresh Processed Fruits and Vegetables. *Food Science and Technology International*, 13: 177–188.

Awika, J. M., Rooney, L. W. , Wu, X., Prior R. L. & L. Cisneros-Zevallos, L. (2003). Screening Methods To Measure Antioxidant Activity of Sorghum (*Sorghum bicolor*) and Sorghum Products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51 :6657-6662.

Baker, R. A., Baldwin, E. A., & Nisperos-Carriedo, M. O. (1994). Edible coatings and films for processed foods. *Edible coatings and films to improve food quality*, 1: 89.

Baldwin, E. A., Nisperos-Carriedo, M. O., & Baker, R. A. (1995). Use of edible coatings to preserve quality of lightly (and slightly) processed products. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, 35: 509-524.

Barreca, D., Laganà, G., Leuzzi, U., Smeriglio, A., Trombetta, D., & Bellocco, E. (2016). Evaluation of the nutraceutical, antioxidant and cytoprotective properties of ripe pistachio (*Pistacia vera* L., variety Bronte) hulls. *Food Chemistry*, 196: 493–502.

Barry-Ryan, C., & O’Beirne, D. (1999). Ascorbic Acid Retention in Shredded Iceberg Lettuce as Affected by Minimal Processing. *Journal of Food Science*, 64: 498–500.

Behgar, M., Valizadeh, R., Mirzaee, M., Naserian, A. A., & Nasiri, M. R. (2009). Correlation between the physical and chemical properties of some forages and non-forage fiber sources. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 8: 2280-2285.

Boligon, A. A. (2014). Technical Evaluation of Antioxidant Activity. *Medicinal Chemistry*, 4: 517-522.

Bottcher, H. (1988). Quality Changes During The Storage Of Head Lettuce (*Lactuca-Sativa* L var. capitata L). Nutritional-Value. Nahrung-Food, 32: 27-36.

Brandelero, R. P. H., Brandelero, E. M., & Almeida, F. M. D. (2016). Biodegradable films of starch/PVOH/alginate in packaging systems for minimally processed lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Ciência e Agrotecnologia*, 40:510-521.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*, 28: 25–30.

Cha, D. S., & Chinnan, M. S. (2004). Biopolymer-based antimicrobial packaging: a review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 44: 223-237.

Chana-Thaworn, J., Chanthachum, S., & Wittaya, T. (2011). Properties and antimicrobial activity of edible films incorporated with kiam wood (*Cotyleobium lanceotatum*) extract. *LWT - Food Science and Technology*, 44: 284–292.

Chiralt, A., Menzel, C., Hernandez-García, E., Collazo, S., & Gonzalez-Martinez, C. (2020). Use of by-products in edible coatings and biodegradable packaging materials for food preservation. In *Sustainability of the Food System* (pp. 101-127). Academic Press.

Cisneros-Zevallos, L., & Krochta, J. M. (2003). Dependence of coating thickness on viscosity of coating solution applied to fruits and vegetables by dipping method. *Journal of Food Science*, 68: 503-510.

Da Silva, M. A., Bierhalz, A. C. K., & Kieckbusch, T. G. (2009). Alginate and pectin composite films crosslinked with Ca²⁺ ions: Effect of the plasticizer concentration. *Carbohydrate polymers*, 77: 736-742.

Darezzo, H. M., Benedetti, B. C., Deliza, R., Cenci, S., & Goncalves, F. B. (2003). Evaluation of quality attributes of fresh-cut lettuce (*Lactuca sativa* L.) stored in different controlled atmospheres. *Acta horticulturae*, 600: 213-219.

Del Nobile, M. A., Baiano, A., Benedetto, A., & Massignan, L. (2006). Respiration rate of minimally processed lettuce as affected by packaging. *Journal of Food Engineering*, 74: 60-69.

Delaquis, P. J., Stewart, S., Toivonen, P. M. A., & Moyls, A. L. (1999). Effect of warm, chlorinated water on the microbial flora of shredded iceberg lettuce. *Food Research International*, 32: 7-14.

Demiral, I., Atilgan, N. G., & Şensöz, S. (2009). Production of biofuel from soft shell of pistachio (*Pistacia vera* L.). *Chemical Engineering Communications*, 196: 104-115.

