

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ  
ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ

ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ

ΙΔΡΥΜΑ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ

<<Η ΤΕΧΝΙΚΗ ΤΗΣ ΕΚΤΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΤΟΥ  
ΑΓΚΑΘΩΤΟΥ ΣΠΑΝΑΚΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΡΑΠΑΝΙΟΥ Saxa ΓΙΑ ΤΗΝ  
ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΜΙΚΡΟΣΑΛΑΤΩΝ>>.



ΜΑΚΑΡΙΟΣ ΑΛΕΞΙΟΣ

ΚΑΛΑΜΑΤΑ, 2018

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ                      ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ                      ΙΔΡΥΜΑ  
ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ

<<Η ΤΕΧΝΙΚΗ ΤΗΣ ΕΚΤΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΤΟΥ  
ΑΓΚΑΘΩΤΟΥ ΣΠΑΝΑΚΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΡΑΠΑΝΙΟΥ Saxa ΓΙΑ ΤΗΝ  
ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΜΙΚΡΟΣΑΛΑΤΩΝ>>.



ΜΑΚΑΡΙΟΣ ΑΛΕΞΙΟΣ

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: ΚΩΤΣΙΡΑΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Τα τελευταία χρόνια, με την μετακίνηση των καταναλωτών προς την κατανάλωση φρέσκων πράσινων λαχανικών αυξημένης διατροφικής αξίας και ποιότητας, οι μικροσαλάτες έχουν έρθει στο προσκήνιο, λαμβάνοντας υπόψη την υψηλή διατροφική τους αξία. Δεδομένου του αυξημένου ενδιαφέροντος, στην πτυχιακή εργασία αυτή, καλλιεργήθηκαν μικροσαλάτες ραπανιού και σπανακιού. Ο στόχος ήταν διττός, αφενός η εξέταση του τρόπου καλλιέργειας και των ιδιαιτεροτήτων αυτής και αφετέρου η μετέπειτα εξέταση του παραγόμενου προϊόντος ως προς τα διατροφικά του στοιχεία. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης των μικροσαλάτων που παρήχθησαν στο πειραματικό μέρος της εργασίας, οδηγούν σε δύο συμπεράσματα: αφενός τα δυο φυτικά είδη παρουσιάζουν σημαντικές μεταβολές στην παραγωγή νωπού προϊόντος αλλά και ξηράς ουσίας και αφετέρου παρατηρούνται σημαντικές μεταβολές στις συγκεντρώσεις των θρεπτικών στοιχείων σε σχέση με το στάδιο συγκομιδής.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή μου κ. Κώτσιρα για την καθοδήγηση του και την άπογη συνεργασία μας κατά την διενέργεια του πειραματικού σκέλους όσο και την συγγραφή της εργασίας, χωρίς την οποία δεν θα ήταν αυτό εφικτό.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<u>ΠΡΟΛΟΓΟΣ</u>	3
<u>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ</u>	5
<u>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</u>	7
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup> - ΜΙΚΡΟΣΑΛΑΤΕΣ</u>	9

<b><u>1.1</u></b>	<b><u>Βασικά χαρακτηριστικά και διαχωρισμός από φύτρα και baby leaf</u></b>	<b>9</b>
<b><u>1.2</u></b>	<b><u>Μικροσαλάτες, Φύτρα και baby leaf</u></b>	<b>9</b>
<b><u>1.3</u></b>	<b><u>Μικροσαλάτες και Ασφάλεια Τροφίμων</u></b>	<b>10</b>
<b><u>1.4</u></b>	<b><u>Επιλογή ειδών για μικροσαλάτες</u></b>	<b>12</b>
<b><u>1.5</u></b>	<b><u>Θρεπτικές ιδιότητες των μικροσαλάτων</u></b>	<b>14</b>
<b><u>1.6</u></b>	<b><u>Καλλιέργεια μικροσαλατών</u></b>	<b>16</b>
1.6.1	<u>Σπόροι, Μέσο ανάπτυξης και συγκομιδή</u>	16
<b><u>2.1</u></b>	<b><u>Σκοπός του πειράματος</u></b>	<b>19</b>
<b><u>2.2</u></b>	<b><u>Υλικά και Μέθοδοι</u></b>	<b>19</b>
<b><u>2.3</u></b>	<b><u>Συγκομιδή</u></b>	<b>24</b>
<b><u>2.4</u></b>	<b><u>Αναλύσεις φυτικών ιστών</u></b>	<b>24</b>
2.4.1	<u>Προσδιορισμός του P</u>	25
2.4.2	<u>Προσδιορισμός του B</u>	25
2.4.3	<u>Προσδιορισμός των Ca, Mg, K, Na, Fe, Cu, Mn, Zn.</u>	25
2.4.3	<u>Στατιστική ανάλυση</u>	25
<b><u>2.5</u></b>	<b><u>Αποτελέσματα</u></b>	<b>25</b>
2.5.1	<u>Ραπάνι</u>	25
2.5.2	<u>Σπανάκι</u>	27
<b><u>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</u></b>		<b>31</b>

## **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Ο ανθρώπινος πληθυσμός αυξάνεται συνεχώς, φτάνοντας τους αριθμούς αδιανόητους πριν από μερικούς αιώνες. Η εκθετική ανάπτυξη των τελευταίων 200 ετών έχει οδηγήσει σε έναν παγκόσμιο αριθμό άνω των 7 δισεκατομμυρίων ανθρώπων, ασκώντας τεράστια πίεση στις δυνατότητες της σύγχρονης γεωργίας (McClung, 2014). Αν και το ποσοστό των ατόμων με ανεπαρκή πρόσβαση σε τρόφιμα μειώθηκε

σημαντικά τα τελευταία 50 χρόνια, από 60% το 1960 σε 15% το 2010 (Godfray et al., 2010), υπάρχουν περίπου 1 δισεκατομμύριο άνθρωποι χρόνια υποσιτισμένοι και περίπου 2 δισεκατομμύρια άνθρωποι που πάσχουν από ανεπάρκεια βασικών θρεπτικών συστατικών (Godfray et al., 2010, Godfray & Garnett, 2014). Στο πλαίσιο αυτό και λαμβάνοντας υπόψη τις προβλέψεις και τα σενάρια αύξησης του αριθμού των πληθυσμών άνω των 9 δισεκατομμυρίων ανθρώπων μέχρι το 2050 (Lutz & KC, 2010), καθίσταται επιτακτική η εστίαση της προσοχής και των προσπαθειών μας στην εξεύρεση καινοτόμων μέσων που μπορούν να βοηθήσουν στην άμβλυνση του προβλήματος την ασφάλεια των τροφίμων. Για να αντιμετωπιστεί η ανάγκη μιας διατροφής με φρέσκο, πλούσιο σε θρεπτικά συστατικά και υψηλή περιεκτικότητα σε φυτοσύνθετα που είναι απαραίτητα για την υγιή ανάπτυξη του σώματος, η βιομηχανία λαχανικών εισήγαγε ένα νέο προϊόν: τις μικροσαλάτες. Οι μικροσαλάτες μπορούν να θεωρηθούν ως καινοτομία της έννοιας της βιομηχανίας λαχανικών και λαχανικών γενικά, έχοντας τη δυνατότητα να μετασχηματίσουν ολόκληρη την ιδέα των λαχανικών (Di Gioia & Santamaria, 2015).

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup> - ΜΙΚΡΟΣΑΛΑΤΕΣ**

### **1.1 Βασικά χαρακτηριστικά και διαχωρισμός από φύτρα και baby leaf**

Οι μικροσαλάτες είναι νεαρά και τρυφερά βρώσιμα φυτά που παράγονται χρησιμοποιώντας τους σπόρους διαφορετικών ειδών λαχανικών, ποωδών φυτών, αρωματικών βοτάνων και αγρίων βρώσιμων φυτών. Ανάλογα με το είδος που έχει χρησιμοποιηθεί, μπορούν να συλλεχθούν 7-21 ημέρες μετά τη βλάστηση όταν οι κοτυληδόνες έχουν αναπτυχθεί πλήρως και έχουν εμφανιστεί τα πρώτα πραγματικά φύλλα (Xiao et al, 2012). Οι μικροσαλάτες συγκομίζονται με κοπή των μόνο φυτά ακριβώς πάνω από τη γραμμή του εδάφους όταν το ύψος τους είναι 3 έως 9 cm χωρίς τις ρίζες. Το εδάδιμο τμήμα αποτελείται από το μοναδικό στέλεχος, τις κοτυληδόνες και, συχνά, από τα αναδυόμενα πρώτα πραγματικά φύλλα. Σε ορισμένες περιπτώσεις,

όταν είναι μικρά και τρυφερά, μπορούν επίσης να θεωρηθούν βρώσιμα και τα περιβλήματα των σπόρων που παραμένουν συνδεδεμένα με τις κοτυληδόνες. Παρά τα μικρά μεγέθη, οι μικροσαλάτες, γνωστές και ως "λαχανικά κομφετί" (Treadwell et al., 2010) ή "microherbs" όταν αναφέρονται σε αρωματικά βότανα, μπορούν να προσφέρουν μια μεγάλη ποικιλία έντονων γεύσεων, φωτεινών χρωμάτων και καλής υφής. (Treadwell et al., 2010, Xiao et al., 2012). Τα συστατικά αυτά μπορούν να αποτελέσουν ένα νέο συστατικό για την ενίσχυση και γαρνίρισμα ποτών, σαλατών, ορεκτικών πιάτων, σουπών, και επιδορπίων. Οι μικροσαλάτες αντιπροσωπεύουν μια νέα κατηγορία λαχανικών με διαφορετικά χαρακτηριστικά σε σύγκριση με τα ήδη γνωστά βλαστάρια και τα κοινά φρέσκα κομμένα φυλλώδη λαχανικά, επίσης γνωστά ως λαχανικά baby leaf. Επιπλέον, δεν πρέπει να συγχέονται με τα μίνι λαχανικά, γνωστά και ως μικροσκοπικά, μικρά και λιλιπούτσια λαχανικά που μπορούν να παραχθούν με ειδικές τεχνικές καλλιέργειας (υψηλή πυκνότητα φυτών ή αναμενόμενη συγκομιδή) ή να αναφέρονται σε γενετικό υλικό με μειωμένη ανάπτυξη και ανάπτυξη.

