

«MICROGREENS: ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΗ ΑΞΙΑ, ΘΡΕΠΤΙΚΑ

ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ»

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΥΑΓΓΕΛΑΤΟΥ ΟΛΥΜΠΙΑΣ

Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων

Σχολή Περιβάλλοντος

ΙΟΝΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ



Αργοστόλι Κεφαλληνίας

ΜΑΙΟΣ 2022

«MICROGREENS: ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΗ ΑΞΙΑ, ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΚΑΙ
ΑΣΦΑΛΕΙΑ»



Η πτυχιακή εργασία εγκρίθηκε από:

Ιωάννης Σαμαράς

Δημητρέλλου Δήμητρα

Σακαντάνη Ελένη

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Στο σημείο αυτό, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσοι με βοήθησαν να φέρω εις πέρας την παρούσα βιβλιογραφική εργασία, τόσο σε πρακτικό όσο και σε ψυχολογικό επίπεδο.

Συγκεκριμένα, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερος τον καθηγητή μου κύριο Ιωάννη Σαμαρά, του τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων του Ιονίου Πανεπιστημίου, για την ανάθεση της πτυχιακής μελέτης και την άψογη συνεργασία.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την καθηγήτριά μου κυρία Ελένη Σακαντάνη, του τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων του Ιονίου Πανεπιστημίου, για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση που μου προσέφερε σε κάθε δυσκολία που αντιμετώπισα.

Τέλος, ένα ιδιαίτερο «ευχαριστώ» στην οικογένεια μου, τους γονείς μου Μαρίνο και Αρετή, την αδελφή μου Ρένια και τη φίλη μου Ειρήνη, για την αμέριστη συμπαράσταση τους και την έμπρακτη υποστήριξή τους.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αν υπάρχει κάτι, που χαρακτηρίζει τις διατροφικές συνήθειες των τελευταίων ετών, είναι η αυξανόμενη τάση όλο και περισσότερων ατόμων να στρέφονται προς τις τροφές φυτικής προέλευσης. Σημαντικός σύμμαχος της αλλαγής αυτής, αποτελεί η συνεχής εισαγωγή στο εμπόριο νέων τροφών, με απώτερο σκοπό την βελτίωση του βιοτικού επιπέδου και την προαγωγή της υγείας. Ένα ανερχόμενο προϊόν φυτικής προέλευσης που σταδιακά εξαπλώνεται σε παγκόσμιο επίπεδο αποτελούν τα microgreens με τα μέχρι τώρα δεδομένα να κάνουν λόγο για ένα “super food”. Τα microgreens είναι αρωματικά χόρτα, γνωστά και ως μικροπράσινα, που βρίσκονται στην πρώτη φάση της ανάπτυξής τους, μεταξύ της βλάστησης και της εμφάνισης των πρώτων φύλλων. Έχουν πλούσια γεύση και προσφέρουν μια ευπρόσδεκτη νότα χρώματος σε μια ποικιλία πιάτων. Παρά το μικρό τους μέγεθος, συγκεντρώνουν ένα σύνολο θρεπτικών συστατικών υψηλού επιπέδου σε σχέση με τα πιο ώριμα λαχανικά. Είναι γενικά αποδεκτό ότι είναι ευεργετικά όχι μόνο επειδή παρέχουν τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά για τον ανθρώπινο οργανισμό αλλά έχουν και σημαντικές επιπτώσεις στην υγεία. Στο πρώτο κεφάλαιο επισημαίνεται η διατροφική αξία των microgreens και κυρίως κάποιων βασικών χρησιμοποιούμενων ειδών. Το επόμενο κεφάλαιο εστιάζει στα θρεπτικά συστατικά των microgreens καθώς και στην ανάλυση κάποιων βασικών βιταμινών. Τέλος αναλύεται η ασφάλεια των microgreens τόσο στην παραγωγή όσο και στην καλλιέργεια.