Dhanapal, A., Sasikala, P., Rajamani, L., Kavitha, V., Yazhini, G., & Banu, M. S. (2012). Edible films from polysaccharides. *Food science and quality management*, 3: 9 - 17.

Dou, L., Li, B., Zhang, K., Chu, X., & Hou, H. (2018). Physical properties and antioxidant activity of gelatin-sodium alginate edible films with tea polyphenols. *International Journal of Biological Macromolecules*.

DuPont, M. S., Mondin, Z., Williamson, G., & Price, K. R. (2000). Effect of variety, processing, and storage on the flavonoid glycoside content and composition of lettuce and endive. *Journal of agricultural and food chemistry*, 48: 3957-3964.

Erşan, S., Güçlü Üstündağ, O., Carle, R., & Schweiggert, R. M. (2016). Identification of phenolic compounds in red and green pistachio (*Pistacia vera* L.) hulls (exo-and mesocarp) by HPLC-DAD-ESI-(HR)-MS. *Journal of agricultural and food chemistry*, 64: 5334-5344.

Fabra, M. J., Falcó, I., Randazzo, W., Sánchez, G., & López-Rubio, A. (2018). Antiviral and antioxidant properties of active alginate edible films containing phenolic extracts. *Food Hydrocolloids*, 81: 96-103.

Falguera, V., Quintero, J. P., Jiménez, A., Muñoz, J. A., & Ibarz, A. (2011). Edible films and coatings: Structures, active functions and trends in their use. *Trends in Food Science & Technology*, 22: 292-303.

Fattahifar, E., Barzegar, M., Gavlighi, H. A., & Sahari, M. A. (2018). Evaluation of the inhibitory effect of pistachio (*Pistacia vera* L.) green hull aqueous extract on mushroom tyrosinase activity and its application as a button mushroom postharvest anti-browning agent. *Postharvest Biology and Technology*, 145: 157-165.

Ferguson, L., Kader, A & Thompson, J. (1995), Harvesting, transporting, processing and grading. In: *Pistachio Production*. L. Ferguson (ed) Center for Fruit and Nut Crop Research and Information, Pomology Dept., Univ. Calif., Davis CA, pp. 110-114.

Ferreres, F., Gil, M. I., Castaner, M., & Tomás-Barberán, F. A. (1997). Phenolic metabolites in red pigmented lettuce (*Lactuca sativa*). Changes with minimal processing and cold storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45: 4249-4254.

Forney, C.F. & Austin, R.K. (1988). Time of day at harvest influences carbohydrate concentration in crisphead lettuce and its sensitivity to high CO₂ levels after harvest. *J. Amer. Soc Hort. Sci.*, 113: 581–583.

Fortunati, E., Giovanale, G., Luzi, F., Mazzaglia, A., Kenny, J. M., Torre, L., & Balestra, G. M. (2017). Effective postharvest preservation of kiwifruit and romaine lettuce with a chitosan hydrochloride coating. *Coatings*, 7: 196.

Gallo, J. Q., Amaro, M. D., Cabrera, D. M. B. G., Alvarez, M. C., Debeaufort, F., & Voilley, A. (2003). Application of edible coatings to improve shelf-life of Mexican guava. *Acta Horticulturae*, 589-594.

Garavand, F., Madadlou, A., & Moini, S. (2017). Determination of phenolic profile and antioxidant activity of pistachio hull using high-performance liquid chromatography–diode array detector–electro-spray ionization–mass spectrometry as affected by ultrasound and microwave. *International Journal of Food Properties*, 20: 19-29.

Garcia, A., Mount, J. R., & Davidson, P. M. (2015). Ozone and chlorine treatment of minimally processed lettuce. *Journal of Food Science*, 68: 2747-2751.

Ghasemi, S., Naserian, A. A., Valizadeh, R., Tahmasebi, A. M., Vakili, A. R., Behgar, M., & Ghovvati, S. (2012). Inclusion of pistachio hulls as a replacement for alfalfa hay in the diet of sheep causes a shift in the rumen cellulolytic bacterial population. *Small Ruminant Research*, 104: 94–98.