## **1.2 Μικροσαλάτες, Φύτρα και baby leaf**

Οι μικροσαλάτες εμφανίστηκαν για πρώτη φορά στα μενού των σεφ του Σαν Φρανσίσκο, στην Καλιφόρνια, στις αρχές της δεκαετίας του '80 (USDA, 2014) και έχουν καλλιεργηθεί στο νότιο τμήμα της Καλιφόρνιας από το δεύτερο μισό της δεκαετίας του '90 του περασμένου αιώνα. Σε σύγκριση με τα φύτρα, που αποτελούνται από βλαστούς και ρίζες μαζί, που προέρχονται από εντελώς ή μερικώς βλαστημένους σπόρους και συνήθως παράγονται στο σκοτάδι και εμποτισμένοι στο νερό, με έναν κύκλο παραγωγής μόλις μερικές ημέρες, οι μικροσαλάτες καλλιεργούνται σε θερμοκήπιο ή σε ανοιχτό περιβάλλον, στο έδαφος ή εναλλακτικά υποστρώματα ανάπτυξης, παρουσία φωτός. Επιπλέον, οι μικροσαλάτες έχουν μεγαλύτερο αναπτυσσόμενο κύκλο και μόνο το εναέριο μέρος χωρίς τις ρίζες είναι βρώσιμο. Σε αντίθεση με τα κλασικά λαχανικά baby leaf, των οποίων το βρώσιμο τμήμα αποτελείται μόνο από τα πραγματικά φύλλα και συλλέγεται απαραίτητως από μια περικοπή, οι μικροσαλάτες έχουν το πλεονέκτημα ότι μπορούν να πωληθούν ακόμη και πριν από τη συγκομιδή τους με την περικοπή, διατηρώντας ζωντανά τα φυτά μαζί με όλο το αναπτυσσόμενο μέρος έτσι ώστε ο σεφ ή ο τελικός καταναλωτής να μπορεί να κόψει το προϊόν στην κουζίνα του, ακόμη και λίγα λεπτά πριν τα χρησιμοποιήσει. Αυτή η δυνατότητα πώλησης του προϊόντος, ενώ εξακολουθεί να

αυξάνεται, αντιπροσωπεύει μια μεγάλη καινοτομία, καθώς μπορεί να εγγυηθεί μεγαλύτερη διάρκεια ζωής του προϊόντος στην αγορά και να εξασφαλίσει υψηλή ποιότητα όσον αφορά τόσο τη φρεσκάδα όσο και τη θρεπτική αξία του (Di Gioia et al., 2015). Από την άλλη πλευρά, ένας από τους λόγους της επιτυχίας αυτής της νέας κατηγορίας προϊόντων είναι η μείωση του χρόνου που απαιτείται ή η εναλλακτική χρήση του ελεύθερου χρόνου εργασίας, η οποία οδηγεί ολοένα και περισσότερο στην κατανάλωση λαχανικών που δεν συνεπάγονται ιδιαίτερες δυσκολίες ή υπερβολικό χρόνο στη φάση προετοιμασίας.

Τόσο οι μικροσαλάτες όσο και τα baby leaf δεν έχουν νομικό ορισμό, αλλά είναι όροι εμπορίας που χρησιμοποιούνται για την περιγραφή δύο συγκεκριμένων κατηγοριών προϊόντων (Treadwell et al., 2010). Αντ'αυτού, τα φύτρα έχουν έναν νομικό ορισμό και η παραγωγή και εμπορία τους πρέπει να συμμορφώνονται με αυστηρούς κανονισμούς, λόγω του σχετικά υψηλότερου κινδύνου μικροβιακής μόλυνσης σε σύγκριση με τις μικροσαλάτες και τα baby leaf (Treadwell et al., 2010).

### **1.3 Μικροσαλάτες και Ασφάλεια Τροφίμων**

Προγνωστικά μοντέλα δείχνουν ότι μέχρι το 2050 ο παγκόσμιος πληθυσμός θα μπορούσε να φτάσει πάνω από 9 δισεκατομμύρια ανθρώπους. Σήμερα, σε έναν κόσμο όπου υποσιτίζονται περίπου 795 εκατομμύρια άνθρωποι (πάνω από το 14% του παγκόσμιου πληθυσμού) (FAO, IFAD και WFP, 2015), η συνεχής αύξηση του πληθυσμού, ιδιαίτερα στις αναπτυσσόμενες χώρες, αποτελεί σημαντική πρόκληση για την επίτευξη της ασφάλειας των τροφίμων και της διατροφής. Η εκπλήρωση των αναγκών του αυξανόμενου παγκόσμιου πληθυσμού, η υπέρβαση των ελλείψεων της παραγωγής τροφίμων και η διασφάλιση ότι τα παραγόμενα τρόφιμα είναι διαθέσιμα σε άτομα που έχουν ανάγκη, είναι οι κύριες προκλήσεις για την παγκόσμια γεωργία (FAO, 2010).

Αυτές οι προκλήσεις πρέπει να αντιμετωπιστούν με βιώσιμο τρόπο, προκειμένου να διασφαλιστεί η διαθεσιμότητα πόρων για τις μελλοντικές γενιές. Ταυτόχρονα, η γεωργία πρέπει να αντιμετωπίσει τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, τον αυξανόμενο ανταγωνισμό για τους υδάτινους πόρους, την απώλεια παραγωγικής γης και τον ανταγωνισμό για την γη. Πρέπει επίσης να αντιμετωπίσει τη συνεχή μετανάστευση ανθρώπων από αγροτικές σε αστικές περιοχές και τις αυξανόμενες



κοινωνικές ανησυχίες σχετικά με τη φύση του συστήματος παραγωγής τροφίμων (Kahane et al., 2013). Δεδομένων όλων αυτών των προκλήσεων για την επισιτιστική ασφάλεια, μια μεγαλύτερη διαφοροποίηση στα συστήματα γεωργικής γεωργίας αναγνωρίζεται όλο και περισσότερο ως ένας σημαντικός πυλώνας για μια βιώσιμη ανάπτυξη (Kahane et al., 2013).

Μια προσέγγιση για την αντιμετώπιση αυτών των ζητημάτων είναι η εντατικοποίηση των γεωργικών παραγωγών με την αύξηση των αποδόσεων των καλλιεργειών, ωστόσο αυτό μπορεί να μην είναι αρκετό και μια άλλη πιθανή προσέγγιση είναι η αύξηση των καλλιεργήσιμων επιφανειών χωρίς περαιτέρω μείωση των φυσικών περιοχών, όπως η καλλιέργεια των λαχανικών σε αστικές περιοχές. (Orsini et al., 2013). Με αυτή την προοπτική, οι μικροσαλάτες είναι πολύ ενδιαφέρουσες, καθώς εκτός από την παραγωγή τους σε εμπορικό επίπεδο μπορούν εύκολα να αναπτυχθούν και σε αστικούς κήπους ή στο σπίτι, ακόμα και στην περίπτωση πολύ μειωμένων διαθέσιμων χλωρών, όπως σε μπαλκόνι ή παράθυρα, ακόμα και μέσα στο σπίτι εάν υπάρχει αρκετό φως.

Χάρη στον σύντομο αναπτυξιακό κύκλο, είναι πιθανό να παράγονται μικροσαλάτες χαμηλού κόστους και βιωσιμότητας στο έδαφος ή σε συστήματα χωρίς ρύπους, όλο το χρόνο, ακόμη και χωρίς τη χρήση λιπασμάτων και αγροχημικών (Ebert et al., 2014). Η δυνατότητα παραγωγής μικροσαλάτων για αυτοκατανάλωση, ακόμη και σε μικρούς χώρους, ενδεχομένως χρησιμοποιώντας σπόρους τοπικών ποικιλιών λαχανικών που χαρακτηρίζονται από υψηλή περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά, όχι μόνο μπορεί να συμβάλει στην αύξηση της διαθεσιμότητας και της προσβασιμότητας σε τροφή των φτωχότερων πληθυσμών στον κόσμο, αλλά μπορεί επίσης να συμβάλει στη βελτίωση της ποιότητας της διατροφής, αυξάνοντας τη διαθεσιμότητα και την ποικιλία των φρέσκων, εξαιρετικά θρεπτικών και υγιεινών τροφίμων. Επιπλέον, οι μικροσαλάτες καταναλώνονται συνήθως ακατέργαστες και άθικτες, γεγονός που επιτρέπει τη μείωση της απόρριψης τροφής και την απώλεια ή υποβάθμιση των φυτοθρεπτικών συστατικών, που συμβαίνει συχνά κατά τη διάρκεια της προετοιμασίας φαγητού στην κουζίνα, ειδικά στην περίπτωση των μαγειρεμένων φαγητών (Di Gioia et al., 2015).

#### 1.4 Επιλογή ειδών για μικροσαλάτες

Οι εταιρείες σποροπαραγωγής προσφέρουν ποικιλία ειδών, ποικιλιών και επιλεγμένων μειγμάτων καλλιεργειών για την παραγωγή μικροσαλάτων, αν και υπάρχουν διαθέσιμες αναφορές στην βιβλιογραφία για έναν πιο περιορισμένο αριθμό ταξινομικών κατηγοριών. Χρησιμοποιήθηκαν κυρίως σε μελέτες τα είδη που ανήκουν στην οικογένεια *Brassicaceae* και σε μικρότερο βαθμό στην οικογένεια *Chenopodiaceae*.