ABSTRACT

If there is one thing that has characterised the dietary habits of recent years, it is the increasing tendency for more and more people to turn to plant-based foods. An important ally of this change is the continuous introduction of novel foods into the market, with the ultimate aim of improving living standards and promoting health. An emerging product of plant origin that is gradually spreading globally are microgreens with data so far referring to a “super food”. Microgreens are aromatic herbs, also known as Microgreens, which are in the first phase of their development, between the vegetation and the appearance of the first leaves. They have a rich flavor and offer a welcome hint of color in a variety of dishes. Despite their small size, they accumulate a high level of nutrients compared to the more mature vegetables. It is generally accepted that they are beneficial not only because they provide the necessary nutrients for the human body but also have significant health effects. The first chapter highlights the nutritional value of microgreens and especially of some key species used. The next chapter focuses on the nutrients of microgreens as well as the analysis of some basic vitamins. Finally, analyzed the safety of microgreens in both production and cultivation.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	9-11
 Κεφάλαιο 1:Διατροφική Αξία Microgreens	 12
1.1.Εισαγωγή	12
1.2 Συγκομιδή και διατροφική αξία.....	13
1.3 Χρησιμοποιούμενα είδη.....	14-16
1.4 Φαγόπυρο και διατροφική αξία	17-20
1.4 Τριγωνέλλα και διατροφική αξία.....	20-23
1.6 Τάσεις και προοπτικές της microgreen αγοράς	23-24
 Κεφάλαιο 2: Θρεπτικά Συστατικά των Microgreens	 25
2.1 Εισαγωγή	25-27
2.2 Θρεπτικά συστατικά Microgreens	28-33
2.3 Ανάλυση θρεπτικών συστατικών.....	34
2.3.1 Εισαγωγή.....	34-36

2.3.2 Ασκορβικό οξύ.....	37-38
2.3.3 Καροτενοειδή και τοκοφερόλες.....	38-40
2.3.4 Φυλλοκινόνη	41-43
2.4 Συμπέρασμα.....	43-44

Κεφάλαιο 3: Ασφάλεια Microgreens 45

3.1 Εισαγωγή	45-47
3.2 Συστήματα φωτισμού	47
3.2.1 Επίδραση ποιότητας φωτός.....	48-49
3.2.2 Επίδραση ποσότητας φωτός	50-51
3.3 Ευπάθεια νεαρών φυτών σε μικροβιακό αποικισμό.....	51-52
3.4 Ασφάλεια τροφίμων μικροπράσινων έναντι φυτρών	53-56
3.5 Ανάπτυξη Salmonella και E.coli σε αλφάλφα φύτρα και μικροπράσινα.....	56-61
3.6 Ασφάλεια τροφίμων υδροπονικών συστημάτων εδάφους έναντι γλάστρας και άλλων υποστρωμάτων	61-63
3.7 Η υδροπονική καλλιέργεια στην περιοχή της Μεσογείου. Η περίπτωση της Ελλάδας	63-64

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	65-66
--------------------	-------

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	67-84
--------------------	-------

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Microgreens ή μικροπράσινα ονομάζουμε όλα αυτά τα φυτικά είδη λαχανικών, (Food and Drug Administration., 2019)οσπρίων και σιτηρών, που καλλιεργούνται για πολύ μικρό χρονικό διάστημα (έως 15 ημέρες) μέχρι να αναπτυχθούν οι κοτυληδόνες. Τότε συγκομίζονται και καταναλώνεται ολόκληρο το υπέργειο τμήμα του. Η καλλιέργεια microgreens δεν γίνεται στο έδαφος, αλλά σε δοχεία σποράς και ανάπτυξης των φυτών με χώμα ή άλλο εδαφικό υπόστρωμα. Συχνά η καλλιέργεια γίνεται σε εσωτερικό χώρο, μπορούν όμως να αναπτυχθούν με επιτυχία και σε εξωτερικό χώρο καθώς χρειάζονται το ηλιακό φως. Τα Microgreens – συχνά ονομάζονται «Μικρολαχανικά», «Μικροσαλάτες», «Μικροαρωματικά», ενώ στα αγγλικά συχνά ονομάζονται “vegetable confetti” (χαρτοπόλεμος λαχανικών).