Goli, A. H., Barzegar, M., & Sahari, M. A. (2005). Antioxidant activity and total phenolic compounds of pistachio (*Pistachia vera*) hull extracts. *Food chemistry*, 92: 521-525.

Grace, M. H., Esposito, D., Timmers, M. A., Xiong, J., Yousef, G., Komarnytsky, S., & Lila, M. A. (2016). Chemical composition, antioxidant and anti-inflammatory properties of pistachio hull extracts. *Food chemistry*, 210: 85-95.

Halvorsen, B. L., Holte, K., Myhrstad, M. C. W., Barikmo, I., Hvattum, E., Remberg, S. F., ... Blomhoff, R. (2002). A Systematic Screening of Total Antioxidants in Dietary Plants. *The Journal of Nutrition*, 132: 461–471.

Hamed, M., Bougatef, H., Karoud, W., Krichen, F., Haddar, A., Bougatef, A., & Sila, A. (2020). Polysaccharides extracted from pistachio external hull: Characterization, antioxidant activity and potential application on meat as preservative. *Industrial Crops and Products*, 148: 112315.

Harandi, H., Majd, A., Falahati-Pour, S. K., & Mahmoodi, M. (2018). Anti-cancer effects of hydro-alcoholic extract of pericarp of pistachio fruits. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 8: 598-603.

Hesam, F., Tarzi, B. G., Honarvar, M., & Jahadi, M. (2020). Pistachio (*Pistacia vera*) shell as a new candidate for enzymatic production of xylooligosaccharides. *Journal of Food Measurement and Characterization*.

Hiscox, J. D., & Israelstam, G. F. (1979). A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. *Canadian Journal of Botany*, 57: 1332–1334.

Ihl, M., Aravena, L., Scheuermann, E., Uquiche, E., & Bifani, V. (2003). Effect of immersion solutions on shelf-life of minimally processed lettuce. *LWT - Food Science and Technology*, 36: 591–599.

Jacxsens, L., Devlieghere, F., Ragaert, P., Vanneste, E., & Debevere, J. (2003). Relation between microbiological quality, metabolite production and sensory quality of equilibrium modified atmosphere packaged fresh-cut produce. *International journal of food microbiology*, 83: 263-280.

Jancikova, S., Dordevic, D., Jamroz, E., Behalova, H., & Tremlova, B. (2020). Chemical and Physical Characteristics of Edible Films, Based on κ - and ι -Carrageenans with the Addition of Lapacho Tea Extract. *Foods*, 9: 357.

Kaya, M., Ravikumar, P., Ilk, S., Mujtaba, M., Akyuz, L., Labidi, J., ... Erkul, S. K. (2018). Production and characterization of chitosan based edible films from *Berberis crataegina*'s fruit extract and seed oil. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 45: 287–297.

Kazemi, M., Khodaiyan, F., Labbafí, M., Saeid Hosseini, S., & Hojjati, M. (2019). Pistachio green hull pectin: Optimization of microwave-assisted extraction and evaluation of its physico-chemical, structural and functional properties. *Food Chemistry*, 271: 663–672.

Kornsteiner, M., Wagner, K.-H., & Elmadfa, I. (2006). Tocopherols and total phenolics in 10 different nut types. *Food Chemistry*, 98: 381–387.

Kumari, M., Mahajan, H., Joshi, R., & Gupta, M. (2017). Development and structural characterization of edible films for improving fruit quality. *Food Packaging and Shelf Life*, 12: 42–50.

Kubovský, I., Kačíková, D., & Kačík, F. (2020). Structural Changes of Oak Wood Main Components Caused by Thermal Modification. *Polymers*, 12: 485.

Laurila, E. & Ahvenainen, R. (2002). Minimal processing of fresh fruits and vegetables. Jongen, W. *Fruit and Vegetable Processing. Improving quality*. Boca Raton, USA & Cambridge, England. CRC Press & Woodhead Publishing Limited, 2002: 288-309.

Lin, D. & Zhao, Y. (2007). Innovations in the development and application of edible coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetables. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 6: 60-75.

Lipton, W.J. (1987). Senescence of leafy vegetables. *HortScience*, 22: 854-859.