Τα πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα είδη είναι τα *Brassica juncea* και *Beta vulgaris*. Τα γνωρίσματα που ενδιαφέρουν τους υποσχόμενους γονότυπους συνιστούν την εμφάνιση, την υφή, την φθορά, τη φυτοχημική σύνθεση και τη θρεπτική αξία (Χίαιο, Lester, et al., 2015). Η γενετική μεταβλητότητα μεταξύ των ταξινομικών χαρακτηριστικών για τα ειδικά γνωρίσματα, η επίδραση του περιβάλλοντος στην έκφρασή τους και η αλληλεπίδραση μεταξύ γονότυπου και περιβάλλοντος παραμένουν ελάχιστα διερευνημένα σε σχέση με τις μικροσαλάτες.

Η μεταβολή του περιεχομένου των δραστικών συστατικών των λαχανικών εξαρτάται τόσο από τη γενετική όσο και από το περιβάλλον. Ως αποτέλεσμα, οι συνέπειες των γενετικών, φυσιολογικών, προ-συγκομιδών και μετα-συγκομιδών συνθηκών στη συγκέντρωση ενεργών φυτοχημικών, στην ποιότητα του φλοιού και ακόμη και στις υφές των λαχανικών έχουν επαναληφθεί από προηγούμενους ερευνητές (Jeffery et al., 2003, Kader, 2008).

Υποσχόμενες νέες πηγές γενετικού υλικού από την εξέταση ανεπαρκών καλλιεργειών και άγριων βρώσιμων φυτών (Ebert, 2014). Υπάρχουν ισχυρές ενδείξεις μείωσης της θρεπτικής αξίας των καλλιεργειών κηπευτικών που οφείλονται στις αλλαγές των γεωργικών πρακτικών και στην αντικατάσταση των κτηνοτροφικών εκτάσεων με σύγχρονες ποικιλίες και υβρίδια που αναπτύχθηκαν μέσω εντατικής εκτροφής φυτών (Davis, 2009, Ekholm et al., 2007). Οι γονοτυπικές και μορφοφυσιολογικές διαφορές μεταξύ των φυλών μπρόκολου και των υβριδίων έχουν τεκμηριωθεί από τους Ciancaleoni, Chiarenza, Raggi, Branca και Negri (2014). Πρόσφατες μελέτες αποκάλυψαν επίσης τη σημασία των άγριων βρώσιμων φυτών στη διατροφή του ανθρώπου (Romojaro, Botella, Ob 2013). Για παράδειγμα, οι Faudale, Viladomat, Bastida, Polí και Codina (2008) διαπίστωσαν υψηλότερη δραστηριότητα καθαρισμού

ριζών, συνολική φαινολική και συνολική φλαβονοειδή περιεκτικότητα στο άγριο σε σύγκριση με το φαρμακευτικό και βρώσιμο μάραθο, ενώ αναφέρθηκε και η μεταβολή του άγριου μάραθου από διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές. Είναι φανερό από τα παραπάνω ότι οι ανεπαρκώς χρησιμοποιούμενες καλλιέργειες και τα άγρια βρώσιμα φυτά αποτελούν ελπιδοφόρες πηγές γενετικού υλικού για την παραγωγή μικροσαλατών (Di Gioia & Santamaria, 2015, Ebert, 2014).

Οι εμπορικές εταιρείες δραστηριοποιούνται ήδη στην εκμετάλλευση αυτού του γενετικού υλικού για την παραγωγή μικροσαλατώ

ν, αν και η επιστημονική ονοματολογία των εκμεταλλευόμενων ειδών παραμένει ιδιοκτησιακή πληροφορία (Koppertcress, 2016).

Μελέτες σχετικά με τη συμπεριφορά των καταναλωτών έδειξαν ότι τα τρόφιμα που περιέχουν αυξημένες συγκεντρώσεις θρεπτικών συστατικών με χημειοπροληπτικά χαρακτηριστικά τείνουν να είναι το πιο αποτρεπτικά στη γεύση και αυτό αποτελεί πρόκληση για τη μελλοντική αξιοποίηση των μικροσαλατών, δεδομένου ότι η μεγάλη περιεκτικότητα θρεπτικών συστατικών αντιβαίνει στην προτίμηση των καταναλωτών για λιγότερο πικρή γεύση (Drewnowski & Gomez-Carneros, 2000).

Το δραστικό περιεχόμενο βρέθηκε εμφανές σε είδη μικροσαλατών με μάλλον γήινη γεύση, όπως το κόκκινο λάχανο (*Brassica oleracea L. var. Capitata*), ή το λάχανο (*Rumex acetosa L.*), το πιπέρι (*Lepidium bonariense L.*), αλλά και σε ορισμένα είδη περισσότερων ευχάριστη γεύση όπως ο κόλιανδρος (*Coriandrum sativum L.*) και το αμάραντο (*Amaranthus hypochondriacus L.*) (Xiao et al., 2012). Παρά το γεγονός ότι η αποδοχή της γεύσης ποικίλλει ευρέως και υπόκειται σε κληρονομικούς γευστικούς παράγοντες, σε συνδυασμό με το φύλο και την ηλικία, εξακολουθεί να αποτελεί πρόκληση η αναγνώριση των μικροσκοπικών γονοτύπων που μπορούν να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις για γεύση και υγεία (Drewnowski & Gomez-Carneros, 2000).

## **1.5 Θρεπτικές ιδιότητες των μικροσαλάτων**

Η τροφή με μέτρια συγκέντρωση δραστικών ενώσεων φαίνεται να είναι κατά πολύ καλύτερη αφομοιώσιμη από το ανθρώπινο σώμα από ότι τα συμπυκνωμένα συμπληρώματα (Meltzer, 2010). Οι κλινικές δοκιμές καθώς και οι επιδημιολογικές

μελέτες έδειξαν ότι μια φυτική βάση με υψηλή πρόσληψη φρούτων και λαχανικών συνδέεται με μειωμένο κίνδυνο καρκίνου, καρδιαγγειακών παθήσεων και άλλων χρόνιων παθήσεων. Φαίνεται ότι ορισμένες δραστικές ενώσεις φυτών που γενικά ονομάζονται αντιοξειδωτικά είναι υπεύθυνες για αυτό το ευεργετικό αποτέλεσμα. Οι ενδείξεις ότι οι δραστικές ενώσεις στα λαχανικά έχουν σημαντικές επιπτώσεις στην υγεία παρέχουν ένα ισχυρό κίνητρο για τους ανθρώπους να αυξήσουν την πρόσληψη φρούτων και λαχανικών. Μια σημαντική στρατηγική για την αύξηση της πρόσληψης των σχετικών με την υγεία θρεπτικών ουσιών είναι η αύξηση των φυτικών τροφίμων. Από την άποψη αυτή, οι μικροσαλάτες είναι ένα προϊόν που είναι ευπρόσδεκτο στην αγορά. Έτσι, οι μικροσαλάτες ανήκουν στην ομάδα που είναι γνωστή ως "λειτουργικές τροφές". Διαφορετικές μικροσαλάτες περιέχουν πολύ διαφορετικές ποσότητες ενώσεων όπως αντιοξειδωτικά, μεταλλικά στοιχεία, βιταμίνες και φαινολικά (Blomhoff, 2010). Οι συνθήκες καλλιέργειας, συγκομιδής και αποθήκευσης ενδέχεται να έχουν σημαντική επίδραση στην περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά. Μία από τις πρώτες μελέτες που σχετίζονται με το θρεπτικό περιεχόμενο των μικροσαλάτων εκτελέστηκε από τους Xiao et al. και τα αποτελέσματά τους δημοσιεύθηκαν το 2012. Οι ερευνητές αξιολόγησαν τη συγκέντρωση βιταμινών και καροτενοειδών σε 25 μικροσαλάτες. Η υψηλότερη συγκέντρωση βιταμίνης C, τα καροτενοειδή, η φυλλοκινόνη και οι τοκοφερόλες βρέθηκαν στο κόκκινο λάχανο, κόλιαντρο, γρανάδα αμαράνθου και πράσινο ραπανάκι daikon. Η μελέτη κατέληξε στο συμπέρασμα ότι τα φύλλα από μικροσαλάτες έχουν υψηλότερη θρεπτική αξία από τα ώριμα φύλλα. Οι ερευνητές βρήκαν επίσης περίπου πέντε φορές υψηλότερα επίπεδα βιταμινών σε μικροκρυστάλλους από ό, τι στους ώριμους ομολόγους τους (Xiao et al., 2012). Οι ερευνητές από το Εργαστήριο Ποιότητας Τροφίμων και Συστημάτων Καλλιέργειας και Εργασιών Παγκόσμιας Αλλαγής, USDA-ARS, διεξήγαγαν μια μελέτη που ανέλυσε τις συγκεντρώσεις μακροστοιχείων (ασβέστιο, μαγνήσιο, φώσφορο, νάτριο, κάλιο) και μικροστοιχείων (χαλκός, σίδηρος, μαγγάνιο και ψευδάργυρος) 30 ειδών μικρογρενογόνων από 10 γένη της οικογένειας *Brassicaceae*. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα μικροσυσσωματίδια *Brassicaceae* είναι καλές πηγές μικροστοιχείων (π.χ. καλίου και ασβεστίου, σιδήρου και ψευδαργύρου). Η μελέτη αυτή φαίνεται να είναι η πρώτη που καταγράφει την περιεκτικότητα σε ανόργανα άλατα των εμπορικά διαθέσιμων μικροσαλατών της οικογένειας των *Brassicaceae* (Xiao et al., 2016). Το προστατευτικό αποτέλεσμα ενάντια στο οξειδωτικό στρες που εμφανίζεται από τα

