



## ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

### ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

#### ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ & ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΤΟΠΙΟΥ

##### Θέμα Πτυχιακής Εργασίας:

«Μελέτη των ποιοτικών χαρακτηριστικών διαφορετικών φυτικών μερών  
φασκόμηλου και τριαντάφυλλου που αποξηράθηκαν σε διαφορετικά επίπεδα  
θερμοκρασίας.»

**Μπέης Νικόλαος**



Επιβλέπων καθηγητής: Λύκας Χρήστος (Επίκουρος καθηγητής)

Βόλος, 2020

## **Θέμα Πτυχιακής Εργασίας:**

«Μελέτη των ποιοτικών χαρακτηριστικών διαφορετικών φυτικών μερών φασκόμηλου και τριαντάφυλλου που αποξηράθηκαν σε διαφορετικά επίπεδα θερμοκρασίας.»

**Μπέης Νικόλαος**

### **Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή**

1. Λύκας Χρήστος, Επίκουρος Καθηγητής, Επιβλέπων
2. Δαναλάτος Νικόλαος, Καθηγητής, Μέλος
3. Καρκάνης Ανέστης, Επίκουρος Καθηγητής, Μέλος

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Σκοπός αυτής της εργασίας ήταν η μελέτη των ποιοτικών χαρακτηριστικών διαφορετικών φυτικών μερών φασκόμηλου και τριαντάφυλλου που αποξηράθηκαν σε διαφορετικά επίπεδα θερμοκρασίας.

Σε αυτό το σημείο θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον επίκουρο καθηγητή κ. Χρήστο Λύκα τόσο για την ανάθεση του θέματος, όσο και για την πολύτιμη βοήθεια και συνεχή καθοδήγηση του κατά τη διάρκεια διεξαγωγής των πειραμάτων και τη συγγραφή της πτυχιακής μου εργασίας. Ταυτόχρονα θα ήθελα να ευχαριστήσω την κ. Μάρθα Καζή, η οποία ήταν δίπλα μου σε κάθε στάδιο αυτής της εργασίας. Τέλος θέλω να ευχαριστήσω τους Καθηγητές κ. Νικόλαο Δαναλάτο και κ. Ανέστη Καρκάνη για τις πολύτιμες συμβουλές τους αλλά και για το χρόνο που διέθεσαν για τη διόρθωση της πτυχιακής εργασίας μου.

## Πίνακας περιεχομένων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	V
ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	- 1 -
2.1 Αναγκαιότητα διατήρησης των μερών των φυτών .....	- 1 -
2.2 Σημαντικότητα αποξηραμένων μερών των φυτών .....	- 1 -
2.3 Σκοπός της εργασίας .....	- 2 -
ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ .....	- 3 -
3.1 Γενικά .....	- 3 -
3.2 Ορισμοί: Αποξήρανση και Αποξηραμένο Φυτό .....	- 3 -
3.3 Σημασία αποξηραμένων φυτών στην ανθοκομία .....	- 4 -
3.4 Οικονομικά στοιχεία .....	- 4 -
3.5 Αιθέρια έλαια, παράγοντες που τα επηρεάζουν και η χημική τους σύσταση....	- 6 -
3.6 Τρόπος παραλαβής αιθέριου ελαίου και αποστακτικά συγκροτήματα .....	- 10 -
3.7 Ρόλος των αιθέριων ελαίων στα φυτά .....	- 12 -
3.8 Ανθοκυάννες στο τριαντάφυλλο .....	- 12 -
3.9 Ξήρανση φυτικών μερών των φυτών .....	- 14 -
3.10 Αρχές ξήρανσης των διάφορων φυτικών μερών των φυτών .....	- 15 -
3.11 Στάδια ξήρανσης .....	- 17 -
3.12 Προϋποθέσεις κατά την ξήρανση .....	- 18 -
3.14 Είδη ξήρανσης και ξηραντήρια .....	- 19 -
3.14.1 Ηλιακή ξήρανση .....	- 19 -
3.14.2 Ηλιακά ξηραντήρια .....	- 20 -
3.14.3 Μηχανική ξήρανση σε βιοχημική κλίμακα .....	- 22 -
3.14.3.1 Λυοφίλωση (κρυοαφυδάτωση) .....	- 22 -
3.14.3.2 Ξήρανση με μικροκύματα .....	- 23 -
3.14.3.3 Ξηραντήρας θαλάμων με δίσκους .....	- 23 -
3.14.3.4 Περιστροφικά ξηραντήρια .....	- 24 -
3.14.3.5 Ξήρανση υπό κατάψυξη .....	- 25 -
ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ .....	- 26 -

4.1 Φυτικό υλικό .....	- 26 -
4.2 Μεταχειρίσεις.....	- 26 -
4.2.1 Μεταχείριση 1 <sup>η</sup> : Φυσική ξήρανση.....	- 26 -
4.2.2 Μεταχείριση 2 <sup>η</sup> : Ξήρανση Φασκόμηλου σε θερμοκρασίες 43°C, 50°C, 55°C	- 26 -
4.2.3 Μεταχείριση 3 <sup>η</sup> : Ξήρανση Τριαντάφυλλου σε θερμοκρασίες 35°C, 45°C, 55°C..	- 27 -
4.2.4 Ξηραντήρας .....	- 27 -
4.2.5 Μέθοδοι ξήρανσης.....	- 27 -
4.2.6 Προσδιορισμός χρώματος.....	- 28 -
4.2.7 Παραλαβή αιθέριων ελαίων .....	- 28 -
4.2.8 Προσδιορισμός ολικών ανθοκυανινών με τη μέθοδο διαφοροποίησης του pH	- 29 -
4.3 Μετρήσεις.....	- 30 -
<b>ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....</b>	- 32 -
5.1 Ξήρανση .....	- 32 -
5.2 Χρώμα.....	- 33 -
5.3 Περιεκτικότητα αιθέριου ελαίου στο φασκόμηλο .....	- 40 -
5.4 Περιεκτικότητα ανθοκυανινών στο τριαντάφυλλο .....	- 42 -
<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....</b>	- 45 -
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>	- 46 -

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η συγκεκριμένη εργασία πραγματοποιήθηκε με σκοπό τον προσδιορισμό στη μεταβολή των ποιοτικών χαρακτηριστικών διαφορετικών φυτικών μερών φασκόμηλου και τριαντάφυλλου που αποξηράθηκαν σε διαφορετικά επίπεδα θερμοκρασίας. Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο ανθοκομίας της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος Του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας από το Νοέμβριο 2018 μέχρι τον Ιούλιο του 2019. Η διεξαγωγή του πειράματος βασίστηκε σε εγκεκριμένες μεθόδους ξήρανσης των διαφόρων φυτικών μερών των δύο φυτών και προσδιορισμού του χρώματος στα φυτικά μέρη του φασκόμηλου και τα άνθη του τριαντάφυλλου. Καθώς επίσης και στο προσδιορισμό της περιεκτικότητας σε αιθέριο έλαιο του φασκόμηλου και της περιεκτικότητας ανθοκυανινών στο τριαντάφυλλο αντίστοιχα. Η ξήρανση πραγματοποιήθηκε σε μία αίθουσα στο χώρο του πανεπιστημίου Θεσσαλίας με σταθερή θερμοκρασία (25 °C) και υγρασία, σε σκοτεινό μέρος καθώς και σε ξηραντήρα με ροή αέρα σταθερής θερμοκρασίας (στους 43°C, 50°C, 55°C) για το φασκόμηλο και (στους 35°C, 45°C, 55°C) για το τριαντάφυλλο αντίστοιχα ενώ η ταχύτητα του αέρα ήταν 1m/s. Όσον αφορά στον προσδιορισμό του χρώματος, η μέτρηση πραγματοποιήθηκε με φωτόμετρο Minolta CR-400 Chroma Meter με περιοχή μέτρησης 8mm και χρήση λευκής πλάκας βαθμονόμησης και επαναλήφθηκε πέντε φορές για το κάθε φύλλο φασκόμηλου ή πέταλο τριαντάφυλλου. Επιπροσθέτως, για την παραλαβή αιθέριου ελαίου χρησιμοποιήθηκε αποστακτική διάταξη τύπου Clevenger. Τέλος πραγματοποιήθηκε μέτρηση ολικών ανθοκυανινών με την μέθοδο διαφοροποίησης του pH. Συμπερασματικά, παρατηρήθηκε ότι η ξήρανση στους 55°C αποτέλεσε την ιδανικότερη μέθοδο τόσο για τον προσδιορισμό χρώματος του φασκόμηλου και του τριαντάφυλλου όσο και για τον προσδιορισμό της απώλειας βάρους του κάθε φυτικού υλικού. Αντιθέτως, οι χαμηλές θερμοκρασίες προτιμήθηκαν στον προσδιορισμό της περιεκτικότητας σε αιθέριο έλαιο του φασκόμηλου (ιδανική ξήρανση σε θερμοκρασία 43°C), αλλά και στον προσδιορισμό της περιεκτικότητας ανθοκυανινών στο τριαντάφυλλο με ιδανικότερη την φυσική ξήρανση.

## **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

### **2.1 Αναγκαιότητα διατήρησης των μερών των φυτών**

Τα άνθη και τα υπόλοιπα φυτικά μέρη μετά την αποκοπή τους από το μητρικό φυτό δεν μπορούν πλέον να τροφοδοτούνται με νερό από το ριζικό σύστημα. Οι απώλειες υγρασίας όμως από τα φύλλα που φέρονται πάνω στο ανθικό στέλεχος καθώς και από τα άνθη, συνεχίζονται. Η συγκεκριμένη κατάσταση θα οδηγήσει σύντομα στο μαρασμό των λουλουδιών και κατ' επέκταση στο θάνατο. Παράλληλα με την απώλεια νερού χάνεται από τα φυτά και ενέργεια μετά την κοπή τους, λόγω της κυτταρικής αναπνοής. Επιπροσθέτως η διαδικασία της φωτοσύνθεσης τους κατά κανόνα σταμάτα, γεγονός που οφείλεται το κλείσιμο των στομάτων των φύλλων του ανθικού στελέχους με στόχο την ελαχιστοποίηση της απώλειας υγρασίας και κατ' επέκταση την ελαχιστοποίηση της εισόδου διοξειδίου του άνθρακα μέσα στο μεσόφυλλο. Συμπερασματικά το ιδανικότερο μέρος για τη συντήρησή τους είναι ένα σκιερό μέρος ώστε να μην υπάρχει επαρκής ένταση φωτισμού για τη φωτοσύνθεση. Το αποτέλεσμα είναι να καταναλώνονται συνεχώς υδατάνθρακες μέσω της αναπνοής χωρίς να παράγονται νέοι μέσω της φωτοσύνθεσης. Έτσι το ανθικό στέλεχος πολύ σύντομα φτάνει να έχει χάσει όλα τα ενεργειακά αποθέματα που είχε αποθηκευμένα στον βλαστό ή στα φύλλα σε μορφή σακχάρων. Το τελικό αποτέλεσμα αυτής της κατάστασης είναι τα κύτταρα να μην μπορούν πλέον να διατηρηθούν στη ζωή και έτσι το ανθικό στέλεχος να καταρρέει και να καταστρέφεται. Από όλα τα παραπάνω καθίσταται προφανές ότι όσο πιο πολλά ενεργειακά αποθέματα έχει ένα φυτικό μέρος, τόσο μακρύτερος είναι ο χρόνος που μπορεί αυτό να διατηρηθεί στη ζωή μετά την κοπή του. Τέλος στην αύξηση του χρόνου διατήρησης των φυτικών μερών καθοριστικό ρόλο διαδραματίζουν διαφορές τεχνικές και χειρισμοί όπως για παράδειγμα η ξήρανση. Λαμβάνοντας υπόψιν όλα τα παραπάνω γίνεται αντιληπτό πως είναι επιτακτική η ανάγκη για την διατήρηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των φυτών μέσω κατάλληλων διεργασιών οι οποίες επηρεάζουν στο ελάχιστο τα ποιοτικά τους χαρακτηριστικά (Κανταρτζής, 2002).

### **2.2 Σημαντικότητα αποξηραμένων μερών των φυτών**

Η σημασία των φυτών για την διατήρηση της ζωής πάνω στη γη είναι γνωστή. Χωρίς τα φυτά που έχουν την ικανότητα να χρησιμοποιούν την ενέργεια του ήλιου και να συνθέτουν οργανικές ουσίες για όλους τους ζώντες οργανισμούς δεν θα ήταν

δυνατή η ύπαρξη της ζωής. Πολλές φορές όμως καλείται η ανάγκη να μετατραπούν τα νωπά φυτά σε αποξηραμένα με στόχο την διατήρησή τους. Η διαδικασία μέσω της οποίας αυτό επιτυγχάνεται ονομάζεται ξήρανση και συμβάλλει σημαντικά στην παροχή μιας μακράς περιόδου εμπορευσιμότητας και στη διαχείριση και αποθήκευση μετά τη συγκομιδή. Παράλληλα η ξήρανση συμβάλλει καθοριστικά στην μείωση του όγκου αποθήκευσης και αποστολής των αποξηραμένων φυτών. Ένα πλεονέκτημα της ξήρανσης είναι η ελαχιστοποίηση των απαιτήσεων συσκευασίας σε συνδυασμό με την εκτεταμένη διάρκεια αποθήκευσης και τη διάθεση του αποξηραμένου προϊόντος σε ετήσια βάση (Calín-Sánchez, 2011). Γενικά, ο κύριος στόχος της διαδικασίας ξήρανσης είναι η μείωση των επιπέδων νερού σε λιγότερο από 15% προκειμένου να ανασταλεί η ανάπτυξη μικροβίων και να ελαχιστοποιηθούν οι βιοχημικές μεταβολές (Marzouk, 2013). Ταυτόχρονα, τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των πρώτων υλών θα πρέπει να διατηρηθούν, κυρίως χρώμα και άρωμα, τα οποία είναι τα κύρια χαρακτηριστικά ποιότητας που επηρεάζουν την αποδοχή των καταναλωτών (Díaz-Maroto, 2003). Η ποιότητα ενός προϊόντος εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το συνδυασμό της θερμοκρασίας ξήρανσης και της ταχύτητας του αέρα. Οι δυο αυτοί παράμετροι παίζουν καθοριστικό ρόλο στην διαμόρφωση ενός τελικού προϊόντος υψηλής ποιότητας (Venskutonis, 1997, Krokida, 2001). Η έντονη επεξεργασία προκαλεί αποικοδόμηση των χρωστικών της χλωροφύλλης και μεταβολές χρώματος στο προϊόν που οδηγεί σε υποβάθμιση της ποιότητας (Rocha, 1997). Έχει επίσης αναφερθεί ότι η ξήρανση με ζεστό αέρα είναι καλύτερο να εκτελείται σε πολλαπλές φάσεις προκειμένου να μειωθεί το μικροβιακό φορτίο (Martinov, 2006). Γίνεται λοιπόν κατανοητό ότι συνθήκες ξήρανσης είναι κρίσιμες για το τελικό προϊόν, επειδή μπορεί να οδηγήσουν σε ανεπιθύμητες αλλαγές στην εμφάνιση, την υφή, το άρωμα και το χρώμα.

### **2.3 Σκοπός της εργασίας**

Ο σκοπός της συγκεκριμένης εργασίας είναι η μελέτη των διαφορετικών μεθόδων αποξήρανσης στα ποιοτικά χαρακτηριστικά αποξηραμένων ανθικών στελεχών τριαντάφυλλου και φασκόμηλου. Μέσα από τη μελέτη αυτή θα καθοριστούν οι κατάλληλες συνθήκες αποξήρανσης για την παραλαβή τελικών προϊόντων με βέλτιστα ποιοτικά χαρακτηριστικά.



## ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

### 3.1 Γενικά

Η βασική επιδίωξη είναι η διατήρηση του χρώματος, του σχήματος και της υφής του φυτού. Για να επιτευχθεί το παραπάνω πρέπει να γνωρίζουμε και να εφαρμόζουμε καλά τις διάφορες μεθόδους αποξήρανσης. Κάθε φυτό έχει τις δικές του ιδιαιτερότητες και δίνει το καλύτερο αποτέλεσμα με μια συγκεκριμένη μέθοδο.

Υπάρχουν 8 βασικές κατηγορίες μεθόδων αποξήρανσης: (Orphanides, 2016)

1. Αποξήρανση στον Αέρα:
  - Μέθοδος αντίστροφης συναρτήσεως
  - Μέθοδος επίπεδης συναρτήσεως
  - Μέθοδος όρθιας συναρτήσεως
2. Αποξήρανση με Πίεση
3. Αποξήρανση με Γλυκερίνη
4. Αποξήρανση με Υγροσκοπικές Ουσίες
5. Αποξήρανση με Πυριτικό Οξύ
6. Αποξήρανση με Προθερμασμένο Πυριτικό Οξύ
7. Αποξήρανση με Φούρνο Μικροκυμάτων και Πυριτικό Οξύ
8. Αποξήρανση με Φούρνο Μικροκυμάτων

### 3.2 Ορισμοί: Αποξήρανση και Αποξηραμένο Φυτό

- **Αποξήρανση** είναι η τέλεια ξήρανση, δηλαδή η τέλεια απομάκρυνση ενός υγρού (συνήθως νερού) από ένα χώρο ή από μία ουσία, στην οποία βρίσκεται αναμιγμένο ή προσροφημένο αλλά όχι ενωμένο με χημικούς δεσμούς. Η αποξήρανση μπορεί να πραγματοποιηθεί με τα κατάλληλα αποξηραντικά αλλά και με φυσικές μεθόδους, όπως η θέρμανση της ουσίας ή του προϊόντος που πρόκειται να αποξηραθεί.
- **Αποξηραμένο φυτό:** Κάθε φυτό ή τμήμα αυτού που δέχεται μείωση στην περιεχόμενη υγρασία λόγω επεξεργασίας, της ξήρανσης. Η διαδικασία αυτή έχει στόχο την αύξηση της βιωσιμότητας και συντήρησης του φυτού με απαραίτητη προϋπόθεση τη διατήρηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών όπως το αιθέριο έλαιο.

### **3.3 Σημασία αποξηραμένων φυτών στην ανθοκομία**

Η έννοια αποξηραμένα άνθη είναι μια ευρύτερη έννοια και δεν περιλαμβάνει μόνο τ' άνθη, αλλά και φυλλώματα, καθώς και άλλα φυτικά υλικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε διάφορους κλάδους.

Το αποξηραμένο άνθος είναι ένα νεκρό άνθος. Κάθε αποκομμένο μέρος ενός φυτού, έστω και αν δεν τρέφεται από τις ρίζες του εξακολουθεί να ασκεί τις βασικές του λειτουργίες για αρκετό διάστημα, ανάλογα με τις συνθήκες του περιβάλλοντος. Την ανθοκομία την απασχολεί ιδιαίτερα το πρόβλημα της διατήρησης των κομμένων λουλουδιών. Το κομμένο λουλούδι στο βάζο συνεχίζει τη λειτουργία του (αναπνοή, διαπνοή κ.τ.λ.) μέχρι να ολοκληρώσει τον κύκλο του, χάνοντας σιγά σιγά τη φρεσκάδα του και το αρχικό του σχήμα και έτσι η διάρκεια ζωής του είναι μικρή.

Η ανάγκη ύπαρξης λουλουδιών και εκτός εποχής για πολλές εφαρμογές, όπου απαιτείται η αντοχή τους για μεγάλο χρονικό διάστημα, οδήγησε στα αποξηραμένα λουλούδια. Τέτοιου είδους εφαρμογές είναι η παροχή μιας μακράς περιόδου εμπορευσιμότητας και η διαχείριση και αποθήκευση μετά τη συγκομιδή. Με την αποξήρανση οι λειτουργίες του λουλουδιού ή άλλου φυτικού μέρους διακόπτονται τεχνικά με την αφαίρεση του νερού από τους ιστούς του, έτσι ώστε οι εναπομείναντες αποξηραμένοι ιστοί να εξακολουθούν να διατηρούν το αρχικό τους σχήμα, το χρώμα τους και την υφή τους. Η χρήση και η εκμετάλλευση των αποξηραμένων ανθέων επειδή αποκτά όλο και μεγαλύτερο ενδιαφέρον ως επιχειρηματικό αντικείμενο, απαιτεί μεθόδους αποξήρανσης που θα δώσουν τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα.

Για να υπάρξει το άριστο αποτέλεσμα κατά την αποξήρανση του άνθους ή των διαφόρων φυτικών μερών ενός φυτού θα πρέπει να επιλεγεί η κατάλληλη μέθοδος αποξήρανσης για το συγκεκριμένο φυτό. Επίσης θα πρέπει η κοπή του άνθους ή των άλλων φυτικών μερών να γίνει στο κατάλληλο στάδιο ανάπτυξης (Βόγλη-Νάσιου, 1999).

### **3.4 Οικονομικά στοιχεία**

#### **➤ Ευρωπαϊκή αγορά αποξηραμένων φυτών**

Η αγορά της ΕΕ είναι η δεύτερη μεγαλύτερη αγορά αποξηραμένων φυτών στον κόσμο μετά την Κίνα. Η ζήτηση των αποξηραμένων φυτών αυξήθηκε από 265 χιλιάδες τόνους το 2003 σε 321 χιλιάδες τόνους το 2007, υποδηλώνοντας μια λογική ανάπτυξη. Η κυριότερη χώρα μέλος της ΕΕ που εμπορεύεται και εμπορεύει είναι η Γερμανία, αντιπροσωπεύοντας σχεδόν το ένα πέμπτο (19%) της συνολικής κατανάλωσης στην

ΕΕ, ακολουθούμενη από το Ηνωμένο Βασίλειο (16%), τη Ρουμανία (14%) και την Ουγγαρία (12%).