Lutz J.M. & Hardenburg R.E., (1986). The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks. In: *USDA agriculture handbook* (no. 66) Washington, DC: USDA, P. 55-67.

Mahdavi, A., Zagharu, M., Zahedifar, M., Nikkhah, A. & Aghashahi, A.R. (2009). The effect of different feeding levels of dried pistachio epicarp on fattening performance of Afshari lamb breed of Iran. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 15: 139–148.

Makino, Y. & Hirata, T. (1997). Modified atmosphere packaging of fresh produce with a biodegradable laminate of chitosan-cellulose and polycaprolactone. *Postharvest Biology and Technology*, 10: 247-254.

Manolopoulou, H., Lambrinos, G. R., Chatzis, E., Xanthopoulos, G. & Aravantinos, E. (2010). Effect of temperature and modified atmosphere packaging on storage quality of fresh cut romaine lettuce. *Journal of Food Quality*, 33: 317-336.

McGuire, R.G. (1992). Reporting of Objective Color Measurements. *HortScience*: 27: 1254-1255.

McHugh, T. H. (2000). Protein-lipid interactions in edible films and coatings. *Food/Nahrung*, 44: 148-151.

Medeiros Silva, V. D., Coutinho Macedo, M. C., Rodrigues, C. G., Neris dos Santos, A., de Freitas e Loyola, A. C., & Fante, C. A. (2020). Biodegradable edible films of ripe banana peel and starch enriched with extract of *Eriobotrya japonica* leaves. *Food Bioscience*, 100750.

Moghadam, M., Salami, M., Mohammadian, M., Khodadadi, M., & Emam-Djomeh, Z. (2020). Development of antioxidant edible films based on mung bean protein enriched with pomegranate peel. *Food Hydrocolloids*, 105735.

Moghaddam, T. M., Razavi, S. M., Malekzadegan, F. & Ardekani, A. S. (2009). Chemical composition and rheological characterization of pistachio green hull's marmalade. *Journal of Texture studies*, 40: 390-405.

Mou, B. (2012). Nutritional quality of lettuce. *Current nutrition & Food science*, 8: 177-187.

Moumen S., Zahedifer M. & Salehi M. (2003). The effect of different levels pistachio by-products and its tannins on growth and Cashmere production of Raieni goats. *Pajouhsh & Sazandegi*, 65:92-102.

Moussavi, G., & Khosravi, R. (2010). Removal of cyanide from wastewater by adsorption onto pistachio hull wastes: Parametric experiments, kinetics and equilibrium analysis. *Journal of Hazardous Materials*, 183: 724-730.

Nazeri, F. S., Soltanizadeh, N., Goli, S. A. H. & Mazaheri, S. (2018). Chemical stability of rainbow trout in icing medium containing pistachio (*Pistachia vera*) green hull extract during chilled storage. *Journal of food science and technology*, 55: 449-456.

Otoni, C. G., Avena-Bustillos, R. J., Azeredo, H. M., Lorevice, M. V., Moura, M. R., Mattoso, L. H. & McHugh, T. H. (2017). Recent advances on edible films based on fruits and vegetables—a review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16: 1151-1169.

Özbek, H. N., Yanık, D. K., Fadiloğlu, S., Çavdar, H. K., & Göğüş, F. (2018). Microwave-assisted extraction of non-polar compounds from pistachio hull and characterization of extracts. *Grasas y Aceites*, 69: 260.

Park, S. I., & Zhao, Y. (2006). Development and characterization of edible films from cranberry pomace extracts. *Journal of food science*, 71:95-101.

Parreidt, T., Müller, K., & Schmid, M. (2018). Alginate-Based Edible Films and Coatings for Food Packaging Applications. *Foods*, 7: 170.

Patil, S. S., Dhumal, S. S., Patgaonkar, D. R., Garande, V. K., & Kaur, M. (2017). Post-Harvest Behavior of Different Lettuce Cultivars and their Cut Form under Different Storage Conditions. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 2: 1232-1246.