*Brassicaceae* (μπρόκολο, λάχανα Βρυξελλών, λάχανο, κουνουπίδι) δίνεται από γλυκοσινολικές ενώσεις που περιέχουν γλυκοζίτες που περιέχουν θείο. Για παράδειγμα, στο μπρόκολο υπάρχουν: sinigrin, glucoraphanin και progoitrin; στο κινέζικο λάχανο υπάρχει ινδολύλ γλυκοζινολική γλυκοβρασικίνη και η γλυκοραφανίνη είναι ένα από τα πιο άφθονα γλυκοσινολικά που υπάρχουν στο μπρόκολο. Τα λαχανικά από την οικογένεια *Brassicaceae* είναι γνωστό ότι περιέχουν επίσης υψηλές συγκεντρώσεις πολυφαινόλων που συνδέονται με την ανθρώπινη υγεία: ανθοκυανίνες, γλυκοζίτες φλαβονόλης, υδροξυκιναμικά οξέα κλπ. Υποθέτοντας ότι οι μικροσαλάτες είναι πιο θρεπτικές από τα ώριμα φυτά, οι Sun et al. (2013) διεξήγαγαν μια συγκριτική μελέτη σε πέντε είδη *Brassicaceae*. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι μικροσαλάτες περιέχουν μεγαλύτερη ποικιλία πολύπλοκων πολυφαινόλων από τα ώριμα φυτά. Εντοπίστηκαν 164 πολυφαινόλες από τις οποίες οι 30 ήταν ανθοκυανίνες, 105 γαλκολίδες φλαβονολίων και 29 παράγωγα υδροξυκιναμικού και υδροξυβενζοϊκού οξέος αποδεικνύοντας έτσι ότι οι μικροσαλάτες είναι σημαντική πηγή βιοδραστικών ουσιών. Το μαρούλι περιέχει διάφορα χημικά που προάγουν την υγεία, συμπεριλαμβανομένων βιταμινών και φαινολικών ενώσεων με αντιοξειδωτικές ιδιότητες. Οι Oh et al. (2010) διαπίστωσαν ότι τα νεαρά φυτά μαρουλιού (*Lactuca sativa*) μετά από 7 ημέρες βλάστησης είχαν την υψηλότερη συνολική φαινολική συγκέντρωση και αντιοξειδωτική ικανότητα σε σύγκριση με τα ώριμα φύλλα.

Για τους περισσότερους ανθρώπους, όταν μιλάμε για τρόφιμα, ίσως πιο σημαντικό από τη διατροφική αξία είναι τα αντιληπτά από τις αισθήσεις χαρακτηριστικά. Η εμφάνιση, η υφή και η γεύση είναι τα κύρια αισθητήρια χαρακτηριστικά για την αξιολόγηση της ποιότητας των νωπών προϊόντων. Η χημική σύνθεση και οι αισθητικές ιδιότητες (γλυκύτητα, πικρία, στυπτικότητα, οξύδερκεια, θερμότητα) ορισμένων μικροσαλάτων αξιολογήθηκαν σε μελέτη που διεξήγαγαν οι Xiao et al. (2015). Έχουν εκτιμηθεί έξι μικροσκοπικά είδη: μουστάρδα Dijon (*Brassica juncea* L. Czern.), Βασιλικός οραλ (*Ocimum basilicum* L.), τεύτλα (*Beta vulgaris* L.), ερυθρό αμάραντο (*Amaranthus tricolor* L.), πιπέρι (*Lepidium bonariense* L.) και ραπανάκι (*Raphanus sativus* L.). Οι ερευνητές βρήκαν μια ισχυρή συσχέτιση μεταξύ της χημικής σύνθεσης (συνολική φαινολική περιεκτικότητα) των μικροσαλατών και των χαρακτηριστικών γεύσης τους. Η χημική ανάλυση αποκάλυψε ότι το ραπανάκι, ο βασιλικός του οραλ και ο κόκκινος αμάραντος είχαν τις υψηλότερες συγκεντρώσεις

ολικού ασκορβικού οξέος, φυλλοκινόνης, καροτενοειδών και τοκοφερόλης ενώ οι υψηλότερες συγκεντρώσεις ολικών φαινολικών βρέθηκαν στο ραπανάκι και ο βασιλικός του oral. Η μελέτη κατέληξε επίσης στο συμπέρασμα ότι οι τιμές του pH και των συνολικών φαινολικών θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν από μικροπαραγωγούς ως δείκτες και πρόβλεψη της αποδοχής των καταναλωτών. Δυστυχώς τα αποτελέσματα της μελέτης αντανάκλουν την πραγματικότητα ότι οι άνθρωποι απορρίπτουν κάποια λαχανικά λόγω της δυσάρεστης γεύσης τους (πικρία, στυπτικότητα) ακόμα και αν έχουν ευεργετική επίδραση στην ανθρώπινη υγεία.

## **1.6 Καλλιέργεια μικροσαλατών**

### **1.6.1 Σπόροι, Μέσο ανάπτυξης και συγκομιδή**

Οι σπόροι απαιτούνται σε μεγάλες ποσότητες και αντιπροσωπεύουν ένα σημαντικό κόστος για την παραγωγή ποιοτικών μικροσαλατών (Di Gioia, Mininni, & Santamaria, 2015). Σε αντίθεση με τα φύτρα, οι τροφικές εστίες δεν έχουν συσχετιστεί μέχρι στιγμής με την κατανάλωση μικροσαλάτων. Ωστόσο, ο συστημικός κίνδυνος που προκαλείται από τους μολυσμένους σπόρους αυξάνει τις απαιτήσεις για τη μικροβιολογική ποιότητα των σπόρων (Xiao, Bauchan et al., 2015, Xiao et al., 2014). Οι σπόροι θα πρέπει να λαμβάνουν προληπτικές υγειονομικές επεξεργασίες για την εξάλειψη των παθογόνων βακτηρίων, όπως αυτά που συνιστώνται από την αμερικανική Υπηρεσία Τροφίμων και Φαρμάκων. Αποτελεσματικές και βιώσιμες μη χημικές επεξεργασίες πρέπει να εντοπίζονται για την αποστείρωση των επιφανειών των σπόρων και αντιμικροβιακή δράση, κατάλληλες για την παραγωγή οργανικών μικροσαλατών (Ding, Fu, & Smith, 2013).

Συνιστάται η προκαταρκτική δοκιμή βλάστησης ανά παρτίδα σπόρου για την προσαρμογή του ρυθμού σποράς (Di Gioia et al., 2015). Πολλά είδη βλασταίνουν εύκολα και αναπτύσσονται γρήγορα, ενώ άλλα είναι αργά και μπορεί να απαιτούν επεξεργασία πριν από τη σπορά για βελτίωση, τυποποίηση και συντόμευση του κύκλου παραγωγής (Lee, Pill, Cobb, & Olszewski, 2004). Οι επεξεργασίες που χρησιμοποιούνται για την προώθηση των πρώιμων σταδίων της βλάστησης κυμαίνονται από απλή διαβροχή με νερό σε φυσιολογικές επεξεργασίες, όπως οσμοπρίμη, πριμοδότηση μήτρας και προ-βλάστηση σπόρου.

Ο βέλτιστος ρυθμός σποράς είναι ειδικός για τη κάθε συγκομιδή, με βάση το μέσο βάρος σπόρου, τη βλαστικότητα και την επιθυμητή πυκνότητα πληθυσμού που

κυμαίνεται από 1 σπόρο / cm σε είδη με μεγάλη περιεκτικότητα σε σπόρους, όπως μπιζέλι, ρεβυθιά, έως 4 σπόρους ανά cm σε μικρά σπέρματα όπως η ρόκα, η μουστάρδα (Di Gioia & Santamaria, 2015). Οι Murphy and Pill (2010), Llorc (2010), παρατήρησαν γραμμική αύξηση της νωπής απόδοσης ανά μονάδα επιφάνειας με αυξανόμενο ρυθμό σποράς, αλλά και μείωση του μέσου όρου βλαστών. Η αύξηση του ποσοστού σποράς για μεγιστοποίηση της απόδοσης θα επηρεάσει το κόστος παραγωγής, ενώ η υπερβολική πυκνότητα μπορεί να προκαλέσει ανεπιθύμητα επιμήκη βλαστοκύτταρα και περιορισμένη κυκλοφορία αέρα που ευνοεί την ανάπτυξη μυκητιακών παθήσεων.

Οι μικροσαλάτες παράγονται σε ποικίλα περιβάλλοντα (υπαίθρια, προστατευμένο περιβάλλον, εσωτερικός χώρος) και υποστρώματα ανάπτυξης (χώμα, χωρίς χώμα), ανάλογα με την κλίμακα παραγωγής. Η παραγωγή σε δίσκους, προσαρμόσιμη τόσο στις μικρής κλίμακας αστικές όσο και στις εμπορικές επιχειρήσεις μεγάλης κλίμακας, επιτρέπει την εμπορευματοποίηση του προϊόντος, ενώ καλλιεργείται στα μέσα και συλλέγεται απευθείας από τον τελικό χρήστη. Η προσέγγιση αυτή παρακάμπτει τη συγκομιδή και πολλά θέματα χειρισμού μετά τη συγκομιδή και μπορεί να εξασφαλίσει φρεσκάδα και υψηλή ποιότητα (Di Gioia et al., 2015). Ωστόσο, το προϊόν εξακολουθεί να υπόκειται σε περιβαλλοντικές συνθήκες, επιβαρύνεται η εφοδιαστική των μεταφορών και το τελικό στάδιο ανάπτυξης κατά τη συγκομιδή ορίζει όρια ανάλογα με τη διάρκεια ζωής του κομμένου προϊόντος.