Μετά από μερικά χρόνια παρακμής, οι συνολικές εισαγωγές αποξηραμένων φυτών στην ΕΕ αυξήθηκαν ξανά και ανήλθαν σε 988 εκατομμύρια ευρώ το 2007, με αποτέλεσμα έναν μέσο ετήσιο ρυθμό αύξησης αξίας 4%. Ωστόσο, σε σχέση με τον όγκο, οι εισαγωγές αυξήθηκαν με σταθερό ετήσιο ρυθμό ανάπτυξης από 5%, ώσπου έφτασαν τους 397 χιλιάδες τόνους το 2007. Οι κορυφαίοι εισαγωγείς στην ΕΕ είναι η Γερμανία, οι Κάτω Χώρες, το Ηνωμένο Βασίλειο, η Γαλλία και η Ισπανία. Οι χώρες της Δυτικής Ευρώπης παρουσίασαν αυξανόμενο όγκο εισαγωγών σε σχέση με τις αναπτυσσόμενες χώρες, από τις οποίες οι περισσότερες χώρες της Ανατολικής Ευρώπης αύξησαν τις εισαγωγές τους συγκριτικά με το παρελθόν. Το τελευταίο προέκυψε από την ένταξή τους στην ΕΕ το 2004 και το 2007. Το 2007, οι συνολικές εξαγωγές σε αποξηραμένα φυτικά μέρη από τις χώρες μέλη της ΕΕ ανήλθαν σε 200 χιλιάδες τόνους, που αντιπροσωπεύουν αξία 616 εκατομμυρίων ευρώ. Τόσο η αξία εξαγωγής όσο και ο όγκος μειώθηκαν μεταξύ 2003 και 2005, αλλά αυξήθηκαν μετά, με αποτέλεσμα ένα μέτριο ρυθμό ετήσιας ανάπτυξης.

Παρατηρείται ότι διάφορες χώρες της ΕΕ δείχνουν πολύ διαφορετικές εξελίξεις στο εμπόριο αποξηραμένων φυτών. Σε ορισμένες χώρες μειώθηκε η προσφορά και η ζήτηση των αποξηραμένων φυτών, ενώ σε άλλες αυξήθηκε το εμπόριο τους. Η κορυφαία χώρα-μέλος της ΕΕ με τη μεγαλύτερη μέση ετήσια αύξηση είναι η Ισπανία, αν και μειώθηκε το 2006 και το 2007. Επίσης, η αγορά της Βουλγαρίας αυξήθηκε γρήγορα. Αν και σχετικά μικρές αγορές, η Αυστρία και η Φινλανδία είδαν τη ζήτηση αποξηραμένων φυτών να αυξάνεται ακόμη πιο γρήγορα. (CBI Market Information Database, 2013)

#### ➤ **Υφιστάμενη κατάσταση εξαγωγών αποξηραμένων φυτών**

Οι ελληνικές εξαγωγές δεν έχουν υψηλή θέση στην ευρωπαϊκή αγορά αντιπροσωπεύοντας περίπου το 1% των ευρωπαϊκών εξαγωγών. Οι ελληνικές εξαγωγές γίνονται κυρίως προς Γερμανία (η οποία έχει σημαντική βιομηχανία αποξήρανσης) αλλά και προς Αλβανία (η οποία επανεξάγει ποσότητες αποξηραμένων φυτών). Ακόμα και έτσι όμως η ελληνική εξαγωγική προσπάθεια απολαμβάνει υψηλότερες τιμές με ανοδική πορεία μέχρι το 2025 (Τουρλούμης, 2015).

### ➤ **Μελλοντικές τάσεις-Δυναμική**

Η ζήτηση για αποξηραμένα φυτά αυξάνεται σε όλο τον κόσμο, και σίγουρα και στην ΕΕ. Ωστόσο, η υπάρχουσα ποσότητα στην ΕΕ δεν επαρκεί για να καλύψει αυτή τη ζήτηση. Ως εκ τούτου, η ΕΕ εισάγει τεράστιες ποσότητες αυτών των προϊόντων και τα στοιχεία για τις εισαγωγές δείχνουν ότι οι ποσότητες που διαπραγματεύονται αυξάνονται συνεχώς. Για το τρέχον διάστημα έως και το 2025 στην Διεθνή-Ευρωπαϊκή και κατ' επέκταση η ελληνική αγορά αναμένεται:

- Διατήρηση της έντονης ζήτησης για αποξηραμένα φυτά
- Διατήρηση του ρυθμού ανάπτυξης του κλάδου και τα επόμενα χρόνια
- Αύξηση των τιμών παγκοσμίως
- Αύξηση των παγκόσμιων εισαγωγών

Ειδικότερα για τα τελευταία δύο σημεία είναι εμφανές ότι η αύξηση των τιμών σε όλα τα επίπεδα είναι εύλογο να θεωρείται αναμενόμενη (Τουρλούμης, 2015).

### **3.5 Αιθέρια έλαια, παράγοντες που τα επηρεάζουν και η χημική τους σύσταση**

Τα αιθέρια έλαια είναι πολυσύνθετα μείγματα οργανικών ουσιών (Σκρούμπης, 1998), αρωματικής οσμής και προέλευσης (Τσιουρή, 2015, Μερτζανίδης, 2015). Είναι πτητικές χημικές ενώσεις κυρίως μονοτερπενίων και σεσκιτερπενίων (Τσιουρή, 2015, Μερτζανίδης, 2015), σε υγρή μορφή με ελαιώδη εμφάνιση και με χημική σύσταση που ποικίλει μεταξύ των φυτών. Είναι λοιπόν φυτικής προέλευσης με διακριτική μυρωδιά (Σκρούμπης, 1998). Η ποιοτική και ποσοτική του σύσταση εξαρτώνται από το γενότυπο του φυτού, το στάδιο ανάπτυξης, τις καλλιεργητικές φροντίδες, λίπανση-άρδευση και τις εδώ εδαφο-κλιματολογικές συνθήκες.

Τα αιθέρια έλαια βρίσκονται ή παράγονται στα φύλλα στους βλαστούς και στα αναπαραγωγικά όργανα (ανθοφόρους οφθαλμούς, άνθη, καρπούς και σπόρους). Αποθηκεύονται κυρίως στο μεσόφυλλο και στην επιδερμίδα, έχουν χαμηλό σημείο ζέσεως, και μπορούν να εξαχθούν με απόσταξη. Η πιο σημαντική ομάδα ουσιών που περιέχονται σε αυτά είναι τα τερπενοειδή (Τσιουρή, 2015).

Βρίσκονται σε υγρή μορφή, σε θερμοκρασία και συνθήκες περιβάλλοντος, όμως εμφανίζουν πτητικές ιδιότητες σε θερμοκρασίες μεταξύ 50°C - 320°C. Το χαρακτηριστικό άρωμά τους το οφείλουν στην πτητικότητά τους. Δηλαδή, αν και είναι οργανικές πτητικές χημικές ενώσεις τα μόριά τους εξατμίζονται εύκολα και διασπείρομενα στον ατμοσφαιρικό αέρα δίνουν ευχάριστο και χαρακτηριστικό άρωμα στο κάθε φυτό. Τα περισσότερα αιθέρια έλαια είναι σχεδόν άχρωμα και έχουν υψηλό

δείκτη διάθλασης, διαλυτότητα στο νερό και χαμηλή πυκνότητα νερού.(Βογιατζή-Καμβούκου, 2010).

Όπως προαναφέρθηκε, αποτελούνται από πτητικές ουσίες, πιο συγκεκριμένα δευτερογενείς μεταβολίτες που απομονώνονται από αρωματικά φυτά συγκεκριμένων φυτικών ειδών, με απόσταξη, μέσω πίεσης ατμού, υδροαποστάξης ή ξηρής απόσταξης ενώ η ποιοτική τους ανάλυση γίνεται κυρίως με χρωματογραφία - φασματοσκοπία μάζας (Bakkali, 2008). Σύμφωνα με τους Hargreaves το 1975 είναι διαλυτά περισσότερο στην αιθανόλη και λιγότερο στο νερό.

Η βιοσύνθεση των αιθέριων ελαίων αποτελεί μία πολύπλοκη διαδικασία και πολλές από τις αντιδράσεις που συμβαίνουν μέχρι τη σύνθεσή τους δεν είναι γνωστές. Το αιθέριο έλαιο έχει διαφορετική σύνθεση σε κάθε στάδιο ανάπτυξης των φυτών, αλλά και μεταξύ νεαρών και ώριμων φύλλων. Η μεγαλύτερη ποσότητα αιθέριου ελαίου βρίσκεται στα αυξητικά όργανα του φυτού και στα νεαρής ηλικίας. Τα αιθέρια έλαια βρίσκονται μέσα σε ειδικές κατασκευές, τους αδένες, που μπορεί να είναι εσωτερικοί ή εξωτερικοί. Η κατανομή τους είναι ακανόνιστη, για παράδειγμα, η κάτω επιφάνεια των φύλλων της μέντας περιέχει 10-25 αδένες και η πάνω 1-6, ανά τετραγωνικό χιλιοστό. Οι διαστάσεις και ο αριθμός τους αυξάνει όσο αυτοί βρίσκονται πλησιέστερα προς τις μεγάλες νευρώσεις των φύλλων. Η έκλυση των αιθέριων ελαίων από τα φυτά οφείλεται τόσο στην εξάτμιση όσο και στη διάρρηξη των τοιχωμάτων των αδένων που προκαλείται από την ωσμωτική πίεση των κυττάρων.

Το άρωμα τους εξαρτάται από τα διάφορα συστατικά του μερικά από τα οποία μπορεί να επηρεάζουν σημαντικά το τελικό προϊόν. Για παράδειγμα η παρουσία μιας ουσίας σε αναλογία 1% η και μικρότερης, μπορεί να αλλάξει το άρωμα του αιθέριου ελαίου, π.χ στο αιθέριο έλαιο του λεμονιού το κύριο συστατικό είναι το λεμονέλαιο σε αναλογία 90% (Δόρδας, 2009). Η παρουσία όμως έστω και μικρής ποσότητας λιναλόης αλλάζει σημαντικά το άρωμά του.

Τα συστατικά των αιθέριων ελαίων χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες: Τα οξυγονούχα, όπως αλκοόλες, αλδεΐδες, κετόνες, φαινόλες, οξέα και εστέρες, οι οποίοι συμβάλλουν πιο πολύ στο άρωμα, και στα μη οξυγονούχα. Μη οξυγονούχα είναι οι υδρογονάνθρακες που θεωρούνται άχρηστα συστατικά γιατί έχουν μικρή συμβολή στο άρωμα και τα κυριότερα είναι τα μόνοκυκλικά και δικυκλικά τερπένια (Δόρδας, 2009).

Η χημική ταυτότητα των αιθέριων ελαίων είναι ποικίλη και περίπλοκη. Πιο συγκεκριμένα είναι σύνθετα μίγματα ακυκλικών, αλλυκυκλικών, αρωματικών και ετεροκυκλικών ενώσεων. Σε πολλά αιθέρια έλαια παρατηρήθηκε ότι περιείχαν στα

πτητικότερα κλάσματα τους μία ή περισσότερες σειρές ισομερών ακόρεστων υδρογονανθράκων, γνωστά ως τερπένια .(Κατσιώτης-Χατζοπούλου, 2010).

Η χημική ταυτότητα των αρωματικών φυτών προσδιορίζεται από :

1. την ποσότητα του αιθέριου ελαίου που παράγουν
2. την ποιοτική και ποσοτική σύσταση τους δηλαδή το είδος των ενώσεων και την εκατοστιαία συμμετοχή τους στο αιθέριο έλαιο (Κατσιώτης-Χατζοπούλου, 2010).

Οι οικογένειες φυτών του κυρίως περιέχουν αιθέρια αιθέρια έλαια είναι: *Ariaceae*, *Asteraceae*, *Lamiaceae*, *Lauraceae*, *Myrtaceae*, *Pinaceae*, *Rutaceae*

( Βογιατζή-Καμβούκου, 2010).

Τα φυτικά τμήματα από τα οποία θα παραληφθούν τα αιθέρια έλαια πρέπει να συλλέγονται σε συγκεκριμένη περίοδο του οντογενετικού τους κύκλου, κάτω από ειδικές κλιματολογικές συνθήκες και σε ορισμένες ώρες της ημέρας. Η απόδοση και η σύσταση του αιθέριου ελαίου επηρεάζεται από τις εδαφικές και κλιματολογικές συνθήκες καθώς και από το υψόμετρο (Κατσιώτης-Χατζοπούλου, 2010).

Τα αιθέρια έλαια είναι γνωστά για τις αντιμικροβιακές, αντιμυκητιακές, αντιιικές, και εντομοαπωθητικές τους ιδιότητες (Mari, 2003, Bakkali, 2008). Αυτές οι ιδιότητες οφείλονται στους δευτερογενείς μεταβολίτες των φυτών αυτών από τα οποία απομονώνονται. Τα προϊόντα του δευτερογενούς μεταβολισμού χρησιμοποιούνται από τα φυτά αυτά για την προστασία τους από παθογόνους μικροοργανισμούς και επιβλαβή έντομα. Οι ισχυρές αντιμικροβιακές ενώσεις τους είναι δευτερογενείς μεταβολίτες που ανήκουν στην κατηγορία των τερπενίων όπως τα λιποφυλλα μονοτερπένια : Θυμόλη, καρβακρόλη, λιναλοη, κιτράλη, γερανιόλη, και 1,8- κινεολη. Αποτελούν το 90% των αιθέριων ελαίων και εμφανίζουν μεγάλη ποικιλία δομών οι εφαρμογές των τερπενίων έχουν μελετηθεί ως συντηρητικά σε τρόφιμα ή αντισηπτικά και απολυμαντικά (Τσιουρή, 2015). Στη συνέχεια θα γίνει εκτενέστερη αναφορά στα συστατικά και την χημική σύσταση των αιθέριων ελαίων του φασκόμηλου και του τριαντάφυλλου.

#### **Φασκόμηλο :**

Το αιθέριο έλαιο του φασκόμηλου θεωρείται όμως τοξικό επειδή περιέχει σε υψηλά ποσοστά θουγιόνη. Στην αρωματοποιία επιζητούν τα αιθέρια έλαια που έχουν υψηλή θουγιόνη, ενώ στα φαρμακευτικά σκευάσματα όχι. Για αυτό, στη Γαλλία το αιθέριο έλαιο του φασκόμηλου διατίθεται αποκλειστικά και μόνο από τα φαρμακεία (Perry,, 1999).

Το αιθέριο έλαιο της salvia παράγεται στην κάτω επιφάνεια των φύλλων από τα εκρηκτικά τριχίδια που είμαι επιδερμικά όργανα. Είναι άχρωμο η ερυθρο-κίτρινο και τα κύρια συστατικά του είναι:

- οξυγονούχα τερπένια: 1.8 κινεόλη
- εστέρες: οξικό βορνύλιο
- μονοτερπενικοί υδρογονάνθρακες: μυρκένιο, π-κυμένιο, cis-οκιμένιο, καμφένιο, τερπινολένιο,σαβινένιο, trans-οκιμένιο.
- μονοτερπενικές αλκοόλες: βορνεόλη, λιναλοόλη, α-τερπινεν-4όλη
- μονοτερπενικές κετόνες: καμφορά, α και β θουγιόνη.
- σεσκιτερπένια: καρυοφιλλένιο

Τα σημαντικότερα από αυτά τα συστατικά είναι η καμφορά, η 1.8 κινεόλη και η β-θουγιόνη. Αυτά ταυτοποιούνται σε ποσοστό 30%-60% του αιθέριου ελαίου και ανάλογα με το ποσοστό τους χαρακτηρίζουν τους διάφορους τύπους των ελαίων (Zawislak, 2006).

Η α και β-θουγιόνη παρουσιάζουν τοξικότητα, αποτελούν έως και το 50% του αιθέριου ελαίου και δεν ενδείκνυνται για εσωτερική χρήση.

Η χημική σύσταση και η απόδοση του αιθέριου ελαίου εξαρτάται από:

- την ποικιλία
- τους οικολογικούς παράγοντες
- την περίοδο οντογέννησης (βρίσκεται στο Ζενίθ της απόδοσής του από την ανθοφορία έως το σχηματισμό σπόρων)
- τις καλλιεργητικές τεχνικές που εφαρμόζονται
- τις συνθήκες παραλαβής του ( Putievsky, 1986).

### **Τριαντάφυλλο :**

Το αιθέριο έλαιο του τριαντάφυλλου, δηλαδή το ροδέλαιο, έχει ανοιχτό κίτρινο χρώμα αλλά μερικές φορές εμφανίζει πρασινωπή απόχρωση. Αποτελείται από διάφορες χημικές ομάδες όπως κετόνες, αλδεΐδες, εστέρες, σεσκιτερπένια, οξείδια αιθέρων, υδρογονάνθρακες και αλκοόλες.

Από αυτές η φαινυλ-αιθανόλη, άλλες αλκοόλες, καθώς και σισκετερπένια (φαρνεζόλη, νερολιδόλη) εμφανίζονται σε μικρές ποσότητες. Τα πιο χαρακτηριστικά συστατικά του αιθέριου ελαίου του τριαντάφυλλου, είναι α-τερπενιόλη, λιναλοόλη, νερόλη, τερπινεν-4-όλη, γερανιόλη και κιτρονελλόλη, δηλαδή, οι μονοτερπενικές αλκοόλες.

Για την ποσοστιαία ανάλυση και την τακτοποίηση όλων των συστατικών του ροδέλαιου χρησιμοποιούνται κλασικές αλλά και σύγχρονες μέθοδοι ανάλυσης.

Το είδος και η ποσότητα των συστατικών του διαφοροποιούνται πολλές φορές εξαιτίας:

- των τρόπων καλλιέργειας
- της προέλευσης του φυτικού υλικού
- των μεθόδων παραλαβής
- της φύσης των πετάλων (Azeias, 2000).

### **Κιτρονελλόλη**

Πολλοί εμπειρογνώμονες υποστηρίζουν ότι το μεγάλο ποσοστό της κιτρονελλόλης είναι δείκτης υψηλής ποιότητας. Αποτελεί το 24%-43% της σύστασης του αιθέριου ελαίου του Τριαντάφυλλου και συμβάλλει στο ιδιαίτερο άρωμά του. Είναι το κύριο συστατικό του ροδόενου (Perry, 1999).

### **Γερανιόλη**

Η γερανιόλη αποτελεί σημαντικό στοιχείο του ροδέλαιου και ενισχύει το άρωμα του Τριαντάφυλλου. Αν όμως είναι ισόποση με την κιτρονελλόλη διατηρείται μεν ο αρωματικός χαρακτήρας του ροδέλαιου όμως επιβαρύνεται με μία μυρωδιά άγουρωτη με αίσθηση χορταριού.

Συχνά η ποιότητα του ροδέλαιου σχετίζεται με τη σχέση γερανιόλης/κιτρονελλόλης. Τα χαρακτηριστικά που προσδίδουν αυτά τα δύο συστατικά στο έλαιο του Τριαντάφυλλου, μπορεί να αλλάξουν και μάλιστα σε σημαντικό βαθμό από την παρουσία της φαρνεζόλης και νερόλης (Zawislak, 2006).

### **Νερόλη, φαρνεζόλη και άλλες αλκοόλες**

Οι αλκοόλες αυτές δεν σχετίζονται με το άρωμα του τριαντάφυλλου, αλλά με τη φρεσκάδα του. Δηλαδή δίνουν μία ελαφριά αίσθηση λεμονιού. Τη νερόλη τη συναντούμε σε ποσοστό 0.7%-7.5% και αποτελεί το cis-ισομερές της γερανιόλης (Putievsky, 1986).

### **3.6 Τρόπος παραλαβής αιθέριου ελαίου και αποστακτικά συγκροτήματα**

Τα αιθέρια έλαια παραλαμβάνονται με απόσταξη, εκχύλιση και μηχανική παραλαβή. Η επιλογή της μεθόδου εξαρτάται από:

- 1) το είδος και το τμήμα του φυτικού υλικού
- 2) την περιεκτικότητα του φυτού σε αιθέρια έλαια
- 3) την αξία του αιθέριου ελαίου
- 4) τη χημική σύνθεση των διαφόρων συστατικών του αιθέριου ελαίου
- 5) τους οικονομικούς παράγοντες.



Η κάθε μέθοδος παραλαβής περιλαμβάνει διάφορα είδη όπως για παράδειγμα η απόσταξη περιλαμβάνει την υδροατμοαπόσταξη, υδροαπόσταξη, υδρατμούς και άλλα. (Βογιατζή-Καμβούκου, 2010).

Η εκχύλιση διακρίνεται στην :

- 1) εκχύλιση με πτητικούς διαλύτες
- 2) εκχύλιση με ψυχρό λίπος
- 3) εκχύλιση με θερμό λίπος

Η μηχανική παραλαβή διακρίνεται:

1) σύνθλιψη

2) απόξεση, η οποία σταματάει όταν στο απόσταγμα υπάρχουν ίχνη αιθέριου ελαίου και η περιεκτικότητα του φυτικού υλικού σε αιθέριο έλαιο έχει μειωθεί ελάχιστα. Κατά την απόξεση λαμβάνουν μέρος τα εξής φυσικοχημικά φαινόμενα :

α) έξοδος του αιθέριου ελαίου με διάχυση, με μορφή ατμού ή αφρού

β) υδρόλυση: Συμβαίνει κυρίως τους εστέρες οι οποίοι διασπώνται στα συστατικά τους οξέα και αλκοόλες. Όσο αυξάνεται η ποσότητα του νερού τόσο αυξάνεται η διάσπαση του εστέρα

3) η αποσύνθεση συμβαίνει λόγω υψηλής θερμοκρασίας. Μπορεί να αποφευχθεί με ελάττωση πίεσης, θερμοκρασίας αποφυγή συγκέντρωσης νερού στον πυθμένα του άμβυκα και το προσεκτικό και ομοιόμορφο γέμισμα του.

Όσον αφορά στην ποιότητα των αιθέριων ελαίων, αυτή εξαρτάται από διάφορες φυσικές σταθερές:

- 1) ειδικό βάρος
- 2) δείκτης διάθλασης
- 3) στροφική ικανότητα
- 4) διαλυτότητα
- 5) σημείο ζέσεως
- 6) χημική του σύσταση.