Patrignani, F., Siroli, L., Serrazanetti, D. I., Gardini, F., & Lanciotti, R. (2015). Innovative strategies based on the use of essential oils and their components to improve safety, shelf-life and quality of minimally processed fruits and vegetables. *Trends in Food Science & Technology*, 46: 311-319.

Perez-Gago, M. B., Rojas, C., & Del Rio, M. A. (2003). Effect of hydroxypropyl methylcellulose-lipid edible composite coatings on plum (cv. Autumn giant) quality during storage. *Journal of Food Science*, 68: 879-883.

Pernice, R., Scuderi, D., Napolitano, A., Fogliano, V., & Leonardi, C. (2007). Polyphenol composition and qualitative characteristics of fresh-cut lettuce in relation to cultivar, mulching, and storage. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 82: 420-427.

Prior R. L. & Cao, G. (1999). In vivo total antioxidant capacity: comparison of different analytical methods. *Free Radical Biology and Medicine*, 27: 1173-1181.

Prior, R. L., Wu, X., & Schaich, K. (2005). Standardized Methods for the Determination of Antioxidant Capacity and Phenolics in Foods and Dietary Supplements. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53: 4290-4302.

Rajaei, A., Barzegar, M., Mobarez, A. M., Sahari, M. A., & Esfahani, Z. H. (2010). Antioxidant, anti-microbial and antimutagenicity activities of pistachio (*Pistachia vera*) green hull extract. *Food and Chemical Toxicology*. 48: 107-112.

Rico, D., Martin-Diana, A. B., Barat, J. M., & Barry-Ryan, C. (2007). Extending and measuring the quality of fresh-cut fruit and vegetables: a review. *Trends in Food Science & Technology*, 18: 373-386.

Roostae, M., Barzegar, M., Sahari, M. A., & Rafiee, Z. (2017). The enhancement of pistachio green hull extract functionality via nanoliposomal formulation: studying in soybean oil. *Journal of food science and technology*, 54: 3620-3629.

Saberi, B., Vuong, Q. V., Chockchaisawasdee, S., Golding, J. B., Scarlett, C. J., & Stathopoulos, C. E. (2017). Physical, Barrier, and Antioxidant Properties of Pea Starch-Guar Gum Biocomposite Edible Films by Incorporation of Natural Plant Extracts. *Food and Bioprocess Technology*, 10: 2240–2250.

Saitta, M., Giuffrida, D., La Torre, G. L., Potortì, A. G., & Dugo, G. (2009). Characterization of alkylphenols in pistachio (*Pistacia vera* L.) kernels. *Food chemistry*, 117: 451-455.

Sánchez Aldana, D., Andrade-Ochoa, S., Aguilar, C. N., Contreras-Esquivel, J. C., & Nevárez-Moorillón, G. V. (2015). Antibacterial activity of pectic-based edible films incorporated with Mexican lime essential oil. *Food Control*, 50: 907–912.

Serea, C., Barna, O., Manley, M., & Kidd, M. (2014). Effect of storage temperature on the ascorbic acid content, total phenolic content and antioxidant activity in lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Journal of Animal and Plant Science*, 24: 1173-1177.

Seydim, A. C., & Sarikus, G. (2006). Antimicrobial activity of whey protein based edible films incorporated with oregano, rosemary and garlic essential oils. *Food Research International*, 39: 639–644.

Shin, Y., Liu, R. H., Nock, J. F., Holliday, D., & Watkins, C. B. (2007). Temperature and relative humidity effects on quality, total ascorbic acid, phenolics and flavonoid concentrations, and antioxidant activity of strawberry. *Postharvest Biology and Technology*, 45: 349–357.

Siddiqui, M. W., Chakraborty, I., Ayala-Zavala, J. F., & Dhua, R. S. (2011). Advances in minimal processing of fruits and vegetables: a review. *Journal of Scientific & Industrial Research*. 70: 823-834.

Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventós, R. M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, 152–178.

Siomos, A. S., Papadopoulou, P. P., Niklis, N. D., & Dogras, C. C. (2002). QUALITY OF ROMAINE AND LEAF LETTUCE AT HARVEST AND DURING STORAGE. *Acta Horticulturae*, 579: 641–646.