Τα καλλιεργητικά μέσα θα πρέπει να έχουν pH 5.5-6.5, χαμηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα (<500 mS / cm) και βέλτιστη ικανότητα συγκράτησης νερού (55-70% v / v) και αερισμό (20-30% v / v) (Abad, Noguera, & Bur 2001). Η τύρφη και τα υποστρώματα βασισμένα σε αυτή είναι τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα για την παραγωγή μικροσαλάτων. Το έδαφος με στοιχεία από κοκκοφοίνικα είναι μια εναλλακτική λύση στην τύρφη που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές, αλλά έχει μεταβλητές φυσικοχημικές ιδιότητες και συχνά υψηλή περιεκτικότητα σε αλάτι και υψηλό αριθμό μυκήτων και βακτηρίων (Prasad, 1997). Τα συνθετικά μέσα από ίνες ειδικά αναπτυγμένα για την παραγωγή μικροσαλάτων, όπως ο πετροβάμβακας ή το πολυαιθυλένιο (PET), δημιουργούν προβλήματα διάθεσης. Τα φυσικά ινώδη μέσα, όπως λινάτσα για τρόφιμα που αποτελούνται από ανακυκλωμένους πυρήνες από γιούτα, έχουν επίσης αναπτυχθεί και επί του παρόντος διατίθενται στο εμπόριο για

μικροσαλάτες. Οι εναλλακτικές λύσεις χαμηλού κόστους φυσικής και ανανεώσιμης προέλευσης (π.χ. πολτός κυτταρίνης, βαμβάκι, γιούτα, κενάφ και ηλίανθος κάνναβη) και μείγματα υλικών που συνδυάζουν επιθυμητές ιδιότητες συνιστούν δυνητικά μέσα καλλιέργειας για τις μικροσαλάτες (Di Gioia, De Bellis, Mininni, Santamaria και Serio, 2016). Τα εν λόγω μέσα μπορούν να ενισχυθούν για να βελτιώσουν τη θρεπτική αξία των μικροσαλατών (Nyenhuis & Drellich, 2015) ή να εμβολιαστούν με θετικά δρώντες μικροοργανισμούς για τον έλεγχο των παθογόνων ή την έναυση της ανάπτυξης (Pill, Collins, Gregory, & Evans, 2011).....

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup> – ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ**

Για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας, έλαβε χώρα η παραγωγή μικροσαλάτας ραπανιού *saxa* και σπανακιού *virgfly*.

### **2.1 Σκοπός του πειράματος**

Ο στόχος του πειράματος ήταν η εξοικείωση με τις μικροσαλάτες, καθώς και τον τρόπο καλλιέργειας, ποτίσματος, λίπανσης και τελικής συγκομιδής. Σκοπός του πειράματος ήταν να αποδείξουμε ότι οι μικροσαλάτες που συγκομίζονται σε αυτό το στάδιο ανάπτυξης είναι πιο ωφέλιμα για τον ανθρώπινο οργανισμό ,αφού περιέχονται μεγαλύτερες ποσότητες θρεπτικών συστατικών απ' ότι στο κανονικό στάδιο συγκομιδής. Για το σκοπό αυτό επιλέχθηκε η καλλιέργεια μικροσαλάτας ραπανιού *saxa* και σπανακιού *virgfly*. Το ραπάνι είναι μικροσαλάτα συνήθως μικρού μεγέθους (4-5cm), με ένα πολύ λεπτό στέλεχος, με κοτυληδόνα φύλλα σχήματος πράσινης καρδιάς που είναι τυπικά των *Brassicaceae*. Η γεύση που είναι ελαφρώς πικάντικη και τυπική των *Brassicaceae*. Το σπανάκι αντίστοιχα ανήκει στην οικογένεια των *Amaranthaceae* και είναι μεσαίου μεγέθους μικροσαλάτα.

### **2.2 Υλικά και Μέθοδοι**



Χρησιμοποιήθηκαν σπόροι από σπανάκι *Spinacia oleracea* L. (ποικιλία Viroflay της εταιρείας Agrogen) και ραπάνι *Raphanus sativus* L (ποικιλία Saxa 2, κόκκινο στρογγυλό της εταιρείας Gemma). Οι σπόροι και των δυο ειδών σπάρθηκαν σε δίσκους διογκωμένης πολυστερίνης διαστάσεων 45\*31 cm. Σε κάθε δοχείο σπάρθηκαν 1.500 σπόροι από το κάθε είδος. Με αναγωγή στο m<sup>2</sup> η πυκνότητα σποράς ήταν 10.752 σπόροι/m<sup>2</sup>. Εφαρμόστηκαν 3 διαδοχικές συγκομιδές για το ραπάνι και δυο για το σπανάκι.

Πίνακας 1 Ημερομηνίες σποράς και συγκομιδής των δυο φυτικών ειδών

Φυτικό είδος	Ημερομηνία σποράς	1 <sup>η</sup> συγκομιδή	2 <sup>η</sup> συγκομιδή	3 <sup>η</sup> συγκομιδή
Ραπάνι	24/1/17	8/2 (15 ημέρες από την σπορά)	13/2 (20 ημέρες από την σπορά)	17/2 (24 ημέρες από την σπορά)
Σπανάκι	24/1/17	8/2 (15 ημέρες από την σπορά)	13/2 (20 ημέρες από την σπορά)	-

Ως υπόστρωμα, χρησιμοποιήθηκε εμπλουτισμένη ξανθιά τύρφη της εταιρείας Klasmann (τύπος TS2) η οποία αναμίχθηκε με περλίτη (1:1 v/v).

- Σπανάκι virofly

Τα φυτά φυτεύτηκαν την ίδια μέρα , όμως συγκομίστηκαν περίπου μια εβδομάδα αργότερα ο κάθε μεγάλος δίσκος και στο τέλος οι τέσσερις μικροί δίσκοι. Η τρίτη συγκομιδή δεν έλαβε χώρα καθώς τα φυτά παρουσίασαν έλλειψη φωσφόρου και δε ήταν δυνατή η συλλογή επαρκούς ποσότητάς επαρκή ποσότητα δείγματος. Στις εικόνες που ακολουθούν παρουσιάζεται η εξέλιξη των φυτών.



*Εικόνα 1 Δέκατη πέμπτη ημέρα μετά την φύτευση*



*Εικόνα 2 24<sup>η</sup> ημέρα καλλιέργειας*



*Εικόνα 3 28<sup>η</sup> ημέρα καλλιέργειας (3<sup>η</sup> συγκομιδή)*

- Ραπάνι

Τα φυτά φυτεύτηκαν την ίδια μέρα , όμως συγκομίστηκαν περίπου μια εβδομάδα αργότερα ο κάθε μεγάλος δίσκος και στο τέλος οι τέσσερις μικροί δίσκοι. Στις εικόνες που ακολουθούν παρουσιάζεται η εξέλιξη των φυτών.

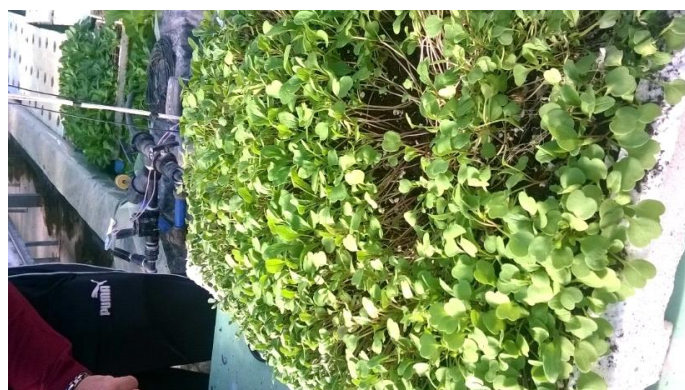




Εικόνα 4 Εικοστή ημέρα (2<sup>η</sup> συγκομιδή) μετά την φύτευση (παρουσιάζεται ο ένας μεγάλος δίσκος και οι τέσσερις μικρότερων διαστάσεων, καθώς και η συγκομιδή)



*Εικόνα 22<sup>η</sup> ημέρα καλλιέργειας*



*Εικόνα 6 24<sup>η</sup> ημέρα καλλιέργειας (3<sup>η</sup> συγκομιδή)*

### **2.3 Συγκομιδή**

Η συγκομιδή πραγματοποιήθηκε σε 3 και 2 στάδια (πίνακας 1) για το ραπάνι και το σπανάκι αντιστοίχως, με κοπή του υπεργείου τμήματος των φυτών κοντά στο υπόστρωμα. Τα δείγματα των φυτικών ιστών περιελάμβαναν τα κοτυληδονόφυλλα, τα στελέχη και κατά την 3η συγκομιδή (για το ραπάνι), ένα μικρό ποσοστό των πρώτων πραγματικών φύλλων.

### **2.4 Αναλύσεις φυτικών ιστών**

Στα δείγματα φύλλων και στελεχών των φυτών από κάθε συγκομιδή πραγματοποιήθηκαν αναλύσεις όπου μετρήθηκαν τα ανόργανα θρεπτικά στοιχεία: Ca, Mg, P, K, Cu, Fe, Mn Zn και B.

Η ξήρανση των φυτικών ιστών έγινε μετά από παραμονή τους σε θάλαμο με θερμοκρασία 72°C μέχρις ότου σταθεροποιηθεί το βάρος τους. Οι φυτικοί ιστοί (φύλλα και ρίζες) που προορίζονταν για τους προσδιορισμούς των θρεπτικών στοιχείων, ξεπλύθηκαν προσεκτικά με απιονισμένο νερό και ξηράνθηκαν στους 72°C μέχρι σταθεροποίησης του βάρους τους. Μετά την ξήρανσή τους και εφόσον προσδιορίσθηκε το ξηρό βάρος, πραγματοποιήθηκε άλεση με σκοπό την μείωση του όγκου και την διευκόλυνση της ομογενοποίησής τους κατά την χημική ανάλυση. Η άλεση έγινε με την βοήθεια ειδικού μύλου αλέσεως φυτικών ιστών με τη χρήση ανοξείδωτου κοσκίνου οπών 1 mm (20-mesh). Μετά την άλεση το μέγεθος των τεμαχιδίων ήταν <1mm.

Στην συνέχεια ζυγίσθηκε 1 g αλεσμένου φυτικού ιστού και τοποθετήθηκε σε ειδική ανθεκτική σε υψηλές θερμοκρασίες πορσελάνινη κάψα (χωνευτήρι). Η κάψα με το περιεχόμενό της, τοποθετήθηκε στο πυριαντήριο στους 550°C. Στην θερμοκρασία αυτή το δείγμα παρέμεινε για 4,5 ώρες, μέχρι καύσεως όλης της οργανικής ουσίας του υπό ανάλυση φυτικού ιστού (λευκός χρωματισμός της τέφρας). Μετά την παρέλευση των 4,5 ωρών και αφού κρύωσε ο θάλαμος καύσεως του πυριαντηρίου (την επομένη ημέρα), το δείγμα (τέφρα φυτικού ιστού) υπέστη εκχύλιση με 15 ml HCl 10% (9:1) (1 μέρος HCl 37% και 9 μέρη καθαρό νερό).