Ο προσδιορισμός των συστατικών έχει μεγάλη σημασία γιατί από την παρουσία και ποσότητα τους εξαρτάται η ποιότητα των αιθέριων ελαίων. Για να προσδιοριστούν τα συστατικά και η συγκέντρωσή τους χρησιμοποιείται σήμερα κυρίως η αέρια-υγρή χρωματογραφία με φασματογράφο μάζας (Βογιατζή-Καμβούκου, 2010).

Έχοντας λοιπόν ως βάση την ποιότητα για την παραλαβή των αιθέριων ελαίων χρησιμοποιούνται κάποια αποστακτικά μέσα. Το πιο κατάλληλο είδος απόσταξης είναι με εισαγωγή υδρατμών. Τα τμήματα του αποστακτηρίου συγκροτήματος είναι:

- 1) ατμολέβητας ή ατμοπαραγωγός

- 2) άμβυκας απόσταξης
- 3) ψυκτήρας ή συμπυκνωτής
- 4) δοχείο διαχωρισμού (Βογιατζή-Καμβούκου 2010).

### **3.7 Ρόλος των αιθέριων ελαίων στα φυτά**

Ο ρόλος των αιθέριων ελαίων στα φυτά είναι πολύ σημαντικός και με ευρύ φάσμα καθώς βοηθά στην προστασία των φυτών και συμβάλλει στην ομαλή τους ανάπτυξη. Πιο συγκεκριμένα :

- 1) θα προστατεύουν τα φυτά από υψηλές θερμοκρασίες γιατί εξαιτίας της εξάτμισής τους ελαττώνεται η θερμοκρασία
- 2) προστατεύουν από το ψύχος. Με την εξάτμιση δημιουργείται ένα προστατευτικό νέφος
- 3) καταλυτικά στο μεταβολισμό των γλυκοζιτών και άλλων ουσιών
- 4) προστατεύουν από έντομα με το άρωμά τους
- 5) αν τα φυτά πιο ανθεκτικά στην ξηρασία καθώς μειώνεται η διαπνοή με την κυκλοφορία των ελαίων στους μεσοκυττάριους χώρους
- 6) λειτουργούν ως ορμόνες που προάγουν διάφορες λειτουργίες των φυτών
- 7) αυξάνουν την ταχύτητα κυκλοφορίας των θρεπτικών ουσιών που ρυθμίζουν το μεταβολισμό των φυτών
- 8) το ρητινώδες περιεχόμενό τους επικαλύπτει τις πληγές του φλοιού του φυτού και έτσι αποφεύγεται η σήψη των φυτικών ιστών
- 9) το άρωμα προσελκύει τα έντομα και έτσι επιτυγχάνεται καλύτερη γονιμοποίηση και διασταύρωση των μη αυτογονιμοποιημένων φυτών. (Κατσιώτης-Χατζοπούλου, 2010).

### **3.8 Ανθοκυάννες στο τριαντάφυλλο**

Οι ανθοκυάννες είναι ερυθρές χρωστικές ουσίες στις οποίες οφείλεται το ερυθρό, πορφυρό, πορτοκαλί, κυανό ή ιώδες χρώμα του Τριαντάφυλλου και ανήκουν στα φαινολικά συστατικά. Η σύνθεση και η αποθήκευση τους γίνεται στα χυμοτόπια των κυττάρων της πρώτης υποδερμικής στιβάδας των φλοιών και εμφανίζονται στο στάδιο του περκασμού. Όταν δηλαδή το φυτό αρχίζει να χάνει τη χλωροφύλλη του και αρχίζει να χρωματίζεται. Η πρώτη ανθοκυανη που σχηματίζεται είναι η κυανιδίνη και ακολουθεί η δελφινιδίνη, η οποία έχει διαφορετικό ένζυμο, F3'5'H. Στη συνέχεια αυτή μετατρέπεται, με μεθοξυλίωση, σε πετουδίνη και στο τέλος δημιουργείται η μαλβιδίνη η οποία είναι η πιο σταθερή ανθοκυανη και βρίσκεται σε μεγαλύτερο ποσοστό στις ερυθρές ποικιλίες. (Καρούκου, 1998).

Το ποσοστό των ανθοκυανών επηρεάζεται από:

**α) Εδαφοκλιματικές συνθήκες:**

- Υψόμετρο: Παρατηρήθηκε ότι οι ανθοκυάνες αυξάνονται στα υψηλότερα υψόμετρα όπου τα ποσοστά της υγρασίας και θερμοκρασίας είναι χαμηλότερα (Mate, 2002).

- Έδαφος: οι ανθοκυάνες ευνοούνται σε γόνιμα εδάφη που συγκρατούν το νερό ενώ συγχρόνως έχουν πολύ καλή δυνατότητα στράγγισης της περιττής υγρασίας (Καρούκου, 1998).

- Θερμοκρασία: σύμφωνα με μελέτες η θερμοκρασία είναι ο σημαντικότερος παράγοντας της βιοσύνθεσης των ανθοκυανών. Οι πολύ υψηλές Αλλά και οι πολύ χαμηλές θερμοκρασίες αναστέλλουν την παραγωγή τους. Ιδανικές θεωρούνται οι θερμοκρασίες από 17 βαθμούς Κελσίου έως 26 βαθμούς Κελσίου. Επίσης συμβάλουν θετικά οι νυχτερινές θερμοκρασίες από 15 βαθμούς Κελσίου ως 20 βαθμούς Κελσίου (Κοτσερίδης, 2006).

- Ηλιακή ακτινοβολία: υψηλή ηλιακή ακτινοβολία είναι απαραίτητη για τη σύνθεση τους. Οι Cortell και Kennedy παρατήρησαν το 2006 ότι η συγκέντρωση ανθοκυανών ήταν περίπου 30% μικρότερη σε μέρη σκιερά είμαι μικρή η ηλιακή ακτινοβολία (Καρούκου, 1998).

**β) Καλλιεργητικές τεχνικές:**

-Κλάδεμα: Μεγάλη προσοχή πρέπει να δοθεί στο σχήμα, το ύψος και την κατεύθυνση που θα δοθεί στο φυτό με το σύστημα μόρφωσης που θα εφαρμοστεί, έτσι ώστε να δημιουργηθεί το κατάλληλο μικροκλίμα ανάμεσα στο φύλλωμα και στα άνθη. (Σταυρακάκης, 2004). Επιπρόσθετα παρατηρήθηκε αύξηση των ανθοκυανών σε περιπτώσεις όπου το φυτικό υλικό είναι διαιρούμενο (Jackson, 2008).

- Εφαρμογή φωτό-ρυθμιστικών ουσιών: Έρευνες έδειξαν ότι το αμπισικό οξύ, οι αυξίνες, οι κυτονίνες καθώς και η εξωγενής εφαρμογή αιθυλενίου έχουν θετική επίδραση στη βιοσύνθεση ανθοκυανών, σε αντίθεση με τις γιββερελλίνες (GA3) οι οποίες μειώνουν την περιεκτικότητα των ανθοκυανών (Downey, 2006).

- Λίπανση: Ο εμπλουτισμός του εδάφους με άζωτο (N) και κάλιο (K) γιατί οδηγούν σε ανεπιθύμητη συγκέντρωση ανθοκυανών (Jackson-Lombard, 1993).

- Άρδευση: Έχει παρατηρηθεί ότι το υδατικό έλλειμμα αυξάνει την περιεκτικότητα σε ανθοκυάνες (Downey, 2006).

### 3.9 Ξήρανση φυτικών μερών των φυτών

Για να προβεί το φυτικό υλικό σε οποιαδήποτε μεταποίηση (απόσταξη- εκχύλιση) με σκοπό τη δημιουργία ενός τελικού και συγχρόνως εμπορεύσιμο προϊόν πρέπει να συντηρηθεί. Η συνηθέστερη μέθοδος συντήρησης είναι η ξήρανση ή αφυδάτωση. Ακόμη η ξήρανση επιταχύνει την παραγωγή και διευκολύνει την εμπορία του φυτικού υλικού μειώνοντας τον όγκο και το βάρος τους και έχοντας θετικά αποτελέσματα στη μεταφορά και αποθήκευσή τους (Calxito 2000). Η ξήρανση ή αφύγρανση είναι η γρήγορη απομάκρυνση από τα κύτταρα του φυτού, η οποία προλαμβάνει την αποικοδόμηση των κυτταρικών συστατικών, την αδρανοποίηση των ενζύμων, ενώ αποφεύγεται ο κίνδυνος ανάπτυξης μικροοργανισμών που μπορεί να οδηγήσουν στην καταστροφή μέρους του φυτού. Συγχρόνως διατηρεί σε αποδεκτά επίπεδα το άρωμα και τα οργανοληπτικά και μορφολογικά χαρακτηριστικά. (Σταμούλης, 1992, Demo, 1998).

Η ξήρανση των διάφορων φυτικών μερών πρέπει να γίνει γρήγορα σε υψηλές θερμοκρασίες και με αποτελεσματική απομάκρυνση των υδρατμών (Πολυνησίου, 2008). Μειώνει την περιεχόμενη υγρασία του φυτού με σκοπό να εμποδίσει τη μικροβιακή και ενζυμική δραστηριότητα. Επειδή όμως είναι μία θερμική διεργασία υπάρχουν απώλειες αιθέριων ελαίων, πτητικών ουσιών αλλά και θερμό-ευαίσθητων ουσιών που υπάρχουν στα φυτά. Τα περισσότερα φαρμακευτικά φυτά ξηραίνονται μεταξύ 30-60 βαθμών Κελσίου. Όταν περιέχουν αιθέρια έλαια η θερμοκρασία πρέπει να είναι κάτω από 40 βαθμούς Κελσίου. Οι συνθήκες ξήρανσης θα πρέπει να προσδιορίζονται πειραματικά για κάθε φυτικό μέρος γιατί με αργό ρυθμό αναπτύσσονται μύκητες, ένζυμα και βακτήρια ενώ με την ταχεία ξήρανση σκληραίνουν τα επιφανειακά κύτταρα και εμποδίζεται η εξάτμιση του νερού (Sharapin, 2000).

Με την ξήρανση μεταφέρεται η θερμότητα από το περιβάλλον προς το σώμα για την εξάτμιση της υγρασίας και τη θέρμανση του στερεού αλλά και μεταφέρεται η υγρασία από το εσωτερικό προς την επιφάνεια του σώματος και προς το θερμό αέρα (Μπαμπαλής, 2002).

Κατά την ξήρανση θερμαίνεται το υλικό με αποτέλεσμα να εξατμίζεται το νερό και να απομακρύνεται από το υλικό σαν ατμός. Η πολυπλοκότητα των υλικών και των ιδιοτήτων τους και η διαφορετική σταθερότητα κατά την ξήρανση έχουν ως αποτέλεσμα τη μεγάλη ποικιλία στο σχεδιασμό μονάδων ξήρανσης. Οι σημαντικοί παράγοντες της ξήρανσης είναι:

- 1) οι τύποι υγρασία στο υλικό
- 2) η κίνηση της υγρασίας στο υλικό

3) οι ιδιότητες του υγρού αέρα

4) η διάρκεια και η κατάληξη της ξήρανσης (Φραντζεσκάκης, 2003).

### **3.10 Αρχές ξήρανσης των διάφορων φυτικών μερών των φυτών**

Για να επιτευχθεί η αφυδάτωση των διάφορων τμημάτων των φυτών υπάρχουν διάφορες τεχνικές. Συγκεκριμένα η τεχνική της επαγωγικής θερμότητας είναι η πιο συνηθισμένη καθώς προτιμάται είτε από πλευράς επένδυσης είτε από πλευράς απαιτήσεων του τελικού προϊόντος.

#### **A) Ξήρανση με επαγωγική θερμότητα**

Το νερό του φυτικού υλικού μέσω του επεξεργασμένου αέρα συμπαρασύρεται επαγωγικά, ο τρόπος αυτός είναι η πιο συνηθισμένη μέθοδος. Κατά τη διάρκεια της ξήρανσης παρατηρούνται τα ακόλουθα:

1) αύξηση της θερμοκρασίας του υλικού

2) εξάτμιση του προϊόντος

3) μείωση της θερμοκρασίας του αέρα

4) αύξηση της περιεκτικότητας υγρασίας στον αέρα

Οι συγκεκριμένες μεταβολές έχουν άμεση σχέση με θέματα ενέργειας και ενέργειας/νερού καθώς εξαρτώνται από το επίπεδο του νερού και τα χαρακτηριστικά του αέρα μέσα στο φυτικό υλικό. Διακρίνονται οι παρακάτω φάσεις:

#### **Φάση 1η: Φάση θέρμανσης του φυτικού υλικού**

Παρατηρείται βαθμιαία αύξηση ή μείωση στη θερμοκρασία του υλικού έως μία συγκεκριμένη τιμή η οποία έρχεται σε πλήρη αντιστοίχιση με την υγρή θερμοκρασία του αέρα ξήρανσης. Τότε στην επιφάνεια του φυτικού υλικού η ενέργεια του νερού είναι ίση με 1 και υπάρχει αύξηση στην ποσότητα νερού που εξατμίζεται (Κατσιώτης-Χατζόπουλου, 2010).

#### **Φάση 2η: Φάση ξήρανσης με σταθερή ταχύτητα**

Σε αυτή τη φάση το φυτικό υλικό παραμένει στην υγρή θερμοκρασία του αέρα και το διαθέσιμο ελεύθερο νερό βρίσκεται σε μεγάλη ποσότητα. Επιπλέον στο εσωτερικό του υλικού η διαρκής μεταφορά νερού προς την περιφέρεια συμβάλλει στην αντικατάσταση του νερού που εξατμίζεται. Λόγω το ότι στην επιφάνεια του υλικού η ενέργεια του νερού είναι πάντα ίση με 1 η ταχύτητα ξήρανσης είναι μέγιστη (Κατσιώτης-Χατζόπουλου, 2010).

### **Φάση 3η: Φάση ξήρανσης με φθίνοντα ρυθμό**

Με βάση μία συγκεκριμένη περιεκτικότητα νερού στο υλικό τόσο η ταχύτητα ξήρανσης όσο και η ενέργεια του νερού στην επιφάνεια του θα αρχίσουν να ελαττώνονται ενώ αντίθετα αύξηση παρατηρείται στη θερμοκρασία του υλικού το οποίο τείνει ασυμπτωματικά προς τη θερμοκρασία του αέρα. Πλέον τα χαρακτηριστικά του προϊόντος περιορίζουν την ταχύτητα ξήρανσης και όχι τα χαρακτηριστικά του αέρα όπως συνέβαινε μέχρι τώρα. Λέγοντας χαρακτηριστικά του προϊόντος εννοούνται οι διαλυμένες ουσίες σε αυτό, η δομή του καθώς και η εσωτερική μετακίνηση του νερού.

Στο τελικό στάδιο της περιόδου η ταχύτητα ξήρανσης ισούται με μηδέν και το υλικό βρίσκεται σε απόλυτη ισορροπία με τον αέρα. Η συγκεκριμένη περίοδος ξήρανσης χωρίζεται σε δύο φάσεις:

1) η εξάτμιση του νερού σύμφωνα και με τις αρχικές περιόδους πραγματοποιείται στην επιφάνεια του υλικού και παράλληλα στην επιφάνεια του υλικού παρότι το νερό συνεχίζει να μετακινείται σε υγρή κατάσταση δεν μένει ελεύθερο.

2) πλέον η επιφάνεια είναι υπερβολικά ξηρή για να μπορέσει το νερό φτάσει σε υγρή κατάσταση με αποτέλεσμα να μην πραγματοποιείται η εξάτμιση.

Στην τρίτη φάση λοιπόν παρατηρείται ένα φαινόμενο το οποίο καταλήγει την αύξηση της θερμοκρασίας του προϊόντος, της υγρασίας και του αέρα που καταναλώνεται. Πιο αναλυτικά το φαινόμενο αυτό σχετίζεται με την υπέρ ξήρανση που πολλές φορές οδηγεί στο σχηματισμό κρούστας στην επιφάνεια του φυτικού υλικού των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών. Εμφανής είναι και άλλες μεταβολές όπως το μαύρισμα του υλικού, οι τροποποιήσεις των δραστικών συστατικών αλλά και η απώλεια των αιθέριων ελαίων.

Το συγκεκριμένο είδος ξήρανσης είναι τόσο γρήγορο όσο και ακριβό που προκαλεί το ενδιαφέρον για την ανακύκλωση του αέρα ή ακόμα και την τροποποίηση των χαρακτηριστικών του. (Belessiotis and Delyiannis, 2000).

Τα φαινόμενα αυτά στην πραγματικότητα περιπλέκονται σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό καθώς υπάρχει η περίπτωση συνύπαρξής τους :

- Σημαντικό πάχος του υλικού
- Ετερογενή υλικά (ολόκληρο φυτό, φύλλα)
- Υλικά με έντονη υγροσκοπική δυναμικότητα
- Μεταβλητές κλιματολογικές παράμετροι

Για παράδειγμα μία υψηλότερη θερμοκρασία ξήρανσης μπορεί να οδηγήσει σε:

1) οικονομία ως προς το ενεργειακό τιμολόγιο

2) ταχύτερη αφυδάτωση του υλικού (Μπαμπαλής, 2002).

### **Ξήρανση σε αντίθετο ρεύμα**

Το φαινόμενο της εξάτμισης φαίνεται να αξιοποιείται σε αυτή την τεχνική. Παρατηρείται επίσης κορεσμένος αέρας στο μέγιστο βαθμό κατά την έξοδο καθώς το υγρό του φυτικού υλικού βρίσκεται σε επαφή με αυτό. Τα φυτικά μέρη τα οποία εισέρχονται δέχονται ένα υγρό και καυτό αέρα διότι έτσι εννοείται η ενδημική δραστηριότητα και η μικροβιακή ανάπτυξη με αποτέλεσμα τη συντόμευση της διαδικασίας. Συγκεκριμένο σύστημα χαρακτηρίζεται αρκετά οικονομικό με κριτήριο την κατανάλωσή του σε ενέργεια. Για την παραλαβή ενός προϊόντος υψηλής ποιότητας τόσο η βελτιστοποίηση της ανακαίνισης του φυτικού υλικού στη διαδρομή που διανύει όσο και η βελτιστοποίηση της ταχύτητας του αέρα παίζουν καθοριστικό ρόλο.

### **Ξήρανση σε παχύ στρώμα**

Ο κορεσμένος σε υγρασία, θερμός και ξηρός αέρας που περνά διαμέσου του φυτικού υλικού ψύχεται προχωρώντας. Φτάνοντας στον κορεσμό η ικανότητα ξήρανσης αρχίζει να μειώνεται μέχρι να φτάσει στο μηδέν. Ο μηδενισμός αυτός της ικανότητας ξήρανσης εξαπλώνεται από την περιοχή προσβολής μέχρι την περιοχή εξόδου. Η συγκεκριμένη μετακίνηση συσχετίζεται και με τη σχετική υγρασία του θερμού αέρα, την ταχύτητα του αέρα στο υλικό, αλλά και τη θερμοκρασία του αέρα.

Η προώθηση και η διάχυση της ξήρανσης λαμβάνει χώρα σε διαδοχικά στρώματα. Λέγεται ότι όλη η υποκείμενη μάζα έχει υποστεί ξήρανση όταν το μέτωπο της φτάσει στην περιοχή εξόδου ξήρανσης. Εν αναμονή της υγροσκοπική ισορροπίας για όλη την μάζα ξήρανσης, η περιοχή προσβολής χαρακτηρίζεται πιο ξηρή σε σύγκριση με την περιοχή εξόδου.

Τα μειονεκτήματα ξεπερνιούνται με την μεταβολή της υγρασίας στο σωρό, την αποφυγή της υπερθέρμανσης αλλά και την επαναομογενοποίηση του υλικού. Τέλος ιδιαίτερη προσοχή χρειάζεται για την αποφυγή δημιουργίας καναλιών- διόδων του θερμού αέρα καθώς και την αποφυγή δημιουργίας ζωνών στόμωσης από υπερβολική στοίβαξη υλικού (Κατσιώτης-Χατζόπουλου, 2010).

### **3.11 Στάδια ξήρανσης**

Η ξήρανση χωρίζεται σε 3 βασικά στάδια. Αυτά είναι τα εξής :

- i. Αρχικό στάδιο
  - Μετωπική προσβολή του φυτικού υλικού με υψηλή θερμοκρασία
  - Σταθεροποίηση χρώματος

- Ισχυρή εξάτμιση
- Μικρή πιθανότητα εμφάνισης κρούστας λόγω υγρής επιφάνειας και λιγότερο ευαίσθητη στα θερμικά σοκ
- ii. Μείωση θερμοκρασίας
  - Βελτιστοποίηση της εξάτμισης
  - Αποφυγή σχηματισμού κρούστας και υπερθέρμανσης της επιφάνειας που είναι ήδη ξηρή
- iii. Αποτελέσματα ξήρανσης
  - Οικονομία
  - Ομοιομορφία τελικού προϊόντος (Κατσιώτης-Χατζόπουλου, 2010).

### **3.12 Προϋποθέσεις κατά την ξήρανση**

Για την ομαλή διεξαγωγή της διαδικασίας της ξήρανσης των φυτικών μερών πρέπει να πληρούνται οι εξής προϋποθέσεις:

- 1) η τελική περιεχόμενη υγρασία του αποξηραμένου πρέπει να ταυτίζεται με την υγρασία ισορροπίας για τη θερμοκρασία και τη σχετική υγρασία του αέρα κατά την αποθήκευσή του, καθώς πιθανή ενυδάτωση μπορεί να οδηγήσει αύξηση της δραστηριότητας του.
- 2) όσο το δυνατόν μικρότερη μείωση των ενεργών συστατικών, του χρώματος, της γεύσης και του αρώματος.
- 3) η ύπαρξη μικροβίων θα πρέπει να είναι κάτω από τα προδιαγεγραμμένα όρια χωρίς την προσθήκη χημικών προσθέτων (Oztekın and Martinov, 2007).