Sivaroobam, T., Hettiarachchy, N. S., & Johnson, M. G. (2008). Physical and antimicrobial properties of grape seed extract, nisin, and EDTA incorporated soy protein edible films. *Food Research International*, 41: 781–785.

Taghizadeh, S. F., Rezaee, R., Davarynejad, G., Karimi, G., Nemati, S. H., & Asili, J. (2018). Phenolic profile and antioxidant activity of *Pistacia vera* var. Sarakhs hull and kernel extracts: the influence of different solvents. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12: 2138-2144.

Talón, E., Trifkovic, K. T., Nedovic, V. A., Bugarski, B. M., Vargas, M., Chiralt, A., & González-Martínez, C. (2017). Antioxidant edible films based on chitosan and starch containing polyphenols from thyme extracts. *Carbohydrate Polymers*, 157: 1153–1161.

Tanada-Palmu, P. S., & Grosso, C. R. (2005). Effect of edible wheat gluten-based films and coatings on refrigerated strawberry (*Fragaria ananassa*) quality. *Postharvest biology and technology*, 36: 199-208.

Tay, S. L., & Perera, C. O. (2004). The effect of 1-MCP and edible coatings on quality of minimally processed Baby Butterhead lettuce. *Journal of Food Science*, 69: 131-135.

Tomaino, A., Martorana, M., Arcoraci, T., Monteleone, D., Giovinazzo, C., & Saija, A. (2010). Antioxidant activity and phenolic profile of pistachio (*Pistacia vera* L., variety Bronte) seeds and skins. *Biochimie*, 92: 1115-1122.

Tsantili, E., Konstantinidis, K., Christopoulos, M. V., & Roussos, P. A. (2011). Total phenolics and flavonoids and total antioxidant capacity in pistachio (*Pistachia vera* L.) nuts in relation to cultivars and storage conditions. *Scientia Horticulturae*, 129: 694-701.

Tsantili, E., Shin, Y., Nock, J. F., & Watkins, C. B. (2010). Antioxidant concentrations during chilling injury development in peaches. *Postharvest Biology and Technology*, 57: 27–34.

Tsantili, E., Takidelli, C., Christopoulos, M. V., Lambrinea, E., Rouskas, D., & Roussos, P. A. (2010). Physical, compositional and sensory differences in nuts among pistachio (*Pistachia vera* L.) varieties. *Scientia Horticulturae*, 125: 562-568.

Valdés, A., Burgos, N., Jiménez, A., & Garrigós, M. C. (2015). Natural pectin polysaccharides as edible coatings. *Coatings*, 5: 865-886.

Viacava, G. E., Ansorena, M. R., Roura, S. I., González-Aguilar, G. A., & Ayala-Zavala, J. F. (2013). Fruit processing byproducts as a source of natural antifungal compounds. In *Antifungal Metabolites from Plants* (pp. 447-461). Springer, Berlin, Heidelberg.

Viacava, G. E., Ayala-Zavala, J. F., González-Aguilar, G. A., & Ansorena, M. R. (2018). Effect of free and microencapsulated thyme essential oil on quality attributes of minimally processed lettuce. *Postharvest Biology and Technology*, 145: 125–133.

Wang, Y., Zhang, M., Mujumdar, A. S., Mothibe, K. J., & Roknul Azam, S. M. (2012). Effect of blanching on microwave freeze drying of stem lettuce cubes in a circular conduit drying chamber. *Journal of Food Engineering*, 113: 177–185.

Whitehouse WE (1957). The pistachio nut — a new crop for the Western United States. *Econ Bot*, 11: 281–321.

Xu, D., Chen, T., & Liu, Y. (2020). The physical properties, antioxidant and antimicrobial activity of chitosan–gelatin edible films incorporated with the extract from hop plant. *Polymer Bulletin*.

Zahedi, Y., Ghanbarzadeh, B. A. B. A. K., & Sedaghat, N. (2010). Physical properties of edible emulsified films based on pistachio globulin protein and fatty acids. *Journal of Food Engineering*, 100: 102-108.

Zhang, K., Pu, Y.-Y & Sun, D.-W. (2018). Recent advances in quality preservation of postharvest mushrooms (*Agaricus bisporus*): A review. *Trends in Food Science & Technology*, 78: 72–82.