Το διάλυμα της τέφρας με το HCl ανακατεύθηκε καλά και στην συνέχεια έγινε διήθηση σε πλαστικό φιαλίδιο των 50 ml με την χρήση καταλλήλου διηθητικού χαρτιού, ξεπλένοντας επανειλημμένως την κάψα και τον ηθμό. Τέλος, μετά την εκχύλιση πραγματοποιήθηκε συμπλήρωση του φιαλιδίου σε τελικό όγκο 50 ml με καθαρό νερό και το δείγμα (εκχύλισμα) οδηγήθηκε για τις επιμέρους αναλύσεις.

#### 2.4.1 Προσδιορισμός του P

Η συγκέντρωση του P, προσδιορίσθηκε φωτομετρικά (Hitachi Model U2001) μετά από καύση των φυτικών ιστών (βάρος 1g) στους 550 °C και εκχύλιση με HCl 10%



(Hanlon, 1992) σε μήκος κύματος 460 nm σύμφωνα με τη μέθοδο του μολυβδαινικού αμμωνίου (Murphy και Riley, 1962).

#### 2.4.2 Προσδιορισμός του B

Η συγκέντρωση του B προσδιορίστηκε επίσης φωτομετρικά (Hitachi Model U2001) μετά από καύση των φυτικών ιστών (βάρους 1g) στους 550 °C και εκχύλιση με HCl 10% (Hanlon, 1992) σύμφωνα με τη μέθοδο της αζομεθίνης σε μήκος κύματος 420 nm (Gupta και Stewart, 1975).

#### 2.4.3 Προσδιορισμός των Ca, Mg, K, Na, Fe, Cu, Mn, Zn.

Οι συγκεντρώσεις των Ca, Mg, K, Na, Fe, Cu, Mn and Zn προσδιορίστηκαν μέσω της φασματοφωτομετρίας ατομικής απορρόφησης με τη βοήθεια του οργάνου της ατομικής απορρόφησης (GBC 906A/A Australia). Χρησιμοποιήθηκε φλόγα αέρα-ασετυλίνης υψηλής καθαρότητας. Ειδικότερα, για τον προσδιορισμό των Ca και Mg προστέθηκε διάλυμα συγκέντρωσης 4.500 mg/l La στα δείγματα και στα πρότυπα διαλύματα, για την αποφυγή παρεμβολών από άλλα στοιχεία. Στην περίπτωση των Ca, Mg, K και Na οι συγκεντρώσεις εκφράστηκαν σε % των στοιχείων επί της ξηράς ουσίας, ενώ στην περίπτωση των Fe, Cu, Mn και Zn οι συγκεντρώσεις εκφράστηκαν σε ppm των στοιχείων επί της ξηράς ουσίας.

#### 2.4.3 Στατιστική ανάλυση

Η στατιστική ανάλυση των έγινε με τη βοήθεια του στατιστικού προγράμματος StatGraphics Centurion και η σημαντικότητα των διαφορών των μέσων των λιπαντικών μεταχειρίσεων εκτιμήθηκε με το κριτήριο Duncan σε επίπεδο σημαντικότητας  $p \leq 0,05$ .

## 2.5 Αποτελέσματα

### 2.5.1 Ραπάνι

*Πίνακας 2 Επίδραση του σταδίου συγκομιδής στην μεταβολή της νωπής μάζας του υπέργειου τμήματος και της ξηράς ουσίας στο ραπάνι*

Στάδιο συγκομιδής (ημέρες από την σπορά)	Νωπό βάρος υπέργειου τμήματος (g/m <sup>2</sup> )	Ξηρά ουσία %
--	---	--------------

15	371,8 c	6,80 c
20	627,8 b	8,55 b
24	760,3 a	10,86 a

\* Τιμές που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα στην ίδια στήλη, δεν διαφέρουν σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο Duncan ( $p=0,05$ ).

Βάσει των αποτελεσμάτων του πίνακα 2 συνάγεται ότι τόσο νωπό βάρος του υπέργειου τμήματος όσο και η ξηρά ουσία, αυξάνονται σημαντικά σε σχέση με το στάδιο συγκομιδής με τις μεγαλύτερες τιμές να παρατηρούνται στις 24 ημέρες και τις μικρότερες στις 15 και 20 ημέρες από την σπορά.

*Πίνακας 3 Επίδραση του σταδίου συγκομιδής στην μεταβολή των συγκεντρώσεων των θρεπτικών στοιχείων Ca, P, K, Mg και Na στους φυτικούς ιστούς στο ραπάνι (επί της ξηράς ουσίας %)*

Στάδιο συγκομιδής (ημέρες από την σπορά)	Ca	Mg	K	Na	P
15	1,96 b	0,38 b	4,25 b	0,40 b	0,80 ns
20	2,28 a	0,46 a	4,96 a	0,54 a	0,87 ns
24	2,15 a	0,45 a	3,96 c	0,59 a	0,86 ns

\* Τιμές που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα στην ίδια στήλη, δεν διαφέρουν σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο Duncan ( $p=0,05$ ).

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του πίνακα 3 προκύπτουν τα εξής:

- Ca, Mg, Na: παρουσιάζονται σημαντικά υψηλότερα στις 20 και 24 σε σχέση με τις 15 ημέρες από την σπορά.
- P: δεν μεταβάλλεται σε σχέση με το στάδιο συγκομιδής.
- K: η χαμηλότερη συγκέντρωσή του παρατηρείται στις 20 και η μεγαλύτερη στις 24 ημέρες από την σπορά, με όλα τα στάδια να διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους.

*Πίνακας 4 Επίδραση του σταδίου συγκομιδής στην μεταβολή των συγκεντρώσεων των ιχνοστοιχείων Fe, Mn, Zn, Cu και B στους φυτικούς ιστούς στο ραπάνι (ppm επί της ξηράς ουσίας)*

Στάδιο συγκομιδής (ημέρες από την σπορά)	Fe	Mn	Zn	Cu	B
15	112,30 a	46,00 a	55,88 a	13,82 a	20,47 c



20	101,37 b	47,11 a	53,73 a	13,13 a	25,35 b
24	92,17 c	37,63 b	46,80 b	10,09 b	30,02 a

\* Τιμές που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα στην ίδια στήλη, δεν διαφέρουν σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο Duncan ( $p=0,05$ ).

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του πίνακα 9 προκύπτουν τα εξής:

- Fe: η συγκέντρωσή του μειώνεται σταδιακά σε συνάρτηση με το στάδιο συγκομιδής με την μικρότερη συγκέντρωση να παρατηρείται στις 24 ημέρες από την σπορά.
- Mn, Zn, Cu: οι υψηλότερες τιμές παρατηρούνται στις 15 και 20 ημέρες από την σπορά σε σχέση με τις 24 ημέρες.
- B: η συγκέντρωσή του αυξάνεται σε σχέση με το στάδιο συγκομιδής με την μεγαλύτερη τιμή να παρατηρείται στις 24 ημέρες από την σπορά

## 2.5.2 Σπανάκι

*Πίνακας 5 Επίδραση του σταδίου συγκομιδής στην μεταβολή της νωπής μάζας του υπέργειου τμήματος και της ξηράς ουσίας στο σπανάκι.*

Στάδιο συγκομιδής (ημέρες από την σπορά)	Νωπό βάρος υπέργειου τμήματος ( $g/m^2$ )	Ξηρά ουσία %
15	278,7 b	8,22 b
20	318,6 a	9,34 a

\* Τιμές που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα στην ίδια στήλη, δεν διαφέρουν σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο Duncan ( $p=0,05$ ).

Βάσει των αποτελεσμάτων του πίνακα 5 συνάγεται ότι τόσο νωπό βάρος του υπέργειου τμήματος όσο και η ξηρά ουσία, αυξάνονται σημαντικά σε σχέση με το στάδιο συγκομιδής με τις μεγαλύτερες τιμές να παρατηρούνται στις 20 ημέρες από την σπορά.

*Πίνακας 6 Επίδραση του σταδίου συγκομιδής στην μεταβολή των συγκεντρώσεων των θρεπτικών στοιχείων Ca, P, K, Mg και Na στους φυτικούς ιστούς στο σπανάκι (επί της ξηράς ουσίας %).*

Στάδιο συγκομιδής (ημέρες από την σπορά)	Ca	Mg	K	Na	P
15	0,90 ns	0,49 b	7,22 b	0,26 ns	0,90 ns
20	1,09 ns	0,54 a	7,79 a	0,32 ns	0,89 ns

\* Τιμές που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα στην ίδια στήλη, δεν διαφέρουν σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο Duncan ( $p=0,05$ ).

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του πίνακα 6 προκύπτουν τα εξής:

- Ca, Na, P: δεν επηρεάζονται από το στάδιο συγκομιδής.
- K, Mg: η υψηλότερη συγκέντρωσή τους παρατηρείται στις 20 ημέρες από την σπορά

*Πίνακας 7 Επίδραση του σταδίου συγκομιδής στην μεταβολή των συγκεντρώσεων των ιχνοστοιχείων Fe, Mn, Zn, Cu και B στους φυτικούς ιστούς στο σπανάκι (ppm επί της ξηράς ουσίας)*

Στάδιο συγκομιδής (ημέρες από την σπορά)	Fe	Mn	Zn	Cu	B
15	88,12 b	42,48 b	52,52 ns	14,98 a	20,72 ns
20	90,82 a	50,90 a	49,78 ns	12,60 b	22,04 ns

\* Τιμές που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα στην ίδια στήλη, δεν διαφέρουν σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο Duncan ( $p=0,05$ ).