### **3.13 Παράγοντες που επηρεάζουν την εφαρμογή της ξήρανσης**

Η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου για την ξήρανση των διαφόρων υλικών προσδιορίζεται από πολλούς παράγοντες όπως οι ιδιότητες του αρχικού υλικού, η περιεκτικότητα σε νερό, η σταθερότητα των συστατικών κ.λ.π. Οι παράγοντες αυτοί που επηρεάζουν την κατάλληλη μέθοδο ξήρανσης είναι:

- 1) η φύση και η συνοχή του προς την ξήρανση αρχικού υλικού
- 2) η ποσότητα υγρασίας που πρέπει να απομακρυνθεί
- 3) η ποσότητα του υλικού που πρέπει να επεξεργαστεί στην μονάδα του χρόνου
- 4) η υγροσκοπικότητα του τελικού υλικού
- 5) η σταθερότητα των εμπεριεχομένων δραστικών συστατικών στο υλικό
- 6) η επιθυμητή φυσική συνοχή και σύσταση του τελικού προϊόντος
- 7) δαπάνες εγκατάστασης



8) τρέχον κόστος παραγωγής (Κατσιώτης-Χατζόπουλου, 2010).

### **3.14 Είδη ξήρανσης και ξηραντήρια**

Υπάρχουν δύο είδη ξήρανσης, η παραδοσιακή-φυσική μέθοδος και η μηχανική ξήρανση.

#### **3.14.1 Ηλιακή ξήρανση**

Τα πιο πολλά προϊόντα που ξηραίνονται μαζεύονται το καλοκαίρι όπου η ηλιακή ακτινοβολία είναι πολύ υψηλή. Αυτό συμβαίνει λόγω του σημαντικού ρόλου που παίζει η ηλιακή ενέργεια στην ξήρανση (Μπαμπαλής, 2000).

Αυτή η μέθοδος ξήρανσης χρησιμοποιείται για μικρές και μεσαίες ποσότητες σοδειάς. Το μειονέκτημά της είναι ότι οδηγεί σε απώλεια αιθέριου ελαίου, στην αλλαγή χρώματος των φυτών αλλά και στη μη επίτευξη των υψηλών προτύπων ποιότητας στα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά. (Rocha, 2011).

Στην ξήρανση για οικιακή χρήση όπου οι όγκοι φυτικού υλικού είναι αρκετά περιορισμένοι και οι ατμοσφαιρικές συνθήκες κρίνονται ευνοϊκές χρησιμοποιούνται απλοί μέθοδοι ξήρανσης όπως είναι η φυσική, η οποία πραγματοποιείται στις αποθήκες με ματσάκια. (Κατσιώτης-Χατζόπουλου, 2010). Καλό θα ήταν το φυτικό υλικό να βρίσκεται μακριά από το φως του ήλιου κατά την ξήρανση ώστε να διατηρήσει το άρωμά του. Απαραίτητη κρίνεται η τοποθέτηση του φυτού σε ξηρό, καλά αεριζόμενο και με θερμοκρασία έως 31 βαθμούς κελσίου χώρο. Με το πέρας της ξήρανσης φυτικό υλικό φυλάσσεται σε συνθήκες απουσίας φωτός με στόχο την διατήρηση των ιδιοτήτων. (Φραντζεσκάκης, 2000).

Διακρίνονται τρεις τρόποι ηλιακής ξήρανσης:

1) άμεση ηλιακή ξήρανση:

Το προϊόν τοποθετείται κάτω από ένα τζαμί ή πλαστικό φύλλο σαν σκέπαστρο. Σε αυτή την περίπτωση λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου ο αέρας και το προϊόν είναι πιο ζεστά. Επιπλέον οι κινήσεις του αέρα είναι χαμηλότερες και έτσι δημιουργείται ο κίνδυνος να μην εκκενώνεται το νερό. Για να συμβεί αυτό θα πρέπει να μην έχει υπολογιστεί σωστά η κατασκευή του ξηραντήριου και να οδηγεί στον κακό συνδυασμό της υψηλής θερμοκρασίας με την απαραίτητη κίνηση του αέρα.

2) σε ελεύθερο αέρα:

Το προϊόν τοποθετείται στον ήλιο με στόχο την αύξηση της θερμοκρασίας του ενώ παράλληλα απομακρύνει το νερό από την επιφάνεια.

3) έμμεση ηλιακή ξήρανση:

Η θέρμανση του αέρα πραγματοποιείται σε ένα συλλέκτη που πιθανώς να είναι ξεχωριστός από το χώρο ξήρανσης. Η ξήρανση γίνεται με εναλλαγή νερού με το θερμό αέρα ενώ το προϊόν παραμένει στη σκιά, απομακρυσμένο από την ηλιακή ακτινοβολία (Χαρώνης, 1989).

### 3.14.2 Ηλιακά ξηραντήρια

Ανάλογα με το πώς χρησιμοποιείται η ηλιακή ακτινοβολία τα Ηλιακά ξηραντήρια διακρίνονται σε τρεις τύπους:

#### ➤ φυσικά

Χρησιμοποιείται απευθείας ηλιακή ενέργεια και ο αέρας, τα οποία όμως δεν ελέγχονται, αφού το προϊόν τοποθετείται σε δίσκους ή ψάθες στο έδαφος. Το προϊόν χρειάζεται προστασία από τη βροχή. Τα μειονεκτήματά τους είναι η καταστροφή της βιταμίνης Α και C, η υποβάθμιση του προϊόντος από έντομα και σκόνη και η απώλεια προϊόντος.

#### ➤ έμμεσα

Τα έμμεσα ξηραντήρια είναι πολύπλοκες κατασκευές και δαπανηρές. Η μεταφορά του αέρα γίνεται με τεχνητά μέσα όπως ανεμιστήρες ή με ηλιακή καπνοδόχο δηλαδή με φυσικό εκλυσμό. Το προϊόν τοποθετείται σε δίσκους και δεν εκτίθεται στην ηλιακή ακτινοβολία. Ο αέρας περνάει από συλλέκτες αέρα που τον θερμαίνουν και από κει μπαίνει στον χώρο. Είναι ιδανική για προϊόντα που είναι ευπαθή στην ηλιακή ακτινοβολία. (Μπαμπαλής, 1999)

#### ➤ άμεσα

Είναι απλές κατασκευές από υαλόφραχτο πλαίσιο τις οποίες τοποθετείτε το προϊόν σε δίσκους. Η κυκλοφορία του αέρα γίνεται με φυσικό εκλυσμό που οφείλεται στη θέρμανση παρατηρείται δηλαδή το φαινόμενο καμινάδας, η με την ενέργεια του ανέμου πάνω στα ανοίγματα και σπάνια με ανεμιστήρες. Τα πλεονεκτήματα είναι ότι το προϊόν προστατεύεται από έντομα και χρειάζεται λιγότερος χρόνος για την ξήρανση. Τα μειονεκτήματα είναι ότι καταστρέφονται κάποιες βιταμίνες και κυρίως ότι δημιουργείται φωτοξείδωση του προϊόντος. (Μπαμπαλής 1999).

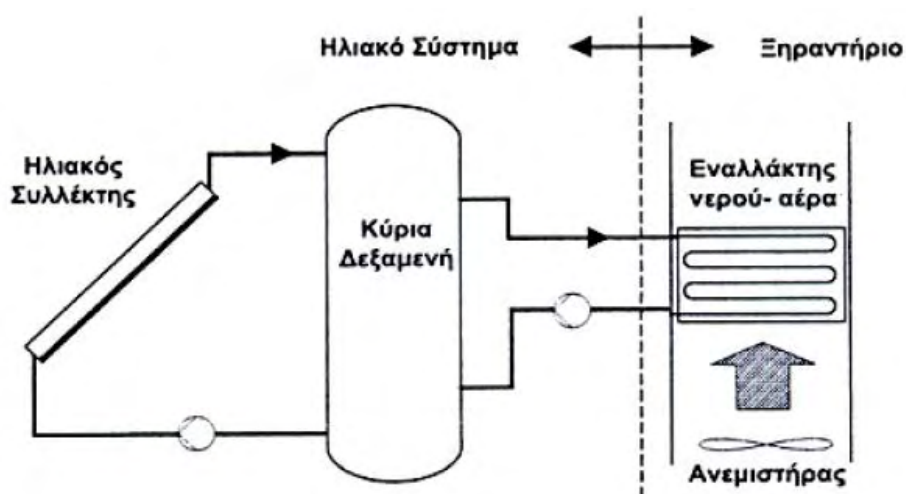
Ένας άλλος διαχωρισμός των ξηραντήριων. Είναι ανάλογα με τη μορφολογία, με τρόπο που επιτυγχάνεται η θέρμανση του και η τεχνική ξήρανσης. Έτσι συναντώνται ξηραντήρια με ηλιακούς συλλέκτες και ξηραντήρια τύπου θερμοκηπίου.

Στα ξηραντήρια με ηλιακούς συλλέκτες τοποθετείται έξω από το θάλαμο ξήρανσης ένας ηλιακός συλλέκτης με κλίση προς το Νότο και μεταβιβάζει τη στο χώρο του ξηραντήριου με κυκλοφορητή αέρα ή νερού ενώ για τη δέσμευση και μετάδοση της θερμότητας χρησιμοποιείτε ένα ρευστό. Σε κάποιο από αυτά η θερμοκρασία

αποθηκεύεται σε δεξαμενές νερού. Είναι πιο δαπανηρά και πιο πολύπλοκα από τα τύπου θερμοκηπίου γιατί απαιτείται καλή θερμική μόνωση, επιμελημένη κατασκευή, τοποθέτηση ηλιακού συλλέκτη και εγκαταστάσεων διακίνησης ή αποθήκευση της θερμότητας ή και ελέγχου συνθηκών.

Στα ξηραντήρια τύπου θερμοκηπίου αξιοποιείται ο χώρος τους για τη δέσμευση της ηλιακής ενέργειας και ο αέρας είναι το μοναδικό μέσο μετάδοσης της θερμότητας. Αυτά είναι απλές κατασκευές με οριζόντια η κεκλιμένη στέγη και έχουν προσανατολισμό με άξονα Ανατολής-Δύσης. Στο εσωτερικό υπάρχουν ηλεκτρικοί ανεμιστήρες με μικρή ισχύ ανατολικά και δυτικά οι οποίοι κανονίζουν την κυκλοφορία του αέρα στο εσωτερικό. Οι θυρίδες εξαερισμού που υπάρχουν συμβάλλουν στη μείωση της υγρασίας.

Ένα ηλιακό ξηραντήριο αποτελείται από πεδίο ηλιακών συλλεκτών, το οποίο απαρτίζεται από ηλιακούς συλλέκτες, εναλλάκτη πεδίου συλλεκτών δεξαμενής, και κύρια δεξαμενή νερού με σκοπό την αποθήκευση ενέργειας. Το θερμό νερό από την κύρια δεξαμενή αποθήκευσης κυκλοφορεί μέσω αντλίας σε έναν εναλλάκτη νερού-αέρα και αποδίδει θερμότητα στον αέρα ξήρανσης, μέρος του οποίου ανακυκλώνεται συνεχώς εσάς μέσα στο ξηραντήριο.



Σχήμα 1 (Μπελεσιώτης και Δεληγιάννη, 2002): Σχηματικό διάγραμμα ηλιακού συστήματος θέρμανσης νερού.

Στα ηλιακά ξηραντήρια η ξήρανση πιο γρήγορη από ότι στη φυσική, αλλά βραδύτερη σε σύγκριση με τη συνηθισμένη τεχνική ξήρανσης με τεχνητό θερμό και υγρό αέρα. Τα ηλιακά πλεονεκτούν γιατί το κόστος εγκατάστασης τους είναι μικρότερο και η λειτουργία απλούστερη και οικονομικότερη. Η αποδοτικότητά τους επηρεάζεται από τον τύπο, την κατασκευή (θερμική μόνωση) και την εποχή του έτους. Έρευνες έχουν δείξει ότι κυμαίνεται από 8% έως 45%. Ξήρανση με ηλιακή ενέργεια μπορεί να

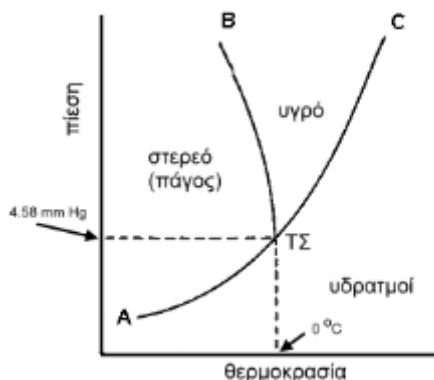
χρησιμοποιηθεί προπαρασκευαστικά πριν από την τελική ξήρανση ή σαν ξηραντήρα αφύγρανσης και συμπύκνωσης της υγρασίας 'de ehumi di fiers' οπότε η ξήρανση είναι πολύ ταχύτερη και εξαρτάται λιγότερο από το περιβάλλον. Γενικά είναι δυνατόν επιτευχθεί σημαντικό ποσοστό κάλυψης των ενεργειακών αναγκών ενός ξηραντήριου και η πρόσθετη ενέργεια που απαιτείται για να συμπληρώσει τα θερμικά φορτία που δεν καλύπτονται από την ηλιακή ενέργεια καλύπτονται από κάποιο συμβατικό καύσιμο (Μπαμπαλής,, 1999)

### 3.14.3 Μηχανική ξήρανση σε βιοχημική κλίμακα

Τεχνητή ξήρανση επιβάλλεται να χρησιμοποιηθεί όταν πρόκειται να ξεραθούν μεγάλες ποσότητες αρωματικών φυτών σε σύντομο χρονικό διάστημα και κάτω από οποιοσδήποτε καιρικές συνθήκες. Η τεχνική μηχανική ξήρανση δεν εξαρτάται αποκλειστικά από τη φυσική επαφή του προϊόντος με το περιβάλλον ενώ την ενέργεια που απαιτείται για την πραγματοποίησή της μπορεί να την βρει είτε από συμβατικά υγρά ή αέρια καύσιμα, είτε από εναλλακτικές πηγές ενέργειας όπως η ηλιακή. Για μεγάλες παραγωγές οι μέθοδοι είναι δύο: 1) η ξήρανση με λυοφυλωτές, 2) η ξήρανση με μικροκύματα.

#### 3.14.3.1 Λυοφίλωση (κρυοαφυδάτωση)

Είναι μία μέθοδος ξήρανσης κατά την οποία το νερό αφαιρείται από το φυτό μέσω της εξαχνώσεως του η οποία γίνεται όταν η τάση ατμών του νερού και η θερμοκρασία του διατηρούνται κάτω από το τριπλό σημείο. Το τριπλό σημείο αντιστοιχεί στην φάση όπου το νερό περνάει από την στερεή στην αέρια φάση (εξαχνωση) χωρίς να παρεμβληθεί η υγρή φάση. Για αυτό χρησιμοποιείται μία αντλία νερού. Στο Σχήμα 2 φαίνεται ότι το τριπλό σημείο του νερού είναι σε θερμοκρασία  $T_{T\sigma} = 0 \text{ }^{\circ}\text{C}$  και πίεση  $P_{T\sigma} = 610.5 \text{ Pa}$  ( $= 4.58 \text{ mm Hg}$ ). Η έννοια του τριπλού σημείου απεικονίζεται στο παρακάτω Σχήμα 2:



Σχήμα 2: Απεικόνιση τριπλού σημείου

Η Λυοφίλωση έχει τρία στάδια:

- κατάψυξη του φυτικού υλικού σε -70 βαθμούς Κελσίου
- πρωτογενής ξήρανση
- δευτερογενής ξήρανση, κατά την οποία μειώνεται η πίεση στο χώρο του θαλάμου ξήρανσης αποτέλεσμα να εξαπλώνεται ο πάγος που έχει δημιουργηθεί.

Στο τέλος της δεύτερης φάσης όλο το ελεύθερο νερό έχει απομακρυνθεί. Για να απομακρυνθεί και το δεσμευμένο νερό στο τέλος της διαδικασίας ρυθμίζεται η λειτουργία αντλίας κενού στο μέγιστο. Το πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι το προϊόν διατηρεί σε πάρα πολύ καλή κατάσταση το χρώμα, το άρωμα, τη γεύση και τις πτητικές του ουσίες. Το μειονέκτημα είναι το μεγάλο κόστος παραγωγής (Γαρδέλη, 2009).



Εικόνα 1 (Πολυσίου, 2008) - Λυοφιλιωτές για την ξήρανση αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών.

### **3.14.3.2 Ξήρανση με μικροκύματα**

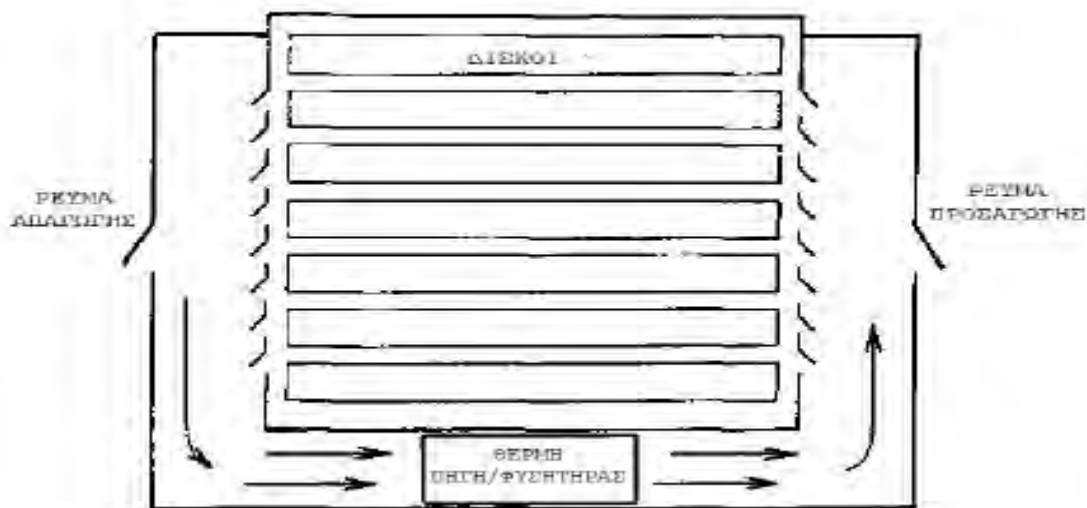
Είναι η μέθοδος στην οποία χρησιμοποιούνται ξηραντήρια μικροκυμάτων μέσα στο θάλαμο. Έχουν ταχύτατο ρυθμό ξήρανσης αλλά και μειονεκτήματα όπως η ανομοιόμορφη ξήρανση και η μη ελεγχόμενη θερμοκρασία, για αυτό συνδυάζεται και με άλλες μεθόδους (Zhang, 2006).

Επειδή όμως και οι δύο αυτές μέθοδοι έχουν υψηλό κόστος ερευνάται και η εφαρμογή άλλων μεθόδων όπως ξηραντήρια θαλάμων με δίσκους, περιστροφικά ξηραντήρια κ.λ.π.(Dutta, 2007).

### **3.14.3.3 Ξηραντήρας θαλάμων με δίσκους**

Είναι απλές κατασκευές και χρησιμοποιούνται αρκετά στη βιομηχανία. Το νωπό υλικό απλώνεται ομοιόμορφα σε δίσκους τύπου τελάρων είναι τοποθετημένοι ο ένας

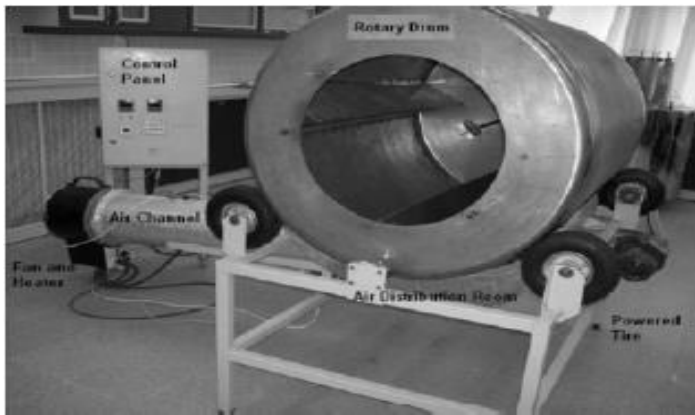
πάνω στον άλλο σε ράφια μέσα σε ένα καλά μονωμένο θάλαμο ξήρανσης. Ο αέρας θερμαίνεται από ένα θερμαντήρα και η κυκλοφορία του γίνεται με φυσική. Ένα μέρος του αέρα κυκλοφορεί ενώ το υπόλοιπο εξέρχεται από το θάλαμο. Η θερμοκρασία, η υγρασία και η ταχύτητα του αέρα μπορούν να ρυθμιστούν ανάλογα με το προϊόν ρυθμίζοντας τη ροή του αέρα, τον ρυθμό ανακυκλοφορίας του και την ισχύ του θερμαντήρα. Για την ρύθμιση της ανακυκλοφορίας του αέρα και της ταχύτητας χρησιμοποιούνται βάνες εκτροπής και συστήματα κατανομής καθ' ύψος του θαλάμου. Πρέπει να υπάρχει ομοιόμορφη ροή αέρα γιατί οποιαδήποτε διαταραχή της ροής προκαλεί ανομοιομορφία στην ξήρανση (Dutta, 2007). Τα ξηραντήρια θαλάμου είναι δύο ειδών: Ξηραντήρια παράλληλης ροής, όπου ο αέρας ξήρανσης διέρχεται παράλληλα με τα τελάρα και ξηραντήρια εγκάρσιας ροής όπου διέρχεται κάθετα σε αυτά. Τα εγκάρσιας ροής θέλουν λιγότερο χρόνο αφού ο αέρας έρχεται σε επαφή με μεγαλύτερη επιφάνεια φυτικού υλικού (Γαρδέλη, 2009).