Zohary, M., (1950-1952). A monography, Study of the genus Pistachio. *Palestine journal of Botany*, 5.:187-228.

B. ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Αλυφαντή Κυριακή, (2013), Οι τοπικές καλλιέργειες και η Βιώσιμη Τοπική Ανάπτυξη: η περίπτωση της φιστικοκαλλιέργειας του δήμου Αίγινας, Μεταπτυχιακή ερευνητική εργασία στο Μεταπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών: Βιώσιμη ανάπτυξη με κατεύθυνση την τοπική ανάπτυξη, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Οικιακής Οικονομίας και Οικολογίας.

Βαλάση Λυδία, (2016), Ποιοτικός και ποσοτικός προσδιορισμός αφλατοξίνης σε κελυφωτά φιστίκια και φιστικέλαιο Αιγίνης με τις φασματοσκοπικές τεχνικές FTIR και RAMAN, Μεταπτυχιακή ερευνητική εργασία στο Μεταπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών: Επιστήμη και Τεχνολογία Τροφίμων και Διατροφής του ανθρώπου, Γεωπονικό πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Επιστήμης Τροφίμων και Διατροφής Ανθρώπου.

Βασιλακάκης Δ. Μιλτιάδης (2014). *Μετασυλλεκτική Φυσιολογία, Μεταχείριση Οπωροκηπευτικών και Τεχνολογία*, Εκδόσεις Γαρταγάνη.

Γεωργιάδου Μαρία, (2009), Μελέτη του προβλήματος των αφλατοξινών σε κελυφωτά φιστίκια, Μεταπτυχιακή ερευνητική εργασία στο Μεταπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών: Συστήματα διασφάλισης ποιότητας, Γεωπονικό πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων.

Γεωργιάδου Μαρία, (2015), Μελέτη φυσικών και χημικών χαρακτηριστικών κελυφωτών φιστικιών με στόχο τη μείωση των αφλατοξίνης, Διδακτορική διατριβή, Γεωπονικό πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Επιστήμης και Τροφίμων και Διατροφής Ανθρώπου.

Κανάκης Α. (1998). Λαχανοκομία IV. Εκδόσεις ΤΕΙ Καλαμάτας, Καλαμάτα.

Κανάκης Α. (2007). Γενική Λαχανοκομία. Εκδόσεις Αγρότυπος Α.Ε., Αθήνα.

Ολύμπιος Χ. (2001). Η Τεχνική της Καλλιέργειας των Κηπευτικών στο Θερμοκήπιο. Εκδόσεις Σταμούλης, Αθήνα.

Πάσσαμ Χάρολντ-Κρίστοφερ, Τσαντίλη Ελένη, Χριστόπουλος Μιλτιάδης, Καυκαλέτου Μίνα, Αλεξόπουλος Αλέξιος, Καραπάνος Ιωάννης (2015). Μετασυλλεκτική Μεταχείριση Καρπών και Λαχανικών, Ελληνικά Ακαδημαϊκά Συγγράμματα και Βοηθήματα.

Πάσσαμ, Χ. Κ., Τσαντίλη, Ε., Χριστόπουλος, Μ., Καυκαλέτου, Μ., Αλεξόπουλος, Α., & Καραπάνος, Ι. (2004). Μετασυλλεκτική μεταχείριση καρπών και λαχανικών. Εκδόσεις ΓΠΑ.

Ποντίκης Κων/νος (1996). Ειδική δενδροκομία Τόμος II "Ακρόδρυα-Πυρηνόκαρπα-Λοιπά καρποφόρα".

Γ. ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

[www.aua.gr > uploads > 2017/01 > unnamed-file-7](http://www.aua.gr/uploads/2017/01/unnamed-file-7)

www.bioquochem.com

www.faostat.fao.org

www.gaiapedia.gr

www.minagric.gr/

www.mistikatoukipou.gr

www.nda.agric.za/docs/Brochures/ProdGuideLettuce.pdf

www.university.upstartfarmers.com/blog/harvesting-handling-lettuce-longer-shelf-life

www.wikipedia.org