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του πίνακα 7 προκύπτουν τα εξής:

- Zn, B: οι συγκεντρώσεις τους δεν μεταβάλλονται σε σχέση με το στάδιο συγκομιδής.
- Fe, Mn: η υψηλότερη τιμή παρατηρείται στις 20 ημέρες από την σπορά.
- Cu: η υψηλότερη συγκέντρωση παρατηρείται στις 15 ημέρες από την σπορά.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>0</sup> - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι μικροσαλάτες που αφορούν το σπανάκι και το ραπάνι αποτελούν δυο πολύ ενδιαφέρουσες φυτικές επιλογές τόσο σε σχέση με την θρεπτική αξία τους, όσο και σε σχέση με την καλλιεργητική τεχνική και τις αποδόσεις τους. Στην παρούσα εργασία έγινε προσπάθεια να διερευνηθεί η απόδοση και η μεταβολή των θρεπτικών στοιχείων σε σχέση με το στάδιο συγκομιδής. Λόγω του ότι οι μικροσαλάτες αποτελούν ένα πολύ νέο είδος λαχανικών, τουλάχιστον για τα ελληνικά δεδομένα, θα

ήταν πολύ χρήσιμο να δημιουργηθούν πρωτόκολλα καλλιέργειας τα οποία θα είναι χρήσιμα για την επιχειρηματική παραγωγή τους.

Όπως φαίνεται από τα αποτελέσματα του πειράματος, και τα δυο φυτικά είδη παρουσιάζουν σημαντικές μεταβολές στην παραγωγή του νωπού προϊόντος αλλά και της ξηράς ουσίας. Σημαντικές μεταβολές παρατηρούνται επίσης και στις συγκεντρώσεις των θρεπτικών στοιχείων σε σχέση με το στάδιο συγκομιδής, γεγονός το οποίο βοηθά στην χρήσιμη εξαγωγή συμπερασμάτων για τον καταλληλότερο χρόνο συγκομιδής, τα σχήματα θρέψης που θα εφαρμοσθούν, τον τρόπο αρδεύσεως και την κατάλληλη επιλογή υποστρώματος.

Οι μικροσαλάτες αποτελούν μια νέα κατηγορία λαχανικών που θεωρούνται ως οι νέες υπερτροφές της εποχής μας. Τόσο η υψηλή περιεκτικότητα σε αντιοξειδωτικές ουσίες όσο και η διατήρηση της διατροφικής ποιότητας και των ιδιοτήτων τους αποτελούν νέα πεδία έρευνας έχοντας ως στόχο την αύξηση της παραγωγικότητας. Επίσης, στόχος είναι η παραγωγή υγιεινών προϊόντων, με χαμηλότερες τιμές. Σύμφωνα με τις έως τώρα έρευνες αποδεικνύεται ότι υπάρχουν πολλά υποσχόμενα αποτελέσματα για την περαιτέρω αύξηση της παραγωγής σε ένα ελεγχόμενο περιβάλλον σε σχέση:

- Με την μεταχείριση των σπόρων αλλά και του μέσου σποράς πριν από τη σπορά. Στόχος εδώ είναι κυρίως η συντόμευση του κύκλου παραγωγής.
- Με την επιλογή γενετικού υλικού. Πρέπει να αξιοποιηθούν παραδοσιακές ποικιλίες λαχανικών, όπως οι ανεπαρκώς αξιοποιημένες καλλιέργειες των άγριων βρώσιμων φυτών (πχ, ταραξάκο) και η αναζήτηση ισορροπίας μεταξύ περιεκτικότητας σε φυτοθρεπτικά συστατικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά.
- Με την έρευνα πάνω στις συνθήκες φωτισμού (ποιότητα, ένταση και φωτοπερίοδος) που παίζουν έναν πολύ σημαντικό ρόλο όχι μόνο στον ρυθμό αναπτύξεως και στην αύξηση της παραγωγής, αλλά και στην περιεκτικότητα σε αντιοξειδωτικές ουσίες, σε μέταλλα.
- Με την διαχείριση της παραγωγής μετασυλλεκτικά. Ο τρόπος της συλλογής, του πλυσίματος και της θερμοκρασίας, συμβάλλουν στην διατήρηση των ιδιοτήτων των μικροσαλατών και στην αποφυγή της

αναπτύξεως μικροοργανισμών. Δηλαδή επηρεάζουν την διάρκεια ζωής και των ποιοτικών χαρακτηριστικών τους. Μηχανικές βλάβες που εμφανίζονται κατά την πλύση και κατά την αποξήρανση θέτουν σε κίνδυνο τη διάρκεια ζωής τους. Επομένως, θα πρέπει να αναπτυχθούν τεχνολογίες για να ξεπεραστούν αυτοί οι περιορισμοί.

- Η γονοτυπική μεταβλητότητα στην ευαισθησία της ψύξης και η αλληλεπίδραση με το στάδιο ανάπτυξης, τη διάρκεια αποθήκευσης και την ατμοσφαιρική σύνθεση, αποτελούν ουσιαστικές πληροφορίες για τη βελτιστοποίηση στο χειρισμό της συγκομισμένης παραγωγής για την ανάπτυξη έτοιμων προς κατανάλωση προϊόντων ανώτερης ποιότητας.
- Άλλοι σημαντικές παράγοντες είναι η θερμοκρασία αποθήκευσης, η ατμοσφαιρική σύνθεση καθώς και τα υλικά συσκευασίας. Με την κατάλληλη θερμοκρασία, αλλά και την μεταβολή των συγκεντρώσεων του CO<sub>2</sub> και του O<sub>2</sub>, επηρεάζεται άμεσα και έμμεσα η διάρκεια ζωής, η ανάπτυξη οσμών και η ανάπτυξη μικροβίων.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

Abad, M., Noguera, P., & Bure s, S. (2001). National inventory of organic wastes for use as growing media for ornamental potted plant production: Case study in Spain. *Bioresource Technology*, 77, 197e200.

Bian, Z. H., Yang, Q. C., & Liu, W. K. (2015). Effects of light quality on the accumulation of phytochemicals in vegetables produced in controlled environments: A review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95, 869e877.

- Brazaityte , A., Jankauskiene , J., & Novickovas, A. (2013). The effects of supplementary short-term red LEDs lighting on nutritional quality of *Perilla frutescens* L. microgreens. *Rural Development*, 54e58.
- Brazaityte , A., Sakalauskiene , S., Samuoliene , G., Jankauskiene , J., Virsile , A., Novickovas, A., et al. (2015). The effects of LED illumination spectra and intensity on carotenoid content in Brassicaceae microgreens. *Food Chemistry*, 173, 600e606.
- Brazaityte\_ , A., Virsile, A., Jankauskiene\_ , J., Sakalauskiene\_ , S., Samuoliene\_ , G., Sirtautas, R., et al. (2015). Effect of supplemental UV-A irradiation in solid-state lighting on the growth and phytochemical content of microgreens. *International Agrophysics*, 29, 13e22.
- Cantwell, M., & Suslow, T. (2002). Postharvest handling systems: Minimally processed fruits and vegetables. In A. A. Kader (Ed.), *Postharvest technology of horticultural crops* (pp. 445e463). University of California, Division of Agriculture and Natural Resources Publication. 3311.
- Carvalho, S. D., & Folta, K. M. (2016). Green light control of anthocyanin production in microgreens. *Acta Horticulturae*, 1134, 13e18.
- Champigny, M. L. (1995). Integration of photosynthetic carbon and nitrogen metabolism in higher plants. *Photosynthesis Research*, 46, 117e127.
- Choi, M. K., Chang, M. S., Eom, S. H., Min, K. S., & Kang, M. H. (2015). Physiological composition of buckwheat microgreens grown under different light conditions. *Journal of the Korean Society of Food Science Nutrition*, 44(5), 709e715.
- Ciancaleoni, S., Chiarenza, G. L., Raggi, L., Branca, F., & Negri, V. (2014). Diversity characterization of broccoli (*Brassica oleraceae* L. var. *italica* Plenck) landraces for their on farm (in situ) safeguard and use in the breeding programs. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 61(2), 451e464.
- Clarkson, G. J. J., Rothwell, S. D., & Taylor, G. (2005). End of day harvest extends shelf life. *Hortscience*, 40, 1431e1435.

- Davis, D. R. (2009). Declining fruit and vegetable nutrient composition: What is the evidence? *Hortscience*, 44(1), 15e19.
- Delian, E., Chira, A., Badulescu, L., & Chira, L. (2015). Insight into microgreens physiology. *Scientific papers, Series B, Horticulture*, LIX, 447e454.
- Di Gioia, F., De Bellis, P., Mininni, C., Santamaria, P., & Serio, F. (2016). Physico-chemical, agronomical and microbiological evaluation of alternative growing media for the production of rapini (*Brassica rapa* L.) microgreens. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96. <http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.7852>.
- Di Gioia, F., Mininni, C., & Santamaria, P. (2015). How to grow microgreens. In F. Di Gioia, & P. Santamaria (Eds.), *Microgreens: Microgreens: Novel fresh and functional food to explore all the value of biodiversity* (pp. 51e79). Italy: ECO-logica srl Bari.
- Di Gioia, F., & Santamaria, P. (2015). *Microgreens: Novel fresh and functional food to explore all the value of biodiversity* (p. 118). Italy: ECO-logica srl Bari.
- Ding, H., Fu, T. J., & Smith, M. A. (2013). Microbial Contamination in sprouts: How effective is seed disinfection treatment? *Journal of Food Science*, 78(4), 495e501.
- Drewnowski, A., & Gomez-Carneros, C. (2000). Bitter taste, phytonutrients, and the consumer: A review. *American Journal of Clinical Nutrition*, 72, 1424e1435.
- Ebert, A. W. (2014). Potential of underutilized traditional vegetables and legume crops to contribute to food and nutritional security, income and more sustainable production systems. *Sustainability*, 6, 319e335.
- Ekholm, P., Reinivuo, H., Mattila, P., Pakkala, H., Koponen, J., Happonen, A., et al. (2007). Changes in the mineral and trace elements contents of cereals, fruits and vegetables in Finland. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20,487e495.