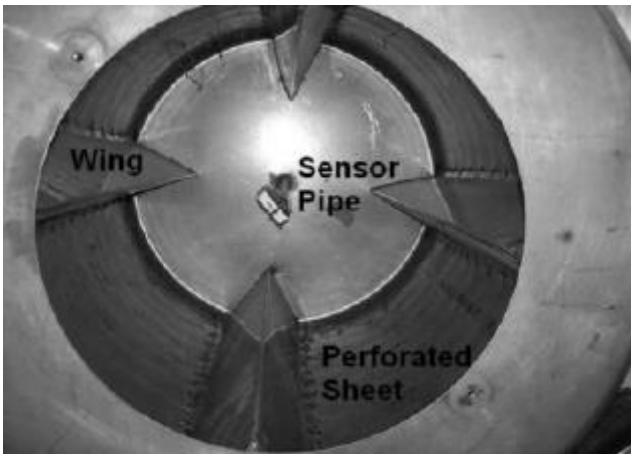
Σχήμα 3 : Τυπική διάταξη ξηραντήριου με δίσκους (παράλληλης ροής)

#### 3.14.3.4 Περιστροφικά ξηραντήρια

Τα περιστροφικά ξηραντήρια αποτελούνται από ένα περιστρεφόμενο σωληνωτό κύλινδρο (τύμπανο) από τον οποίο διέρχεται θερμός αέρας κατ' ομορροή ή κατ' αντιρροή σε σχέση με την εισαγωγή του νωπού προϊόντος. Στο εσωτερικό του κυλίνδρου προσαρμόζονται μεταλλικά πτερύγια διαφόρων διατάξεων και γεωμετρικών σχημάτων με στόχο τη μεγαλύτερη επιφάνεια επαφής του στέρεου με τον αέρα, την κυκλοφορία και την ανάμιξη του (Γαρδέλη, 2009).



Εικόνα 2: Περιστροφικό πιλοτικό ξηραντήριο



Εικόνα 3 : Εσωτερική όψη τυμπάνου (διακρίνονται τα μεταλλικά πτερύγια)

### 3.14.3.5 Ξήρανση υπό κατάψυξη

Αρχικά χρησιμοποιήθηκε στα 1940 για την παραγωγή ξηρού πλάσματος και αργότερα για την ξήρανση αντιβιοτικών και βιολογικών υλικών. Σήμερα εφαρμόζεται για την ξήρανση υλικών με υψηλά ποσοστά πτητικών ουσιών. Γίνεται υπό την επίδραση υψηλού κενού, 0,03 έως 3 mbar (Barbosa-Canovas, 1996).

## **ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ**

### **4.1 Φυτικό υλικό**

Για την διεξαγωγή του πειράματος συλλέχθηκε μία ποσότητα νωπού φασκόμηλου (*Salvia officinallis*), βάρους 3kg από εγκατεστημένη καλλιέργεια στο αγρόκτημα της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, στο Βελεστίνο, κατά τη χρονική περίοδο του Νοεμβρίου 2018. Όσον αφορά στο τριαντάφυλλο την άνοιξη του 2019 αγοράστηκε από παραγωγό στην περιοχή του Ρεθύμνου Κρήτης επαρκής ποσότητα στελεχών τριαντάφυλλου (*Rosa tr. Lovely Lydia*) προκειμένου να συγκεντρωθούν μπουμπούκια στο κατάλληλο στάδιο ανάπτυξης.

### **4.2 Μεταχειρίσεις**

#### **4.2.1 Μεταχείριση 1<sup>η</sup> : Φυσική ξήρανση**

Σε χώρο της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών που είχε επαρκή αερισμό, σταθερή θερμοκρασία 25 °C και χωρίς φωτισμό, τοποθετήθηκαν σε γυάλινα τριβλία 4 δείγματα φασκόμηλο βάρους 5g έκαστο και 4 δείγματα ανθέων τριανταφυλλιάς βάρους 1,5 g έκαστο. Τα δείγματα ζυγίζονταν με ζυγό ακριβείας κάθε 2 ημέρες μέχρι σταθεροποίησης του βάρους τους. Οι συνθήκες στο εσωτερικό του χώρου (θερμοκρασία και σχετική υγρασία του αέρα) καταγράφονταν με τη χρήση καταγραφικού με 2 αισθητήρες καταγραφής θερμοκρασίας και υγρασίας (usb data logger PeakTech) κάθε 15 min για όλο το διάστημα του πειράματος.

#### **4.2.2 Μεταχείριση 2<sup>η</sup> : Ξήρανση Φασκόμηλου σε θερμοκρασίες 43°C, 50°C, 55°C**

Σε χώρο της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών τοποθετήθηκαν σε γυάλινα τριβλία 4 δείγματα φασκόμηλο βάρους 5g έκαστο σε ξηραντήρα με ροή αέρα σταθερής θερμοκρασίας. Τα δείγματα ζυγίζονταν με ζυγό ακριβείας κάθε 3',5',10',15',20',30',45',60',90',120' μέχρι σταθεροποίησης του βάρους τους. Οι συνθήκες στο εσωτερικό του ξηραντήρα (θερμοκρασία και σχετική υγρασία του αέρα) καταγράφονταν με τη χρήση καταγραφικού με 2 αισθητήρες καταγραφής θερμοκρασίας και υγρασίας(usb data logger PeakTech) κάθε 15 min για όλο το διάστημα του πειράματος.



### **4.2.3 Μεταχείριση 3η : Ξήρανση Τριαντάφυλλου σε θερμοκρασίες 35°C, 45°C, 55°C**

Σε χώρο της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών τοποθετήθηκαν σε γυάλινα τριβλία 4 δείγματα ανθέων τριανταφυλλιάς βάρους 1,5 g έκαστο σε ξηραντήρα με ροή αέρα σταθερής θερμοκρασίας. Τα δείγματα ζυγίζονταν με ζυγό ακριβείας κάθε 3',5',10',15',20',30',45',60',90',120' μέχρι σταθεροποίησης του βάρους τους. Οι συνθήκες στο εσωτερικό του ξηραντήρα (θερμοκρασία και σχετική υγρασία του αέρα) καταγράφονταν με τη χρήση καταγραφικού με 2 αισθητήρες καταγραφής θερμοκρασίας και υγρασίας (usb data logger PeakTech) κάθε 15 min για όλο το διάστημα του πειράματος.

### **4.2.4 Ξηραντήρας**

Ο ξηραντήρας που χρησιμοποιήθηκε αποτελεί ένα θάλαμο ροής με ελεγχόμενη θερμοκρασία και ροή αέρα και βρισκόταν στο εργαστήριο ανθοκομίας του Τμήματος Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Στο θάλαμο αυτό τοποθετήθηκε ένα ηλεκτρικό θερμόμετρο για την παρακολούθηση της θερμοκρασίας, ένα ανεμόμετρο για την ένδειξη της ροής αέρα καθώς και ένα υγρασιόμετρο για την λήψη τιμών της υγρασίας. Όλες οι συσκευές μέτρησης ήταν τοποθετημένες εσωτερικά του θαλάμου και συνδεδεμένες με τον υπολογιστή.

### **4.2.5 Μέθοδοι ξήρανσης**

Για την διαδικασία ξήρανσης η θερμοκρασία του θαλάμου ήταν 43 °C , 50 °C, 55 °C για το φασκόμηλο και 35°C, 45 °C, 55 °C για το τριαντάφυλλο ανάλογα με την περίπτωση καθώς και η ταχύτητα του αέρα ήταν 1m/s. Σε 4 γυάλινα τριβλία σχηματίστηκε λεπτό στρώμα από φυτικά μέρη. Ζυγίστηκαν και τοποθετήθηκαν σε διάφορα σημεία στον ξηραντήρα. Οι ποσότητες φυτικού υλικού διαχωρίστηκαν ισόποσα και τοποθετήθηκαν σε αλουμινένια δοχεία. Καθ' όλη αυτή τη διαδικασία της ξήρανσης η απώλεια βάρους καταγράφηκε σε τακτά χρονικά διαστήματα (κάθε 3',5',10',15',20',30',45',60',90',120') μέσω της διαδικασίας ζύγισης. Η διαδικασία αυτή πιο αναλυτικά ήταν η εξής:

- Λήψη τριβλίου με λαβίδα από ξηραντήρα
- τοποθέτηση του τάχιστα σε γυάλινο ξηραντήρα με silica gel για εξισορρόπηση θερμοκρασίας
- χρήση ζυγαριάς ακριβείας
- επανατοποθέτηση στον ξηραντήρα

Το τέλος της ξήρανσης πραγματοποιήθηκε με τη σταθεροποίηση των τιμών βάρους και η περιεκτικότητα της υγρασίας ήταν 11%-12%.

#### **4.2.6 Προσδιορισμός χρώματος**

Χρησιμοποιήθηκαν 30 φύλλα φασκόμηλου και 30 πέταλα τριαντάφυλλου από κάθε μεταχείριση για τη μέτρηση χρώματος. Η μέτρηση πραγματοποιήθηκε με φωτόμετρο Minolta CR-400 Chroma Meter με περιοχή μέτρησης 8mm και χρήση λευκής πλάκας βαθμονόμησης και επαναλήφθηκε πέντε φορές για το κάθε φύλλο ή πέταλο. Τα σημεία επιφάνειας που επιλέχθηκαν για τη μέτρηση ήταν τυχαία τόσο στα νωπά όσο και στα ξηρά μέρη του φυτικού υλικού. Τέλος για την καταγραφή τους χρησιμοποιήθηκε ένα από τα πιο συνηθισμένα χρησιμοποιούμενα συστήματα για την αξιολόγηση χρώματος των αγροτικών προϊόντων το CIELAB ( $L^*a^*b$ ) και ( $L^*C^*h$ ). Οι δείκτες χρώματος που βασίζεται η συγκεκριμένη μέθοδος είναι ο δείκτης  $L^*$  που εκφράζει την φωτεινότητα, ο δείκτης  $a^*$  που δηλώνει την αναλογία του κόκκινου συγκριτικά με το πράσινο (κόκκινο/πράσινο), ο δείκτης  $b^*$  που αντιστοίχως δηλώνει την αναλογία του κίτρινου με το μπλε χρώμα (κίτρινο/μπλε), ο δείκτης του χρώματος (C) και τέλος ο δείκτης της γωνίας απόχρωσης (h).

#### **4.2.7 Παραλαβή αιθέριων ελαίων**

##### **Συλλογή δειγμάτων**

Για τον προσδιορισμό της περιεκτικότητας σε αιθέριο έλαιο πραγματοποιήθηκαν για κάθε μέθοδο ξήρανσης (φυσική, 43 °C, 50 °C και 55 °C) τρεις αποστάξεις σε νωπό και αποξηραμένο φυτικό υλικό. Και στις δύο περιπτώσεις χρησιμοποιήθηκαν τρία δείγματα και η διάρκειά της απόσταξης ήταν περίπου 60 λεπτά.

##### **Απόσταξη**

Χρησιμοποιήθηκε αποστακτική διάταξη τύπου Clevenger στην οποία το νερό ανακυκλώνεται, ενώ η φάση του αιθέριου ελαίου βρίσκεται υπερκείμενα του νερού και σταδιακά συγκεντρώνεται στο βαθμονομημένο σωλήνα το κύριο μέρος της συσκευής (Εικόνα 4)



Εικόνα 4 : Απόσταξη με ατμό με αποστακτική διάταξη τύπου Clevenger

Η αναλογία δρόγης απιονισμένου νερού που χρησιμοποιήθηκε ήταν 1:10. Πραγματοποιήθηκαν 3 αποστάξεις για κάθε μεταχείριση καθώς και για το νωπό προϊόν του κάθε φυτικού είδους. Το παραληφθέν αιθέριο έλαιο αποθηκεύτηκε σε θερμοκρασία 4°C σε σκουρόχρωμα φιαλίδια.

Η περιεκτικότητα των δειγμάτων σε αιθέριο έλαιο εκφράστηκε σε mL/ 100 g ξηρού βάρους σύμφωνα με τη Σχέση 1 :

$$\text{Απόδοση (\%)} = \frac{\text{mL αιθέριου ελαίου}}{\text{g δρόγης}} \cdot 100 \quad (1)$$

#### 4.2.8 Προσδιορισμός ολικών ανθοκυαννινών με τη μέθοδο διαφοροποίησης του pH

Οι ανθοκυάνες εκχυλίστηκαν σύμφωνα με την μέθοδο των Wrolstad et al, (2005). Αρχικά παρασκευάστηκε διάλυμα HCL 1% v/v, διάλυμα οξιμισμένης μεθανόλης 1% σύμφωνα με τον Ozgur (2017). Έπειτα όπως αναφέρει ο Lee et al (2005) παρασκευάστηκαν δύο ρυθμιστικά διαλύματα για τις ανθοκυάνες (buffer). Το πρώτο buffer είχε pH 1 και αποτελούνταν από χλωριούχο κάλιο (potassium chloride) 0,25 M, ενώ το δεύτερο είχε pH 4,5 και αποτελούνταν από οξικό νάτριο (sodium acetate trihydrate ) 0,4 M.

Τα προαναφερθέντα πέταλα τριαντάφυλλου για την περίπτωση των νωπών δειγμάτων και για την περίπτωση των αποξηραμένων δειγμάτων αντίστοιχα, εκχυλίστηκαν με οξιμισμένη μεθανόλη 1% σε υδατόλουτρο υπερήχων για 30 λεπτά

(Ozgur, 2017). Με το πέρας αυτής της διαδικασίας τα εκχυλίσματα τοποθετήθηκαν σε ψυχόμενη φυγόκεντρο για 10 λεπτά στα 10.000 rpm και ο τελικός όγκος παρασκευάστηκε προσθέτοντας την οξινισμένη μεθανόλη 1% στο υπερκείμενο υγρό σε ογκομετρική φιάλη των 50ml (Lee et al 2005). Με τον ίδιο τρόπο παρασκευάστηκαν τελικά δείγματα με λήψη όγκου 5ml δείγματος και αραιώθηκαν ξεχωριστά σε ρυθμιστικό διάλυμα χλωριούχου καλίου (KCL) 0,0025M (pH1) ρυθμιστικό διάλυμα οξικού νατρίου (NaOH) 0,4M (pH 4,5) (5 ml το καθένα) σύμφωνα με τις οδηγίες των Lee et al (2005). Έπειτα από 15 λεπτά παραμονής σε θερμοκρασία δωματίου, μετρήθηκε η απορρόφηση στα 500 nm και 700 nm με σπεκτροφωτόμετρο. Οι μετρήσεις απορρόφησης πραγματοποιήθηκαν σε θερμοκρασία δωματίου με χρήση απιονισμένου νερού ως τυφλό. Ο γενικός τύπος του οποίου υπολογίζεται η απορρόφηση είναι ο εξής:  $A = [(A_{520} - A_{700})_{pH1}] - [(A_{520} - A_{700})_{pH4,5}]$ . Ο προσδιορισμός της συνολικής περιεκτικότητας σε ανθοκυανίνες, υπολογίστηκε ως ισοδύναμα κυανιδίνης-3-γλυκοσίδης ως εξής:

Περιεκτικότητα σε ανθοκυανίνες (mg / g) =  $(A \times M.B \times \Pi.A \times T.O \times 10^3) / (\epsilon \times L \times m)$ , όπου:

- A: είναι η απορρόφηση
- M.B: είναι το μοριακό βάρος της κυανιδίνης-3-γλυκοσίδης (449,2 g/mol)
- Π.Α: είναι ο παράγοντας αραιώσης
- T.O: είναι ο τελικός όγκος (ml)
- $10^3$  : είναι ο συντελεστής μετατροπής από g σε mg
- $\epsilon$ : είναι ο μοριακός συντελεστής απόσβεσης ( $26900 \text{ L mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ )- γραμμομοριακή απορρόφηση της κυανιδίνης-3-γλυκοσίδης ( $26900 \text{ L mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ )
- L: είναι το μήκος της κυψελίδας (1 cm)
- m: είναι η μάζα δείγματος- βάρος των πετάλων (g).

### 4.3 Μετρήσεις

Στο συγκεκριμένο πείραμα μετρήθηκαν τα εξής:

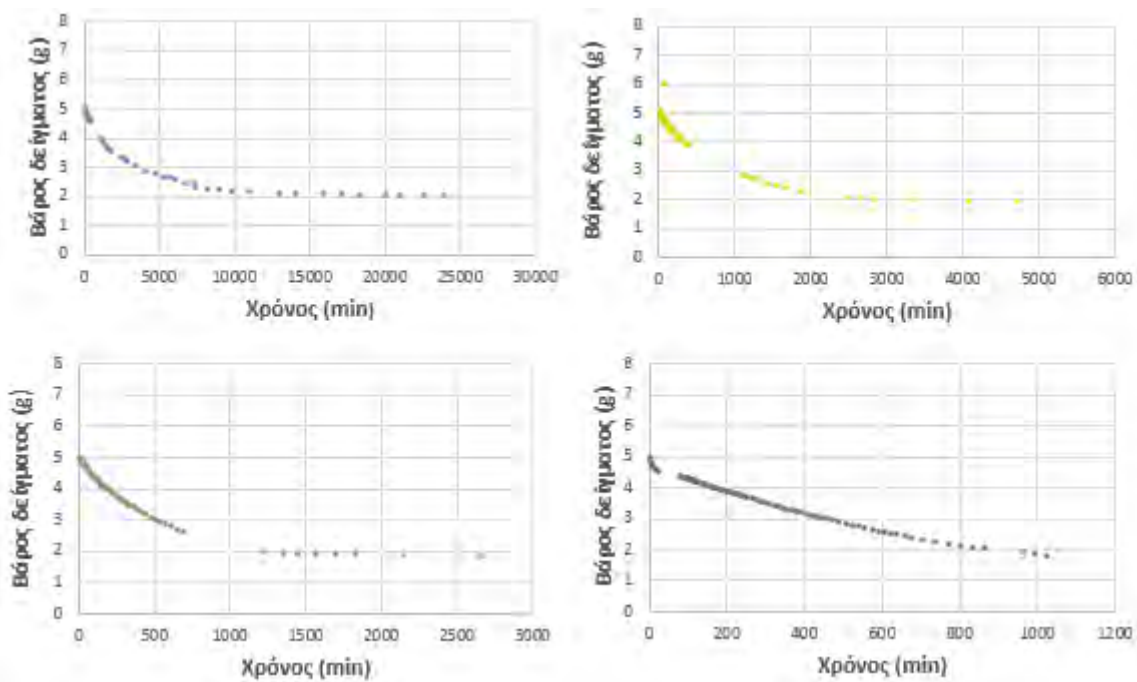
- Η περιεκτικότητα του νωπού δείγματος σε υγρασία στους 130°C σε φούρνο για 2 ώρες.
- Το χλωρό και το ξηρό βάρος των διαφορετικών φυτικών μερών πριν και μετά τη φυσική ξήρανση καθώς και την ξήρανση τους σε θερμοκρασίες των 43°C, 50°C, 55°C για το φασκόμηλο και των 35°C, 45°C, 55°C για το τριαντάφυλλο αντίστοιχα.

- Το χρώμα των φύλλων και των ανθέων του φασκόμηλου και του Τριαντάφυλλου αντίστοιχα με χρήση του φωτόμετρου Minolta CR-400 Chroma Meter, όπου καταγράφηκαν οι τιμές L,a,b,C,H και ο λόγος a/b σε 30 φυλλα και 30 πέταλα ανθέων για την κάθε μεταχείριση.
- Η περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο το νωπών και αποξηραμένων τμημάτων του φασκόμηλου με αποστακτική διάταξη τύπου Clavenger, πριν και μετά την κάθε μεταχείριση ξήρανσης (Φυσική, 43°C, 50°C, 55°C).
- Το σύνολο των ολικών ανθοκυανινών με τη μέθοδο διαφοροποίησης του pH τόσο για τα νωπά όσο και για τα ξηρά πέταλα του τριαντάφυλλου.

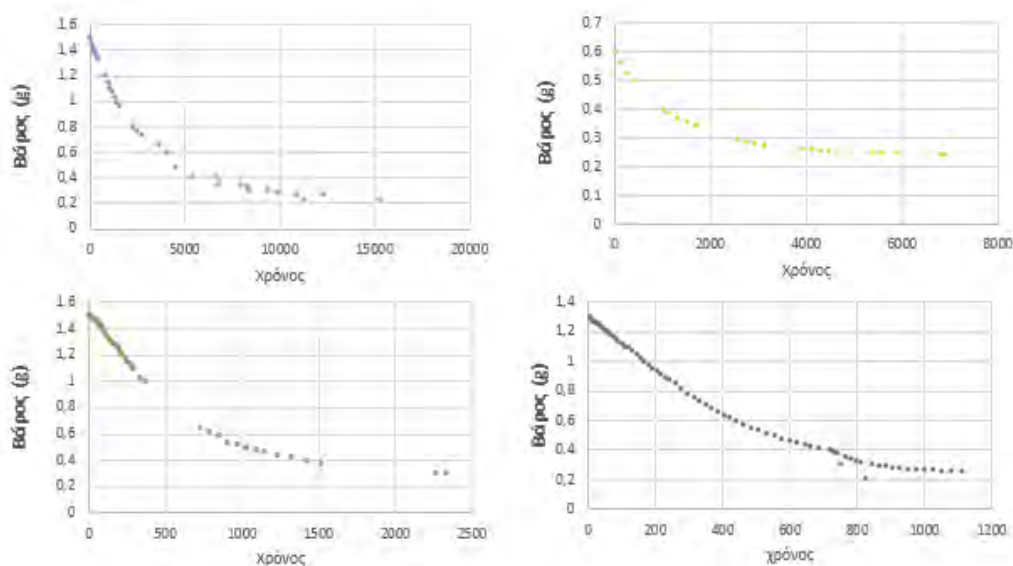
## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

### 5.1 Ξήρανση

Στα παρακάτω διαγράμματα (1) και (2) απεικονίζεται η μεταβολή του βάρους του φυτικού υλικού σε σχέση με τον χρόνο ξήρανσης της κάθε μεταχείρισης για το φασκόμηλο και τριαντάφυλλο. Αρχικά σε όλες τις περιπτώσεις είναι φανερό ότι ο ρυθμός απώλειας βάρους είναι πιο έντονος στα πρώτα 1000 λεπτά και έπειτα επιβραδύνεται. Σύμφωνα με τους Simal, Femenia, Lull-Rosello (2000) αυτό είναι αναμενόμενο καθώς η περιεκτικότητα υγρασίας είναι μεγαλύτερη στα πρώτα στάδια της ξήρανσης (νωπό). Σε αυτό το σημείο να αναφερθεί ότι ο ρυθμός της απώλειας βάρους όταν η ξήρανση γίνεται στους 55 °C (ρυθμός απώλειας βάρους: 0.030 g/min) είναι ταχύτερος από τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις [50 °C (ρυθμός απώλειας βάρους: 0.026 g/min) , έπειτα στους 43 °C (ρυθμός απώλειας βάρους: 0.013 g/min), και τέλος στη φυσική ξήρανση (ρυθμός απώλειας βάρους: 0.009 g/min)] καθώς η μεγαλύτερη ένταση της θερμοκρασίας οδηγεί σε ταχύτερη απώλεια υγρασίας (Akpinar, 2003, Senadeera, 2003). Με βάση αυτό ο ρυθμός απώλειας βάρους μετά την ξήρανση στους 55 °C (ρυθμός απώλειας βάρους: 0.030 g/min και τυπική απόκλιση 0,005) είναι μικρότερος στην ξήρανση στους 50 °C (ρυθμός απώλειας βάρους: 0.026 g/min και τυπική απόκλιση 0,010) , έπειτα στους 43 °C (ρυθμός απώλειας βάρους: 0.013 g/min και τυπική απόκλιση 0,0005), και τέλος στη φυσική ξήρανση (ρυθμός απώλειας βάρους: 0.009 g/min και τυπική απόκλιση 0,005) για το φασκόμηλο. Αντίστοιχα για το τριαντάφυλλο ο ρυθμός απώλειας βάρους είναι πολύ έντονος στην ξήρανση στους 55 °C και μειώνεται καθώς μειώνεται και η θερμοκρασία ξήρανσης. Συγκεκριμένα για τους 55 °C ο ρυθμός απώλειας βάρους: 0.0065 g/min και η τυπική απόκλιση 0,0022, για τους 45 °C ο ρυθμός απώλειας βάρους: 0.0053 g/min και τυπική απόκλιση 0,0007, για τους 35 °C ο ρυθμός απώλειας βάρους: 0.0013 g/min και τυπική απόκλιση 0,0006 και τέλος για την φυσική ο ρυθμός απώλειας βάρους: 0.0003 g/min και τυπική απόκλιση 0,0002). Επιπλέον παρατηρείται ότι το τελικό βάρος σε όλες τις μεταχειρίσεις είναι παρόμοιο αλλά σε διαφορετικό χρόνο (μικρότερης διάρκειας η ξήρανση στους 55 °C) γεγονός απόλυτα φυσιολογικό καθώς όσο μεγαλύτερη είναι η ένταση της θερμοκρασίας τόσο ταχύτερα απομακρύνεται η υγρασία. Σύμφωνα με αυτό είναι και πολλοί ερευνητές όπως οι Simal et al. (1996), Ozdemir και Devres (1999), Doymaz (2004) και Ertekin και Yaldiz (2004).



Διάγραμμα 1: Μάζα αποξηραμένου φασκόμηλου σε σχέση με το χρόνο επεξεργασίας με φυσική ξήρανση (■), με ξήρανση στους 43°C (■), στους 50°C (■) και 55°C (■) αντίστοιχα.



Διάγραμμα 2: Μάζα αποξηραμένου τριαντάφυλλου σε σχέση με το χρόνο επεξεργασίας με φυσική ξήρανση (■), με ξήρανση στους 35°C (■), στους 45°C (■) και 55°C (■) αντίστοιχα.

## 5.2 Χρώμα

Για την μελέτη της ποιότητας του χρώματος στα φυτά του φασκόμηλου και του τριαντάφυλλου είναι απαραίτητη μία αντικειμενική μέθοδος η οποία στηρίζεται στο σύστημα CIEL. Με βάση λοιπόν την συγκεκριμένη μέθοδο προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα:

### Φασκόμηλο :

Από τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό χρώματος στο φασκόμηλο με βάση μέθοδο CIEL προέκυψαν τα αποτελέσματα που φαίνονται στο Διάγραμμα 3, όπου οι 3 από τους 5 παράγοντες δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά.

Σχετικά με τον δείκτη της φωτεινότητας ( $L^*$ ) το αποτέλεσμα έδειξε πως και οι 3 μεταχειρίσεις με την υψηλή θερμοκρασία (43 °C, 50 °C, 55 °C) δεν επηρεάζουν αρκετά στη φωτεινότητα του χρώματος των φύλλων καθώς δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους. Παρατηρήθηκε όμως μια μικρή μείωση της φωτεινότητας του χρώματος των φύλλων στη μεταχείριση των 43 °C σε σχέση με το νωπό, πιθανότατα λόγω κάποιας υποτυπώδους και απροσδιόριστης αστοχίας της πειραματικής διαδικασίας. Σύμφωνα και με άλλους ερευνητές όπως ο Maskan (2011) η τιμή του δείκτη της φωτεινότητας είναι ανεξάρτητη από την ένταση της θερμοκρασίας και τη διάρκεια της μεταχείρισης. Επιπροσθέτως όλες οι υπόλοιπες μεταχειρίσεις δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά με τον νωπό δείγμα.

Σχετικά με τον δείκτη  $a^*$  το αποτέλεσμα έδειξε το νωπό δείγμα διαφέρει αρκετά με τις υπόλοιπες τέσσερις μεταχειρίσεις. Ο παράγοντας  $a$  (κόκκινο-πράσινο) όσο μεγαλύτερη τιμή έχει τόσο πιο κόκκινο είναι το χρώμα του δείγματος. Στο συγκεκριμένο πείραμα για παράδειγμα το νωπό δείγμα το οποίο χαρακτηρίζεται από έντονο πράσινο χρώμα επαληθεύει την τιμή  $a$ : -11, καθώς η συγκεκριμένη τιμή δηλώνει μικρό ποσοστό σε έντονο κόκκινο χρώμα του δείγματος. Όσον αφορά τις μεταχειρίσεις διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά λόγω της ιδιαιτερότητας του παράγοντα  $a$  να επηρεάζεται ακόμα και σε μικρές αλλαγές της θερμοκρασίας (Alibas, 2006) και παρατηρείται ότι όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία ξήρανσης τόσο μεγαλύτερη είναι και η τιμή του δείκτη  $a$ . Σύμφωνα με αυτό το αποτέλεσμα είναι και ο Alibas (2006) ο οποίος απέδειξε ότι όσο μεγαλύτερη η θερμοκρασία τόσο μεγαλύτερη και η τιμή του  $a$ .

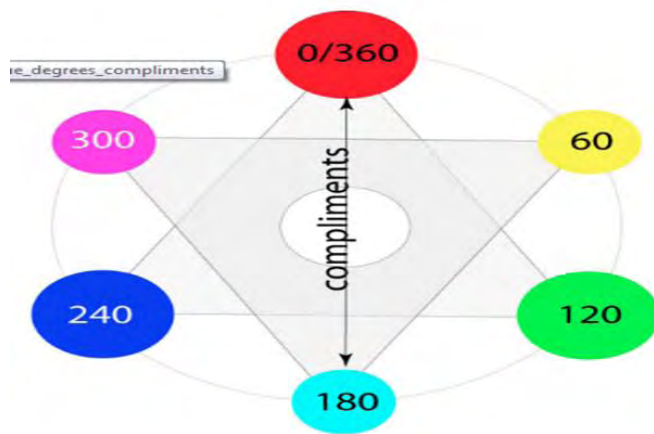
➤ Σχετικά με τον δείκτη  $b^*$  το αποτέλεσμα έδειξε ότι στο συγκεκριμένο πείραμα το νωπό δείγμα διαφέρει στατιστικώς σημαντικά με όλες τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις. Ο δείκτης  $b$  δηλώνει το κίτρινο-πράσινο. Συγκεκριμένα στα δείγματα που πραγματοποιήθηκε η ξήρανση ανεξαρτήτως διάρκειας και έντασης θερμοκρασίας παρατηρήθηκε αισθητή μείωση του δείκτη  $b$  σε σχέση με το νωπό προϊόν (η απότομη αύξηση της θερμοκρασίας οδηγεί στην αποικοδόμηση της χλωροφύλλης), η οποία ήταν όμοια για όλες τις μεταχειρίσεις καθώς δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους. Οι χαμηλές τιμές  $b$  δηλώνουν το κίτρινο χρώμα του δείγματος που υπάρχει στις 4 μεταχειρίσεις όπου πραγματοποιήθηκε ξήρανση με τις υψηλές θερμοκρασίες. Το πράσινο-κίτρινο χρώμα στα φύλλα οφείλεται στην ποσότητα



χλωροφύλλης a και b οι οποίες συνδέονται άμεσα με το μαγνήσιο (Sandra, Sargin, Chang 2013).

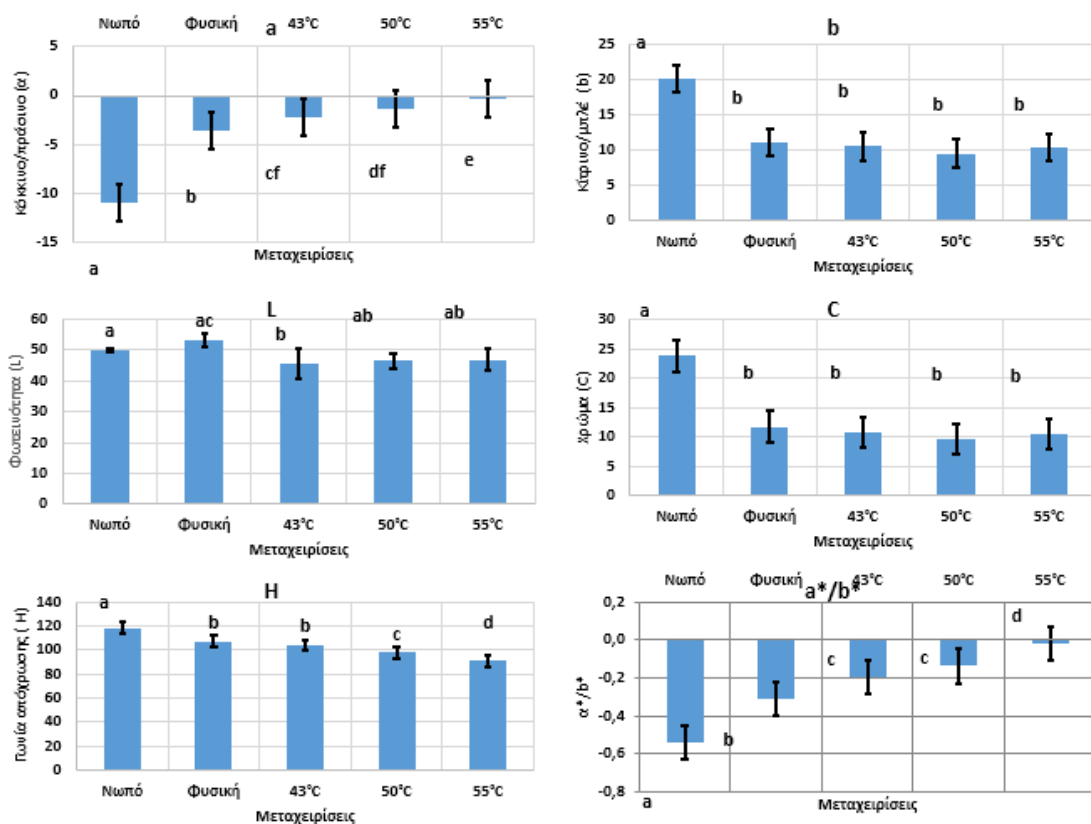
➤ Ο δείκτης C\* δηλώνει τον κορεσμό του χρώματος. Πιο αναλυτικά δείχνει το βαθμό έντασης αλλά και το θάμπωμα του χρώματος. Στο νωπό δείγμα η τιμή ήταν υψηλότερη από ότι στις άλλες μεταχειρίσεις και διέφερε στατιστικώς σημαντικά σε σχέση με τις 3 μεταχειρίσεις οι οποίες είναι όμοιες μεταξύ τους. Σε όλες τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις η τιμή του δείκτη C μειώθηκε. Οπτικά ο κορεσμός του χρώματος εκδηλώθηκε με την μετατροπή του χρώματος από έντονο πράσινο σε θαμπό καθώς άρχισε να αλλοιώνεται. Η διαφορά σε σχέση με το νωπό δείγμα ήταν ίδια για όλες τις μεταχειρίσεις ξήρανσης. Φάνηκε έτσι ότι τόσο η μικρής διάρκειας ξήρανση σε υψηλή θερμοκρασία όσο και η μεγαλύτερης διάρκειας ξήρανση σε χαμηλή θερμοκρασία είχαν την ίδια επίδραση στον κορεσμό του χρώματος. Με αυτό το αποτέλεσμα συμφωνούν και οι Arslan και Ozcan (2010) οι οποίοι απέδειξαν ότι η μεγάλης διάρκειας ξήρανση και οι χαμηλότερες σχετικά θερμοκρασίες οδηγούν σε ελάττωση της έντασης του χρώματος του δείγματος.

➤ Σχετικά με τον δείκτη h° παρατηρείται ότι όλες οι μεταχειρίσεις διαφέρουν μεταξύ τους στατιστικώς σημαντικά εκτός από τη φυσική ξήρανση και την ξήρανση στους 43°C. Στο νωπό δείγμα οι τιμές είναι κοντά στο 120 και υποδηλώνουν την πράσινη απόχρωση στο φύλλο. Όταν η θερμοκρασία είναι υψηλή παρατηρείται μείωση στον δείκτη h° αλλά δεν διαφέρει στατιστικώς σημαντικά με τις χαμηλότερες θερμοκρασίες. Επιπλέον στην ξήρανση στους 55°C παρατηρήθηκε h° =91.23, η οποία τιμή ήταν η μικρότερη από όλες. Αυτό το φαινόμενο είναι λογικό σύμφωνα με τους Therdthai-Zhou (2009), οι οποίοι διατύπωσαν ότι η υψηλή θερμοκρασία βοηθά στην αντικατάσταση του μαγνησίου με υδρογόνο για τη μετατροπή της χλωροφύλλης σε φαιοφυτίνη. Πρακτικά αυτό στηρίζει την αλλαγή του χρώματος από το έντονο πράσινο προς το κιτρινωπό-πράσινο. Συνολικά οι τιμές των αποτελεσμάτων μετά την ξήρανση δείχνουν κιτρινοπράσινο χρώμα το οποίο επαληθεύεται με βάση το οπτικό αποτέλεσμα και σύμφωνα με τις τιμές που διακρίνονται στην Εικόνα 4 :



Εικόνα (4): Οι αποχρώσεις όπως αποδίδονται από το σύστημα CIELAB σύμφωνα με τη τιμή  $h^\circ$  της γωνίας απόχρωσης.

➤ Σχετικά με το δείκτη  $a^*/b^*$  το αποτέλεσμα έδειξε πώς όλες οι μεταχειρίσεις διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους με εξαίρεση τις μεταχειρίσεις στους 43 °C και στους 50 °C. Ο λόγος  $a/b$  σχετίζεται πλήρως με τους παράγοντες  $a$  και  $b$ , ενώ παράλληλα επηρεάζεται μόνο από τη θερμοκρασία (Yangang, 2004).



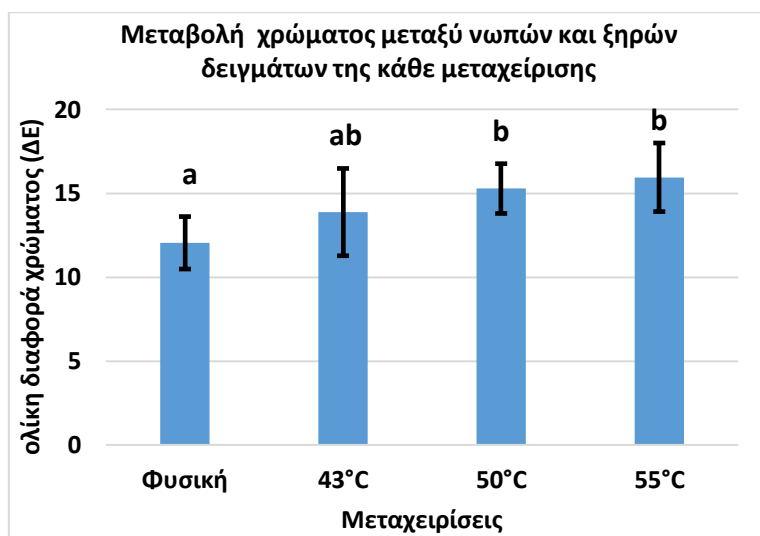
Διάγραμμα 3 : Μεταβολή της φωτεινότητας ( $L^*$ ), του πράσινου ( $a^*$ ), του κίτρινου ( $b^*$ ), της χρωματικής πυκνότητας ( $C^*$ ), της γωνίας απόχρωσης ( $h^\circ$ ) και του λόγου πράσινο / κίτρινο ( $a^*/b^*$ ) στα αποξηραμένα και τα

νωπά δείγματα. Οι κάθετες μπάρες δηλώνουν την τυπική απόκλιση (SD) των μέσων όρων (n=5). Τα διαφορετικά γράμματα δείχνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μέσων τιμών ( $p < 0,05$ ).

Παράλληλα, κρίθηκε αναγκαία η δημιουργία ενός διαγράμματος το οποίο θα αποτυπώνει τη συνολική διάφορα στο χρώμα της κάθε μεταχείρισης από τις υπόλοιπες όπου θα συγχωνεύονται όλοι αυτοί οι παράμετροι και θα μπορεί να γίνει πιο κατανοητό το τελικό αποτέλεσμα. Το αποτέλεσμα προέκυψε με χρήση της Σχέσης 2:

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(L_1^* - L_2^*)^2 + (a_1^* - a_2^*)^2 + (b_1^* - b_2^*)^2} \quad (2)$$

Στο Διάγραμμα 4 παρατηρείται ότι η φυσική ξήρανση του φασκόμηλου διαφέρει αρκετά από τις μεταχειρίσεις στους 50°C και 55°C, ενώ η μεταχείριση στους 43 °C δεν διαφέρει ούτε με την φυσική ξήρανση, ούτε με τις άλλες δύο, πράγμα που σημαίνει ότι στην ξήρανση στους 43°C υπάρχουν κοινά χαρακτηριστικά με τις υπόλοιπες τρεις. Επομένως η μεγαλύτερη διαφορά χρώματος παρουσιάστηκε στις υψηλότερες θερμοκρασίες ενώ η μικρότερη στη φυσική ξήρανση καθώς και στους 43°C.



Διάγραμμα 4 : Συνολική διαφορά του χρώματος στα αποξηραμένα δείγματα σε σχέση με τα νωπά. Οι κάθετες μπάρες δηλώνουν την τυπική απόκλιση (SD) των μέσων όρων (n=5). Τα διαφορετικά γράμματα δείχνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μέσων τιμών ( $p < 0,05$ ).

### Τριαντάφυλλο :

Πιο συγκεκριμένα οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό χρώματος στο τριαντάφυλλο σε όλες τις μεταχειρίσεις που έγιναν φαίνονται στο Διάγραμμα 5:

➤ Ο δείκτης L της φωτεινότητας φαίνεται πως μεταβάλλεται σημαντικά σε σχέση με το νωπό δείγμα κατά την ξήρανση στους 45°C και στους 55°C. Βέβαια, η ξήρανση

στους 45°C δεν διαφέρει ούτε από το νωπό δείγμα ούτε όμως και από τις ξηράνσεις στα υψηλότερα επίπεδα θερμοκρασίας. Αυτό που παρατηρήθηκε είναι ότι ο δείκτης μειώθηκε στις περιπτώσεις που ήταν μεγαλύτερη η θερμοκρασία, καθώς, η υψηλή θερμοκρασία συμβάλλει στη συγκέντρωση ή αποικοδόμηση των ανθοκυαννών η οποία παίζει καθοριστικό ρόλο για την αλλαγή του χρώματος (Maskan., 2001). Συγκεκριμένα το χρώμα μετατράπηκε από ροζ-κόκκινο σε μωβ ξεθωριασμένο στη φυσική και στους 35°C και σε έντονο ροζ στους 45°C και 55°C.

➤ Σχετικά με τον δείκτη  $a^*$  το νωπό δείγμα έχει τη μεγαλύτερη τιμή  $a$  καθώς το τριαντάφυλλο έχει έντονο ροζ χρώμα. Όλες οι μεταχειρίσεις διέφεραν από το νωπό δείγμα, με τη φυσική ξήρανση να παρουσιάζει τη μεγαλύτερη μείωση της τιμής του δείκτη  $a$  λόγω της μεγάλης διάρκειας της. Οι μεταχειρίσεις στους 35°C, 50°C και 55°C δεν παρουσίασαν διαφορές μεταξύ τους λόγω του ότι η διάρκεια τους ήταν πιο σύντομη. Συμπερασματικά η μικρότερη τιμή του  $a$  παρατηρήθηκε στη φυσική ξήρανση καθώς σύμφωνα με τους Arslan και Ozcan (2010) η μεγάλη διάρκεια ξήρανσης και η σχετικά χαμηλή θερμοκρασία οδηγεί σε ελάττωση της ερυθρότητας του δείγματος.