- Faudale, M., Viladomat, F., Bastida, J., Poli, F., & Codina, C. (2008). Antioxidant activity and phenolic composition of wild, edible and medicinal fennel from different Mediterranean countries. *Journal of Agricultural Science and Food Chemistry*, 56, 1912e1920.
- Garcia, E., & Barrett, D. M. (2005). Fresh-cut fruits. In D. M. Barrett, L. Somogyi, & H. Ramaswamy (Eds.), *Processing fruits* (pp. 53e72). Danvers: CRC Press.
- Garrido, Y., Tudela, J. A., & Gil, M. I. (2015). Time of day for harvest and delay before processing affect the quality of minimally processed baby spinach. *Postharvest Biology and Technology*, 110, 9e17.
- Gupta, S.K., Stewart, J.W.B., 1975. The extraction and determination of plant available boron in soil. *Schweiz. Landwirtsch. Forsch.* 14: 153-169.
- Hanlon, E.A., 1992. Determination of potassium, calcium and magnesium in plants by atomic absorption techniques, pp. 33-36. In: C.O. Plank (Ed.), *Plant Analysis Reference Procedures for the Southern Region of the United States*. Southern Cooperative Series Bulletin 368. University of Georgia, Athens.
- Hasperue, J. H., Guardianelli, L., Rodoni, L. M., & Chaves, A. R. (2016). Continuous white-blue LED light exposition delays postharvest senescence of broccoli. *LWT e Food Science and Technology*, 65, 495e502.
- Hodges, D. M., & Toivonen, P. M. A. (2008). Quality of fresh-cut fruits and vegetables as affected by exposure to abiotic stress. *Postharvest Biology and Technology*, 48,155e162.
- Jeffery, E. H., Brown, A. F., Kurilich, A. C., Keck, A. S., Matusheski, N., Klein, B. P., et al. (2003). Variation in content of bioactive components in broccoli. *Journal of Food Composition and Analysis*, 16, 323e330.
- Kader, A. A. (2002). *Postharvest technology of horticultural crops* (p. 535). University of California, Division of Agriculture and Natural Resources Publication 3311.
- Koppertcress. (2016). <http://usa.koppertcress.com>.

- Kopsell, D. A., Pantanizopoulos, N. I., Sams, C. E., & Kopsell, D. E. (2012). Shoot tissue pigment levels increase in 'Florida Broadleaf' mustard (*Brassica juncea* L.) microgreens following high light treatment. *Scientia Horticulturae*, 140, 96e99.
- Kopsell, D. A., & Sams, C. E. (2013). Increases in shoot tissue pigments, glucosinolates, and mineral elements in sprouting broccoli after exposure to short-duration blue light from light emitting diodes. *Journal of the American Society for Horticultural Sciences*, 138(1), 31e37.
- Kou, L., Luo, Y., Parl, E., Turner, E. R., Barczak, A., & Jurick, W. M. (2014). Temperature abuse timing affects the rate of quality deterioration of commercially packaged ready-to-eat baby spinach. Part I: Sensory analysis and selected quality attributes. *Postharvest Biology and Technology*, 91, 96e103.
- Kou, L. P., Luo, Y. G., Yang, T. B., Xiao, Z. L., Turner, E. R., Lester, G. E., et al. (2013). Postharvest biology, quality and shelf life of buckwheat microgreens. *LWT-Food Science and Technology*, 51(1), 73e78.
- Kou, L., Yang, T., Liu, X., & Luo, Y. (2015). Effects of pre- and postharvest calcium treatments on shelf life and quality of broccoli microgreens. *Hortscience*, 50, 1801e1808.
- Lee, J. S., Pill, W. G., Cobb, B. B., & Olszewski, M. (2004). Seed treatments to advance greenhouse establishment of beet and chard microgreens. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 79(49), 565e570.
- Liang, J., Han, B. Z., Nout, M. R., & Hamer, R. J. (2009). Effect of soaking and phytase treatment on phytic acid, calcium, iron and zinc in rice fractions. *Food Chemistry*, 115(3), 789e794.
- Murphy, C. J., Llorca, K. F., & Pill, W. G. (2010). Factors affecting the growth of microgreen table beet. *International Journal of Vegetable Science*, 16(3), 253e266.



- Murphy, C. J., & Pill, W. G. (2010). Cultural practices to speed the growth of microgreen arugula (rocket; *Eruca vesicaria* subsp. *sativa*). *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 85(3), 171e176.
- Murphy, J., Riley, J.P., 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Ann. Chem. Acta.* 27: 31-36.
- Nyenhuis, J., & Drelich, J. W. (2015). Essential micronutrient biofortification of sprouts grown on mineral fortified fiber mats. *International Scholarly and Scientific Research & Innovation*, 9(9), 981e984.
- Ohashi-Kaneko, K., Takase, M., Kon, N., Fujiwara, K., & Kurata, K. (2007). Effect of light quality on growth and vegetable quality in leaf lettuce, spinach and komatsuna. *Environmental Control Biology*, 45, 189e198.
- Pill, W. G., Collins, C. M., Gregory, N., & Evans, T. A. (2011). Application method and rate of *Trichoderma* species as a biological control against *Pythium aphanidermatum* (Edson) Fitzp. in the production of microgreen table beets (*Beta vulgaris* L.). *Scientia Horticulturae*, 129(4), 914e918.
- Portella, S. I., & Cantwell, M. I. (2001). Cutting blade sharpness affects appearance and other quality attributes of fresh-cut cantaloupe melon. *Journal of Food Science*, 66(9), 1265e1270.
- Prasad, M. (1997). Physical, chemical and biological properties of coir dust. *Acta Horticulture*, 450, 21e30.
- Przybysz, A., Wrochna, M., Małecka-Przybysz, M., Gawron ska, H., & Gawron ski, S. W. (2015). The effects of Mg enrichment of vegetable sprouts on Mg concentration, yield and ROS generation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(10), 3469e3476.
- Przybysz, A., Wrochna, M., Małecka-Przybysz, M., Gawron ska, H., & Gawron ski, S. W. (2016). Vegetable sprouts enriched with iron: Effects on yield, ROS generation and antioxidative system. *Scientia Horticulturae*, 203, 110e117.

- Romojaro, A., Botella, A., Obo n, C., & Pretel, T. (2013). Nutritional and antioxidant properties of wild edible plants and their use as potential ingredients in the modern diet. *International Journal of Food Science and Nutrition*, 64(8), 944e952.
- Saltveit, M. E., Choi, Y. J., & Tom as-Barber an, F. A. (2005). Involvement of components of the phospholipid-signalling pathway in wound-induced phenyl- propanoid metabolism in lettuce (*Lactuca sativa*) leaf tissue. *Physiologia Plantarum*, 125, 345e355.
- Samuoliene\_ , G., Brazaityte\_ , A., Jankauskiene\_ , J., Vir sile\_ , A., Sirtautas, R., Novi ckovas, A., et al. (2013). LED irradiance level affects growth and nutritional quality of *Brassica microgreens*. *Central European Journal of Biology*, 8(12), 1241e1249.
- Sun, J., Kou, L., Geng, P., Huang, H., Yang, T., Luo, Y., et al. (2015). Metabolomic assessment reveals an elevated level of glucosinolate content in CaCl<sub>2</sub> treated broccoli microgreens. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63, 1863e1868.
- Supapvanich, S., Arkajak, R., & Yalai, K. (2012). Maintenance of postharvest quality and bioactive compounds of fresh-cut sweet leaf bush (*Sauropus androgynus* L. Merr.) through hot CaCl<sub>2</sub>dips. *International Journal of Food Science and Tech- nology*, 47, 2662e2670.
- Treadwell, D., Hochmuth, R., Landrum, L., & Laughlin, W. (2010). *Microgreens: A new specialty crop* (p. HS1164). University of Florida, IFAS Extension.
- Va stakaite\_ , V., Vir sile\_ , A., Brazaityte\_ , A., Samuolienee\_ , G., Jankauskiene\_ , J., Sirtautas, R., et al. (2015). The effect of UV-A supplemental lighting on antioxidant properties of *Ocimum basilicum* L. microgreens in greenhouse. *Proceedings of the 7th International Scientific Conference Rural Development*, 1e7.

- White, P. J., & Broadley, M. R. (2009). Biofortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets - Iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium and iodine. *New Phytologist*, 182, 49e84.
- Wu, M., Hou, C., Jiang, C., Wang, Y., Wang, C., Chen, H., et al. (2007). A novel approach of LED light radiation improves the antioxidant activity of pea seedlings. *Food Chemistry*, 101, 1753e1758.
- Xiao, Z., Lester, G. E., Luo, Y., & Wang, Q. (2012). Assessment of vitamin and carotenoid concentrations of emerging food products: Edible microgreens. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60, 7644–7651. doi:10.1021/jf300459b
- Xiao, Z., Bauchan, G., Nichols-Russell, L., Luo, Y., Wang, Q., & Nou, X. (2015). Proliferation of *Escherichia coli* O157:H7 in soil-substitute and hydroponic microgreen production systems. *Journal of Food Protection*, 78(10), 1785e1790.
- Xiao, Z., Lester, G. E., Park, E., Saftner, R. A., Luo, Y., & Wang, Q. (2015). Evaluation and correlation of sensory attributes and chemical compositions of emerging fresh produce: Microgreens. *Postharvest Biology and Technology*, 110, 140e148.
- Yang, R., Guo, L., Jin, X., Shen, C., Zhou, Y., & Gu, Z. (2015). Enhancement of gluco- sinolate and sulforaphane formation of broccoli sprouts by zinc sulphate via its stress effect. *Journal of Functional Foods*, 13, 345e349.