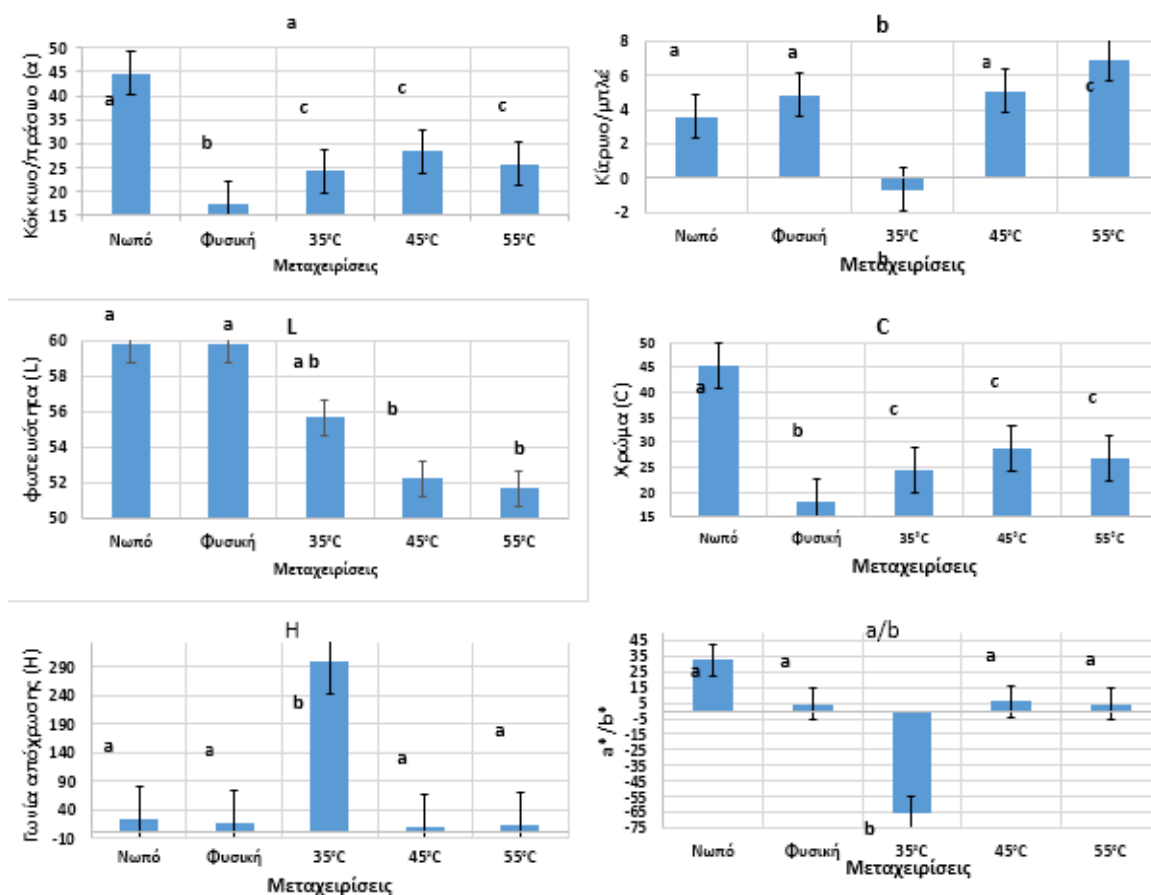
➤ Σχετικά με τον δείκτη  $b^*$  το νωπό δείγμα και το δείγμα της φυσικής ξήρανσης και της ξήρανσης στους 45°C δεν διαφέρουν μεταξύ τους αλλά διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά με τις υπόλοιπες δύο μεταχειρίσεις. Πιθανότατα οι θερμοκρασίες μεταξύ 50°C -55°C οδηγούν σε ταχύτερη αποικοδόμηση της χλωροφύλλης. Στην περίπτωση των τριών πρώτων μεθόδων βρίσκεται σύμφωνος ο Soysal (2004) ο οποίος θεωρεί ότι οι τιμές  $a$  και  $b$  δεν διαφέρουν από το νωπό δείγμα. Αντίθετα στην περίπτωση της ξήρανσης των 35°C βρίσκονται σύμφωνοι με την μικρή τιμή του  $b$  οι Arslan και Ozcan (2010). Και οι δύο απόψεις δυστυχώς δεν αιτιολογούνται εκτενέστερα από τους ερευνητές.

➤ Η παράμετρος του κορεσμού στο χρώμα συμβολίζεται με τον δείκτη  $C$ . Συγκεκριμένα οι τιμές του δείκτη  $C$  στις μεταχειρίσεις των 35°C, 45°C, 55°C δεν διαφέρουν μεταξύ τους. Φαίνεται από τα αποτελέσματα ότι ο κορεσμός του χρώματος μειώθηκε εξίσου στις υψηλότερες θερμοκρασίες σε σχέση με το νωπό δείγμα ενώ παράλληλα το δείγμα της φυσικής ξήρανσης παρουσίασε τη μεγαλύτερη μείωση. Το γεγονός αυτό έρχεται σε αντίθεση με τους Ahmandi, Chenarban (2012) οι οποίοι πιστεύουν ότι η μεγαλύτερη διαφορά στον κορεσμό του χρώματος πραγματοποιείται όταν η θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη.

➤ Σχετικά με τον δείκτη  $h^\circ$  παρατηρήθηκε ότι δεν μεταβλήθηκε η τιμή του για τις μεταχειρίσεις της φυσικής ξήρανσης και της ξήρανσης στους 45°C και 55°C αντίστοιχα ενώ το δείγμα της ξήρανσης στους 35°C παρουσίασε μεγάλη αύξηση της τιμής  $h^\circ$ . Το

αποτέλεσμα αυτό αιτιολογείται από τους Arslan και Ozcan (2010) που απέδειξαν ότι η μεγάλης διάρκειας ξήρανση σε χαμηλές σχετικά θερμοκρασίες οδηγεί σε ελάττωση της έντασης της ερυθρότητας του χρώματος καθώς το φυτό παραμένει σε κατάσταση stress για περισσότερο χρόνο. Στους 35°C η τιμή του h είναι 300 που υποδεικνύει πιο μωβ αποχρώσεις του τριαντάφυλλου ενώ οι υπόλοιπες τιμές είναι από 10°-25° που υποδεικνύει αποχρώσεις πιο έντονου ροζ βάση του κυκλικού διαγράμματος απεικόνισης χρωμάτων 360°.

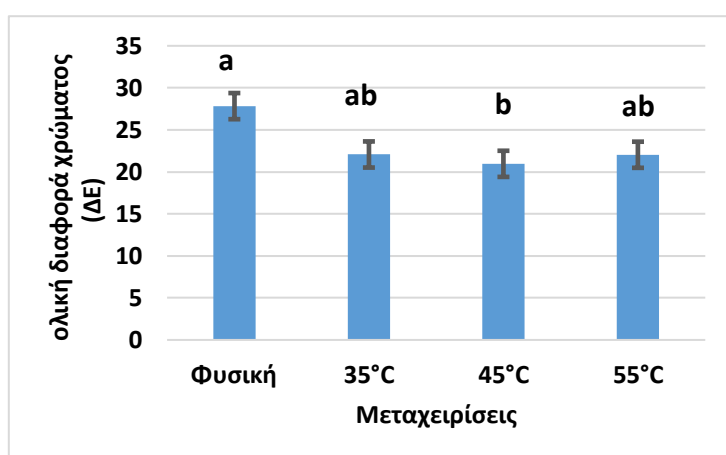
➤ Σχετικά με τον λόγο  $a^*/b^*$  παρατηρείται ομοιότητα με το νωπό σε όλες τις μεταχειρίσεις, εκτός από εκείνη της ξήρανσης στους 35°C η οποία εκτιμάται πως είναι η κρίσιμη θερμοκρασία σχετικά με την ικανότητα των φυτών να διατηρήσουν τα υψηλά επίπεδα χλωροφύλλης. Ο λόγος  $a/b$  σχετίζεται πλήρως με τους παράγοντες a και b, ενώ παράλληλα επηρεάζεται μόνο από τη θερμοκρασία (Yanyang, 2004).



Διάγραμμα 5 : Μεταβολή της φωτεινότητας (L\*), του πράσινου (a\*), του κίτρινου (b\*), της χρωματικής πυκνότητας (C\*), της γωνίας απόχρωσης (h°) και του λόγου πράσινου / κίτρινου (a\*/b\*) στα αποξηραμένα δείγματα σε σχέση με τα νωπά. Οι κάθετες μπάρες δηλώνουν την τυπική απόκλιση (SD) των μέσων όρων (n=5). Τα διαφορετικά γράμματα δείχνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μέσων τιμών (p < 0,05).

Ομοίως με την περίπτωση του φασκόμηλου πραγματοποιήθηκε χρήση της Σχέσης 2 και στο τριαντάφυλλο και κατ' επέκταση προέκυψε το παρακάτω διάγραμμα.

Με βάση το Διάγραμμα 6 παρατηρείται ότι η φυσική ξήρανση του τριαντάφυλλου διαφέρει με την ξήρανση στους 45°C, ενώ η ολική διαφορά χρώματος της ξήρανσης στους 45°C δεν διαφέρει από τα αποτελέσματα των δειγμάτων στους 35°C και 55°C. Με βάση την ολική διαφορά χρώματος γίνεται αντιληπτό ότι η μικρότερη μεταβολή του χρώματος (ΔΕ) παρουσιάστηκε στην περίπτωση της ξήρανσης στους 45°C χωρίς όμως να διαφέρουν σημαντικά και οι μεταχειρίσεις στους 35°C και 55°C.

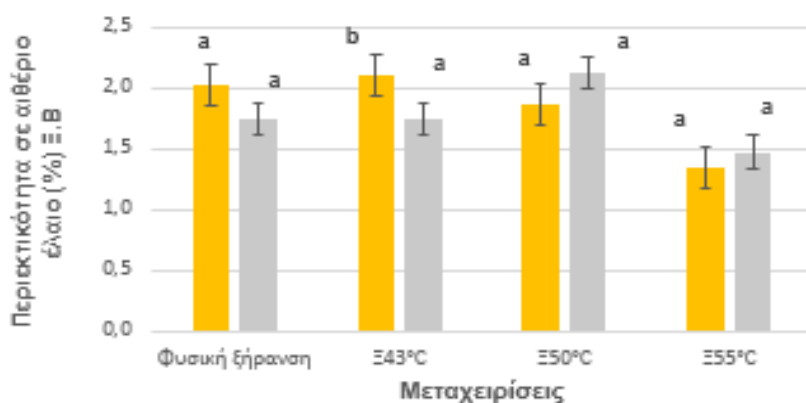


Διάγραμμα 6 : Συνολική διαφορά του χρώματος στα αποξηραμένα δείγματα σε σχέση με τα νωπά. Οι κάθετες μπάρες δηλώνουν την τυπική απόκλιση (SD) των μέσων όρων (n=5). Τα διαφορετικά γράμματα δείχνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μέσων τιμών ( $p < 0,05$ ).

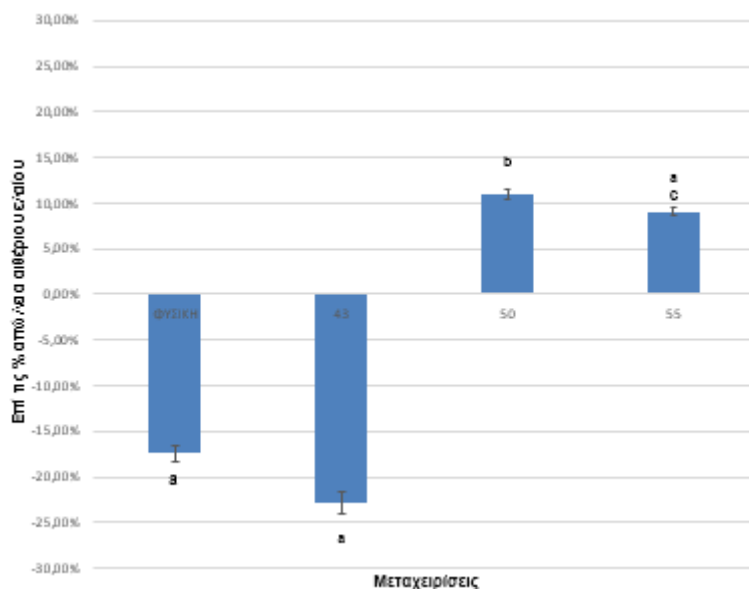
### 5.3 Περιεκτικότητα αιθέριου ελαίου στο φασκόμηλο

Τα αποτελέσματα (Διάγραμμα 7) έδειξαν πως σε κάθε μεταχείριση δεν παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά στην περιεκτικότητα των αιθέριων ελαίων (στην σύγκριση νωπού και ξηρού δείγματος της ίδιας μεταχείρισης) εκτός από την περίπτωση της μεταχείρισης στους 43°C. Στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι εμφανές ότι υπάρχει διαφορά στην περιεκτικότητα του ελαίου και μάλιστα φαίνεται πως η συγκεκριμένη θερμοκρασία αύξησε την περιεκτικότητα επί τις % του ελαίου σε υψηλά επίπεδα (22%), καθώς σύμφωνα με τον Rocha et. al (2011) οι χαμηλές θερμοκρασίες ξήρανσης (35°C-45°C) σε συνδυασμό με τη μεγάλη διάρκεια παραμονής σε συνθήκες ξήρανσης οδηγεί σε αύξηση της ενζυμικής δραστηριότητας και κατ' επέκταση στην καθυστέρηση της καταστροφής των αδένων παραγωγής αιθέριου ελαίου στα φύλλα. Με βάση αυτό βγαίνει το συμπέρασμα πως και η φυσική ξήρανση αύξησε την περιεκτικότητα στο αιθέριο έλαιο αλλά όχι σε σημαντικά επίπεδα (17%) καθώς η θερμοκρασία περιβάλλοντος ήταν μικρότερη των 30°C. Επιπλέον ο Rocha et. al

(2011) προσθέτει ότι οι αυξημένες θερμοκρασίες (>50°C) προκαλούν ελαφρώς δυσμενείς επιπτώσεις στην συγκέντρωση του ελαίου και έτσι αιτιολογεί το παρόν αποτέλεσμα, δηλαδή την μικρή μείωση της περιεκτικότητας αιθέριου ελαίου στις μεταχειρίσεις των 50°C (απώλεια 11%) και 55°C (απώλεια 9%). Σύμφωνα σε αυτό είναι ο Shahhoseini (2013) ο οποίος πιστεύει ότι η αύξηση της θερμοκρασίας οδηγεί στη μείωση του αιθέριου ελαίου και πώς η εξήγηση αυτής της συμπεριφοράς μπορεί να σχετίζεται στο γεγονός ότι, κατά τη διάρκεια της ξηραντικής μεταφοράς, το ρεύμα αέρα επιτρέπει στα πτητικά σωματίδια να εξατμιστούν εύκολα και ταυτόχρονα προκαλείται ρήξη των αδένων. Δίνοντας βαρύτητα στο Διάγραμμα 8 είναι εμφανές πως η μεταχείριση στους 50°C οδήγησε σε τέτοια απώλεια αιθέριου ελαίου η οποία διαφέρει στατιστικώς σημαντικά με τις υπόλοιπες τρεις (όμοιες μεταξύ τους). Με τα παραπάνω αποτελέσματα βρέθηκαν σύμφωνοι και άλλοι ερευνητές όπως ο Sellami 2011 οι οποίοι υποστηρίζουν πως η θερμοκρασία των 50°C αποτελεί την κρίσιμη θερμοκρασία κατά την οποία το φυτό δεν μπορεί να συγκρατήσει στους πόρους του τα αιθέρια έλαια και ως αποτέλεσμα αυτού παρατηρήθηκε η μεγαλύτερη απώλεια αιθέριου ελαίου.



Διάγραμμα 7: Μέσος όρος περιεκτικότητας σε αιθέριο έλαιο εκφρασμένο ως ποσοστό επί της ξηράς ουσίας σε νωπά(■)και αποξηραμένα δείγματα(■). Οι κάθετες μπάρες δηλώνουν την τυπική απόκλιση (SD) των μέσων όρων (n=3). Τα διαφορετικά γράμματα δείχνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μέσω τιμών (p < 0,05).



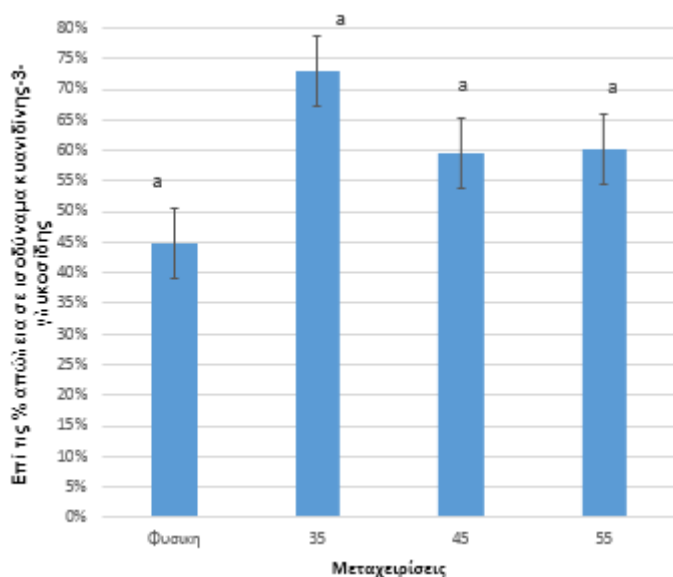
Διάγραμμα 8: Προσδιορισμός της απώλειας σε αιθέριο έλαιο τις %, ανά 100g ξηράς ουσίας.

#### 5.4 Περιεκτικότητα ανθοκυανινών στο τριαντάφυλλο

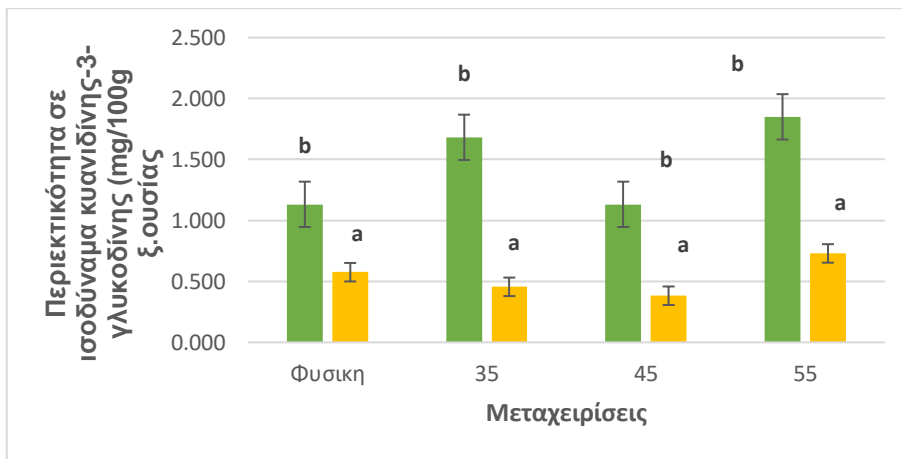
Στο παρακάτω Διαγράμματα (Διάγραμμα 9 και Διάγραμμα 10) απεικονίζεται η περιεκτικότητα σε ισοδύναμα κυανιδίνης/ γλυκοσίδης ανά 100 (g) γραμμάρια ξηράς ουσίας. Αξίζει να σημειωθεί ότι επιλέχθηκε η συγκεκριμένη ανθοκυανίνη καθώς είναι πιο κοινή χρωστική ουσία στη φύση (Francis, 1989). Παρατηρώντας το Διάγραμμα 10 γίνεται αντιληπτό πώς τα αποξηραμένα δείγματα (χρώματος θαμπού μωβ-ροζ) τόσο μεταξύ τους όσο και σε κάθε μεταχείριση μεμονωμένα (σύγκριση νωπού και ξηρού κάθε μεταχείρισης) έχουν μικρότερη περιεκτικότητα σε ανθοκυανίνες από τα νωπά δείγματα (έντονο ροζ χρώμα), γεγονός που έρχεται σε αντίθεση με τον ερευνητή Kumari (2017), ο οποίος πιστεύει πως το πιο έντονο χρώμα πετάλων θα πρέπει να έχει χαμηλότερη περιεκτικότητα σε ανθοκυανίνες. Σε αντίθεση με τον προαναφερθέντα ερευνητή οι επιστήμονες Ozgen (2010) και Suzan (2011) απέδειξαν ότι τα πιο έντονα πέταλα έχουν μεγαλύτερη αντιοξειδωτική δράση και επομένως μεγαλύτερη συγκέντρωση ανθοκυανινών, καθώς οι δύο αυτές παράμετροι μεταβάλλονται αναλόγως. Ιδιαίτερη έμφαση πρέπει να δοθεί στο πώς επηρεάστηκε ποσοστικά η συγκέντρωση ανθοκυανινών μετά από την κάθε μεταχείριση, δηλαδή να συγκριθεί το νωπό δείγμα με το αντίστοιχο ξηρό σε σχέση με την περιεκτικότητα ανθοκυανινών. Σύμφωνα με τον Skerde (1992) η μεγαλύτερη απώλεια (72%) παρουσιάζεται στη μεταχείριση των 35°C, καθώς η έκθεση των φυτών σε ενδιάμεσες θερμοκρασίες (30°C-40°C) επιτρέπει την διατήρηση του ασκορβικού οξέος σε τέτοια επίπεδα που επιταχύνεται η αποικοδόμηση των ανθοκυανινών. Σχετικά με την μεταχείριση της φυσικής ξήρανσης παρατηρήθηκε η μικρότερη απώλεια (45%) καθώς το γεγονός ότι



οι ανθοκυανίνες παραμένουν για μεγάλο χρονικό διάστημα περιβαλλόμενες από νερό (υψηλή υγρασία για μεγάλο χρονικό διάστημα, η οποία μειωνόταν με πιο αργό ρυθμό λόγω χαμηλής θερμοκρασίας), προκάλεσε τη συσσώρευση των ανθοκυανινών (Park 2015). Επιπρόσθετα στις άλλες δύο μεταχειρίσεις (ξηρανση στους 45°C και 55°C) παρατηρείται ομαλή μείωση των ανθοκυανινών περίπου στο 50% και 60% αντίστοιχα, η οποία επηρεάστηκε είτε έμμεσα μέσω της πολυφαινολοξειδάσης και οξειδάσης είτε άμεσα λόγω των ενζύμων της γλυκοσιδάσης σύμφωνα με τον επιστήμονα Skerde το 1992. Εστιάζοντας στο Διάγραμμα 9 γίνεται αντιληπτό το γεγονός ότι παρά τα διαφορετικά επίπεδα απώλειας σε ανθοκυανίνες μεμονωμένα σε κάθε περίπτωση είναι εμφανές πως δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά οι μεταχειρίσεις μεταξύ τους σχετικά με την συγκέντρωση ανθοκυανινών λόγω της παρουσίας ισομερών μορφών των ίδιων χρωστικών σύμφωνα με την ομάδα επιστημόνων του Delgado-Vargas και Pareles-Lopez (2002). Το ίδιο αποτέλεσμα με διαφορετική αιτιολογία παρουσιάζουν και οι Anderson και Francis (2004), οι οποίοι θεωρούν πως το φαινόμενο αυτό οφείλεται στη γλυκοσιδιακή υποκατάσταση στις θέσεις 3 και 5 (ανθράκων) και στην πιθανή ακυλίωση υπολειμμάτων σακχάρων με οργανικά οξέα.



Διάγραμμα 9: Προσδιορισμός της απώλειας σε ισοδύναμα κυανιδίνης-3-γλυκοσίδης σε πέταλα ανθέων τριαντάφυλλου (%), ανά 100g ξηράς ουσίας



Διάγραμμα 10: Προσδιορισμός της απώλειας σε ισοδύναμα κυανιδίνης-3-γλυκοσίδης σε πέταλα ανθέων τριαντάφυλλου (%), ανά 100g ξηράς ουσίας Μέσος όρος περιεκτικότητας σε ισοδύναμα κυανιδίνης-3-γλυκοσίδης εκφρασμένο ως ποσοστό επί τα 100 της ξηράς ουσίας σε νωπά(■) και αποξηραμένα δείγματα(■) Οι κάθετες μπάρες δηλώνουν την τυπική απόκλιση (SD) των μέσων όρων (n=3). Τα διαφορετικά γράμματα δείχνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μέσων τιμών ( $p < 0,05$ )

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με βάση όσα αναφέρθηκαν στα αποτελέσματα αλλά και στην συζήτηση που ακολούθησε εξήχθησαν χρήσιμα συμπεράσματα για τον προσδιορισμό των ποιοτικών χαρακτηριστικών διαφορετικών φυτικών μερών φασκόμηλου και τριαντάφυλλου που αποξηράθηκαν σε διαφορετικά επίπεδα θερμοκρασίας. Συγκεκριμένα τα αποτελέσματα μας έδειξαν ότι:

➤ Ιδανικότερη θερμοκρασία ξήρανσης σε σχέση με την απώλεια βάρους του φυτικού υλικού είναι η μεταχείριση στη θερμοκρασία των 55°C καθώς αυτή η μεταχείριση σε μικρότερο χρόνο είχε τα ίδια αποτελέσματα με τις υπόλοιπες ξηράσεις χωρίς να προκαλέσει κάποιο αρνητικό σύμπτωμα στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του φυτού.

➤ Αναλύοντας μεμονωμένα τον κάθε δείκτη χρώματος, το χρώμα στο φασκόμηλο επηρεάστηκε ιδανικότερα στη μεταχείριση των 55°C (οι δείκτες L,b,C ανεξάρτητοι από την διαφορά θερμοκρασίας, ενώ οι δείκτες a,h παρουσίασαν βελτίωση).

➤ Αναλύοντας μεμονωμένα το κάθε δείκτη χρώματος, το χρώμα στο τριαντάφυλλο επηρεάστηκε ιδανικότερα στη μεταχείριση των 55°C όπου διατηρήθηκε η ένταση της ερυθρότητας και προκλήθηκε η μικρότερη διαφορά στον κορεσμό.

➤ Το φασκόμηλο αύξησε την περιεκτικότητα του σε αιθέριο έλαιο μόνο στην μεταχείριση των 43°C καθώς οι υψηλές θερμοκρασίες οδηγούν σε μεγαλύτερη απώλεια αιθέριου ελαίου λόγω αδυναμία συγκράτησης του αιθέριου ελαίου στους πόρους.

➤ Ιδανικότερη συγκέντρωση ανθοκυανινών παρατηρήθηκε στη φυσική ξήρανση λόγω παραμονής των ανθοκυανινών για μεγάλο χρονικό διάστημα περιβαλλόμενος από νερό, γεγονός που προκαλεί την συσσώρευση τους.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### ➤ Ελληνική Βιβλιογραφία

- ❖ Βογιατζή-Καμβούκου Ε., 2004. Επιλογή Αρωματικών και Φαρμακευτικών Φυτών. Σύγχρονη Παιδεία
- ❖ Βογιατζή Καμβούκου., 2010. Αρωματικά και Ελαιούχα Φυτά.
- ❖ Βογλη Ε., Νασίου Χ., 1999. Μέθοδοι Αποξήρανσης Ανθεών. ΤΕΙ Μεσολογγίου Σχολή Τεχνολόγων Γεωπονίας Τμήμα Θερμοκηπίων Καλλιέργειών & Ανθοκομίας. Πτυχιακή εργασία, σελ 9-15
- ❖ Γαρδέλη Χ., 2009. Μελέτη της Χημικής Σύστασης Αιθέριων Ελαίων ορισμένων Αρωματικών Φυτών της Ελληνικής Χλωρίδας. Διδακτορική Διατριβή. Αθήνα
- ❖ Δόρδας Χ., 2009. Συμπληρωματικές σημειώσεις για το μάθημα των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, τομέας φυτών μεγάλης καλλιέργειας και οικολογίας εργαστήριο γεωργίας.
- ❖ Κανταρτζής Ν., 1991-2002. Ανθοκομία, τόμοι 1-12, Αθήνα.
- ❖ Κασιώτης Σ., Χατζοπούλου Π., 2010. Αρωματικά Φαρμακευτικά Φυτά και Αιθέρια Έλαια, Αθήνα.
- ❖ Κοτσερίδης Γ., 2006. Σημειώσεις/Εργαστηριακές Ασκήσεις Οινολογίας. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.
- ❖ Κουράκου Σ., 1998. Θέματα Οινολογίας. Εκδόσεις Τροχαλίας, Αθήνα, 402 σελ.
- ❖ Λίγγα Κ., 2000. Φαρμακευτικά και Αρωματικά Φυτά της Ελλάδας, Αθήνα
- ❖ Μερτζανίδης Δ., 2015. Βιοποικιλότητα Αρωματικών Φυτών της Ελληνικής Χλωρίδας: Καταγραφή των Αιθερίων Ελαίων των *Origanum*, *Satureja*, *Thymbra* και *Thymus*. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Βιολογίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 90 σελ.
- ❖ Μπαμπαλής Σ., Μαθιουλάκης Ε., Μπελεσιώτης Β., Σωτηρόπουλος Β., 1999. Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Παραμέτρων σε Ξηραντήρια Αγροτικών Προϊόντων. 6<sup>ο</sup> Εθνικό Συνέδριο ΙΗΤ, Βόλος 6-8 Νοεμβρίου 1999, τόμος Β', 21-28
- ❖ Μπαμπαλής Σ., Μαθιουλάκης Ε. και Μπελεσιώτης Β., 2002. Διερεύνηση της Χρήσης Ηλιακής Ενέργειας για την Κάλυψη Μέρους των Θερμικών Αναγκών κατά την Μηχανική Ξήρανση Αγροτικών Προϊόντων. 7<sup>ο</sup> Εθνικό Συνέδριο ΙΗΤ, Πάτρα 6-8 Νοεμβρίου 2002, τόμος Β', 259-268

- ❖ Μπελεσιώτης Β., Δεληγιάννη Ε., 2009. Μέθοδοι Και Συστήματα Ξήρανσης– Αρχές Διεργασιών Ξήρανσης. Έκδοση Εκεφε “Δημοκριτος”.Αθήνα
- ❖ Παπαναγιώτου Ε., Παπανικολάου Κ., Ζαμανίδης Σ., 2001. Η καλλιέργεια των Αρωματικών και Φαρμακευτικών Φυτών στην Ελλάδα. Γεωργία και Κτηνοτροφία1, 36-42.
- ❖ Πιερρακέας Α.,1971. Πολύτιμα Βιομηχανικά Αρωματικά Φυτά, Αθήνα,Σπύρου
- ❖ Πολυσίου Μ., 2008. Αρωματικά και Φαρμακευτικά Φυτά. Προσδοκίες για Αγρότες και Μεταποιητές του Ν. Καρδίτσας. Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Καρδίτσας
- ❖ Ραττατζίκος Γ., 1990. Τα Αρωματικά και Φαρμακευτικά Φυτά στην Ελλάδα. Π. Αγροτική 30:9-13, 31:16-17 και 32:13-18.
- ❖ Σαρλής Γ., 1991. Αρωματικά και Φαρμακευτικά Φυτά. Αθήνα.
- ❖ Σαρλής Γ.,1994. Αρωματικά και Φαρμακευτικά Φυτά, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα
- ❖ Σκρουμπής Β., 1985. Αρωματικά και Φαρμακευτικά Φυτά και Αιθέρια Έλαια, Θεσσαλονίκη. Γιαχούδη-Γιαπούλη.
- ❖ Σκρουμπής Β., 1998. Αρωματικά, Φαρμακευτικά και Μελισσοτροφικά Φυτά της Ελλάδας. Αγρότυπος.
- ❖ Σταυρακάκης Ν., 2004. Γενική Αμπελουργία, Πανεπιστημιακές Παραδόσεις. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.
- ❖ Τουρλούμης Χρ. 2015. Ίδρυση ανάπτυξη και στρατηγικός σχεδιασμός start up επιχειρήσης με αντικείμενο την καλλιέργεια και επεξεργασία αρωματικών φυτών. Πανεπιστήμιο Μακεδονίας. Διπλωματική διατριβή , 16-18 σελ
- ❖ Τσάτσα Γ., 2004. Επίδραση του Επιπέδου Αρδεύσεις και της Εποχής Συγκομιδής στο Αιθέριο Έλαιο του Βασιλικού (*Ocimum basilicum* L.). Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος. Μεταπτυχιακή διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, 86 σελ.
- ❖ Τσιουρή Μ., 2015. Αποτελεσματικότητα Φυσικών Προϊόντων στην Αντιμετώπιση Ευαίσθητων και Ανθεκτικών σε Μυκητοκτόνα Στελεχών *Alternaria alternata*. Μεταπτυχιακή Μελέτη, Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής, Πανεπιστήμιο Αθηνών, 95 σελ.
- ❖ Τσουβαλάκη Ε., 2009. Αρωματικά Και Φαρμακευτικά Φυτά Κρήτης. Δίκταμο-Φασκόμηλο,Ρίγανη
- ❖ Φραντζεσκάκης Γ., 2003. Πτυχιακή Εργασία, Αρωματικά Φυτά, Ηράκλειο
- ❖ Χαρώνης Π., 1989. Ηλιακά ξηραντήρια. Εκδόσεις Ίων 1989.

## ➤ Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

- ❖ Akpınar E., Midilli A., Bicer Y., 2003. Single layer drying behaviour of potato slices in a convective cyclone dryer and mathematical modelling. *Energy Conversion and Management*, 44, 1689–1705.
- ❖ Alibas I., 2010. Determination of drying parameters, ascorbic acid contents and color characteristics of nettle leaves during microwave, air- and combined microwave-airdrying. *Journal of Food Process Engineering*, 33: 213–233
- ❖ Anderson O., Francis G., 2004. Techniques of pigment identification, *Annual Plant Reviews—Plant Pigments and Their Manipulation*, 14 (2004), pp. 293-341
- ❖ Areis F., Valentao P., Andrade P., Ferreres F., Seabra R. M., 2000. Flavonoids and phenolic acids of sage: influence of some agricultural factors *J.Agric. Food chemistry* 48, (12), 6081-6084
- ❖ Arslan D., Ozcan M., Menges H., 2010. Evaluation of drying methods with respect to drying parameters, some nutritional and colour characteristics of peppermint (*Mentha × piperita* L.). *Energy Conversion and Management*, 51: 2769–2775
- ❖ Bakkali F., Averbeck S., Averbeck D., Idaomar M., 2008. Biological effects of essential oils - A review. *Food Chem Toxicol* 46:446-475
- ❖ Barbosa FDF, Barbosa LCA, Melo EC, Botelho FM, Santos RHS, 2006. Effect of drying air temperature upon the content and chemical composition of the essential oil from *Lippia alba* (Mill) N. E. Brown. *Quim Nova* 29(6):1221–1225
- ❖ Barbosa-Canovas, G.V., H. Vega-Mercado, 1996. *Dehydration of Foods*, ed. G.V. Barbosa-Canovas., New York, USA: International Thompson Publishing (ITA)
- ❖ Belessiotis V., Deliyannis E., 2011. Solar Drying. *Solar Energy* 85, 1665-1691
- ❖ Calín-Sánchez Á., Szumny A., Figiel A., Jaloszynski K., Adamski M., Carbonell-Barrachina, 2011. Effects of vacuum level and microwave power on rosemary volatile composition during vacuum-microwave drying. *J Food Eng* 103(2):219–227
- ❖ Calixto J.-B., 2000. Efficacy, safety, quality control, market and regulatory guidelines for herbal medicines (phytotherapeutic agents). *Braz. J. Med. Biol. Res.* 33, 179-189
- ❖ CBI Market Information Database, 2013. CBI Tradewatch spices and herbs

- ❖ Delgado-Vargas F., Paredes-Loópez O., 2002. Natural colorants for food and Nutraceutical uses. Boca Raton, FL: CRC Press.
- ❖ Díaz-Maroto M., González Viñas M., Cabezudo M., 2003. Evaluation of the effect of drying on aroma of parsley by free choice profiling. *Eur Food Res Technol* 216(3):227–232
- ❖ Doymaz I., 2004. Convective air drying characteristics of thin layer carrots. *Journal of Food Engineering*, 61, 359–364.
- ❖ Downey O., Dokoozlian K., Krstic P., 2006. Cultural Practice and Environmental Impacts on the Flavonoid Composition of Grapes and Wine: A Review of Recent Research. ASEV 2005 Phenolics Symposium. *American Journal of Enology and Viticulture* 57: 3: 257-268.
- ❖ Duffie J., Beckmann W., 1980. *Solar Energy Thermal Process* Wiley J. and Sons. INC.
- ❖ Dutta B., 2007. *Principles of Mass Transfer and Separation Process*. Prentice Hall of India. New Delhi
- ❖ Ertekin C., Yaldiz O., 2004. Drying of eggplant and selection of a suitable thin layer drying model. *Journal of Food Engineering*, 63, 349–359.
- ❖ Francis J., 1989. Food colorants: Anthocyanins. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 28, 273–314.
- ❖ Giusti M., Rodriguez-Saona E., Griffin D., Wrolstad R., 1999. Electrospray and tandem mass spectroscopy as tools for anthocyanin characterization. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47, 4657–4664.
- ❖ Hamrouni-Sellami I., Rahali F., Rebey I., Bourgou S., Limam F., Marzouk B., 2013. Total phenolics, flavonoids, and antioxidant activity of sage (*Salvia officinalis* L.) plants as affected by different drying methods. *Food Bioprocess Technol* 6(3):806–817
- ❖ Hargreaves L., Jarvis B., Rawlinson P., Wood J., 1975. The antimicrobial effects of spices, herbs and extracts from these and other food plants. *The British Food Manufacturing Industries Research Association Scientific and Technical Surveys*. 88.
- ❖ Imre L., 1987. Solar Drying. In *Handbook of Industrial Drying*, Edited by Mujunbar, A.S.
- ❖ Jackson R., 2008. *Wine science: Principles and Applications*. Third edition Academic Press, USA.

- ❖ Jackson D., Lombard B., 1993. Environmental and Management Practices Affecting Grape Composition and Wine Quality – A Review. *American Journal of Enology and Viticulture* 44: 4: 409-430.
- ❖ Janick, J., 2000. Rose genetic breeding. *Plant breeding reviews*. Vol. 17, 159-190
- ❖ Kokkini S., 1991. *Chemical races within the genus Menthal*, Academic Press, London
- ❖ Krokida K., Maroulis Z., Saravacos G., 2001. The effect of the method of drying on the color of dehydrated products. *Int. J. Food Sci. Technol.* 36, 53–59.
- ❖ Kumari P., Raju D., Prasad V., Singh P., Saha S., Arora A., Hossain F., 2017. Quantification and correlation of anthocyanin pigments and their antioxidant activities in rose (*Rosa hybrida*) varieties. *Indian Journal of Agricultural Sciences* 87 (10): 1340-1346
- ❖ Lee J., Durst R., Wrolstad R., 2005. Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: Collaborative Study. Accepted for publication in the *Journal of the Association of Official Analytical Chemists International*.
- ❖ Mahmood R., Roghaye Z., Hossein S., Ali R., 2015. An Experimental Study of Different Drying Methods on the Quality and Quantity Essential Oil of *Myrtus communis* L. leaves, *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 18:6, 1395-1405
- ❖ Mann R., 2002. *Roses. A practical guide to over 30 roses for Australia and New Zealand*, HarperCollins, Pymble NSW, 464
- ❖ Mari M., Bertolini P., Pratella G., 2003. Non-conventional methods for the control of post-harvest pear diseases. *J Appl Microbiol* 94:761-766.
- ❖ Martinov M., Adamovic´ S., Ruzic D., Abrel D., 2006. Investigation of medicinal plants drying in batch dryers: Quality and energy characteristics. In *EE&AE 2006 – International Scientific Conference*.
- ❖ Maskan M., 2001. Kinetics of colour change of kiwifruits during hot air and microwave drying. *Journal of Food Engineering*, 48(2),169–175.
- ❖ Mateus N., Machado J., De Freitas V., 2002. Development changes of anthocyanis in *Vitis vinifera* grapes grown in the Douro Valley and concentration in respective wines. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol.82, pp.1689-1695.
- ❖ Orphanides A., Goulas V., Gekas V., 2016. Drying technologies: vehicle to high-quality herbs. *Food Eng. Rev.* 8, 164–180.



- ❖ Ozdemir M., Devres Y., 1999. The thin layer drying characteristics of hazelnuts during roasting. *Journal of Food Engineering*, 42, 225–233.
- ❖ Ozgen M., Scheerens J., Reese R., Miller A., 2010. Total phenolic, anthocyanin contents and antioxidant capacity of selected elderberry (*Sambucus canadensis* L.) accessions. *Pharmacognosy Magazine* 6(23): 198–203.
- ❖ Ozgur M., Cimen E., 2017. Ultrasound-Assisted Extraction of Anthocyanins from Red Rose Petals and New Spectrophotometric Methods for the Determination of Total Monomeric Anthocyanins. Vol 101(4),967-980
- ❖ Oztekin S., Martinov M., 2007. Medicinal and aromatic crops: Harvesting, drying and processing. Haworth food agricultural products press, New York, 320
- ❖ Park C., Chae S., Park S., Kim J., Chung S., Arasu M., Al-Dhabi N., 2015. Anthocyanin and carotenoid contents in different cultivars of chrysanthemum (*Dendranthema grandiflorum* Ramat.) flower. *Molecules* 20: 11090–102.
- ❖ Perry N., Anderson R., Brennan N., Douglas M., Heaney A., Gimpsey J., Smallfield B., 1999. Essential oils from Dalmatian Sage (*salvia officinallis* L.) variations among individuals, plant parts, seasons and sites *J. Agric Food Chem*, 47, 5, 2048-2054
- ❖ Putievsky E., Ravid U., Dubai N., 1986. The influence of season and harvest frequency on essential oil and herbal yields from a pure clone of sage (*Salvia officinallis*) grown under cultivated conditions. *J. Nat Products*, 49 (2), 326-329
- ❖ Rocha R., Melo E., Radunz L., 2011. Influence of drying process on the quality of medicinal plants : A review. *Journal of medicinal Plants Research* 5 (33), 7076-7084
- ❖ Sandra Sagrin M., Chong H., 2013. Effects of drying temperature on the chemical and physical properties of *Musa acuminata* Colla (AAA Group) leaves. *Ind. Crops Prod.* 45, 430–434.
- ❖ Senadeer W., Bhandari R., Young G., Wijesinghe B., 2003. Influence of shapes of selected vegetable materials on drying kinetics during fluidized bed drying. *Journal of Food Engineering*, 58, 277–283.
- ❖ Sharapin N., 2000. *Fundamentos de tecnologica de produtos Fitoterapicos*. Santa Fe de Bogota, 145-157
- ❖ Shepherd R., 1954. History of the rose. *Soil Science*, 77 (5), 416
- ❖ Simal S., Femenia A., Llull P., Rosello´ C., 2000. Dehydration of aloe vera: Simulation of drying curves and evaluation of functional properties. *Journal of Food Engineering*, 43, 109–114.

- ❖ Simal S., Mulet A., Tarrazo J., Rosello´ C., 1996. Drying models for green peas. *Food Chemistry*, 55, 121–128.
- ❖ Skrede G., Wrolstad R., Enersen G., 1992. Color stability of strawberry and blackcurrant syrups. *Journal of Food Science*, 57, 172–177.
- ❖ Soysal Y., 2004. Microwave drying characteristics of parsley. *Biosystems Engineering*, 89(2), 167–173.
- ❖ Suzan O., Sezai E., 2011. Antibacterial and antioxidant activity of fruits of some rose species from Turkey. *Romanian Biotechnological Letters* 16(4): 6407–11
- ❖ Testu C., 1984. Les roses anciennes. *La maison rustique*, 247
- ❖ Therdthai N., Zhou W., 2009. Characterization of microwave vacuum drying and hot air drying of mint leaves (*Mentha cordifolia* Opiz ex Fresen). *J. Food Eng.* 91, 482–489.
- ❖ Venskutonis P., 1997. Effect of drying on the volatile constituents of thyme (*Thymus vulgaris* L.) and sage (*Salvia officinalis* L.). *Food Chem.* 59, 219–227.
- ❖ Wrolstad R., Durst W., Lee J., 2005. Tracking colour and pigment changes in anthocyanin products. *Trends Food and Science Technology* 16: 423–8.
- ❖ Yanyang X., Min Z., Mujumdar A., Le-Qun Z., Jin-Cai S., 2004. Studies on hot air and microwave vacuum drying of wild cabbage. *Drying Technol.* 22, 2201–2209.
- ❖ Zawislak G., Dyduch J., 2006. The Analysis of the content and chemical composition of essential oil in the leaves of sage (*Salvia officinallis* L) cv. ‘Bona’ in the second year of cultivation *J. Essent Oil Res.*, 18, 402-404
- ❖ Zhang M., Ding X., 2005. Effects of heating conditions on the thermal denaturation of white mushroom suitable for dehydration. *Drying technology*, 23(5), 1119-1125.