Παρόμοιος όρος υπάρχει και για τα βότανα και αρωματικά που παράγονται με παρόμοια μέθοδο και ονομάζονται Microherbs. (HS1164, 2020). Τα microgreens είναι νεαρά, τρυφερά χόρτα που χρησιμοποιούνται για να βελτιώσουν το χρώμα, την υφή ή τη γεύση των σαλατών ή για να γαρνίσουν μια μεγάλη ποικιλία από κύρια πιάτα. Συγκομίζονται στο πρώτο στάδιο των αληθινών φύλλων και πωλούνται με το στέλεχος, τις κοτυληδόνες (φύλλα σπόρων) και τα πρώτα αληθινά φύλλα. Συγκομίζονται μεταξύ μιας ποικιλίας νέων χόρτων σαλάτας που διατίθενται στην αγορά που συνήθως διακρίνονται κατηγορηματικά από το μέγεθος και την ηλικία τους. Τόσο τα baby greens όσο και τα microgreens στερούνται νομικού ορισμού.

Οι όροι "baby greens" και "microgreens" είναι όροι μάρκετινγκ που χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν τις αντίστοιχες κατηγορίες τους. Οι βλαστοί είναι σπόροι που έχουν φυτρώσει και συνήθως καταναλώνονται ως

ολόκληρο φυτό (ρίζα, σπόροι και βλαστοί), ανάλογα με το είδος. Για παράδειγμα, οι φύτες από αμύγδαλο, κολοκύθα και φιστίκι φέρεται να έχουν καλύτερη γεύση όταν συγκομίζονται πριν από την ανάπτυξη της ρίζας. Οι φύτες ορίζονται νομικά και έχουν πρόσθετους κανονισμούς σχετικά με την παραγωγή και την εμπορία τους λόγω του σχετικά υψηλού κινδύνου μικροβιακής μόλυνσης σε σύγκριση με άλλα χόρτα. Οι καλλιεργητές που ενδιαφέρονται να παράγουν φύτες προς πώληση πρέπει να γνωρίζουν τους κινδύνους και τις προφυλάξεις που συνοψίζονται στη δημοσίευση FDA Draft Guidance for Industry: Reducing Microbial Food Safety Hazards in the Production of Seed for Sprouting (2019).

Τα είδη των καλλιεργειών που επιλέγονται για παραγωγή και πώληση ως microgreens έχουν αξία ως προς το χρώμα (όπως το κόκκινο ή το μωβ), τις μοναδικές υφές ή τις ξεχωριστές γεύσεις. Στην πραγματικότητα, τα συχνά microgreens διατίθενται στο εμπόριο ως ειδικά μείγματα, όπως «γλυκά», «ήπια», «πολύχρωμα» ή «πικάντικα». Ορισμένες καλλιέργειες φυτρώνουν εύκολα και αναπτύσσονται γρήγορα. Αυτά περιλαμβάνουν λάχανο, τεύτλα, λάχανο, κολοράμπι, mizuna, σινάπι, ραπανάκι, σέσκουλο και αμάρανθο. Οι καλλιέργειες που χρησιμοποιούνται για τα microgreens συνήθως δεν περιλαμβάνουν μαρούλια επειδή είναι πολύ ευαίσθητα και μαραίνονται εύκολα. Το μούλιασμα ορισμένων σπόρων πριν από τη σπορά, όπως τα παντζάρια, βοηθά στη διευκόλυνση της βλάστησης. Έως και 80-100 καλλιέργειες και ποικιλίες καλλιεργειών έχουν χρησιμοποιηθεί ως microgreen. (Εικόνα 1). (Danielle D. Treadwell, UF/IFAS). Άλλα που έχουν χρησιμοποιηθεί περιλαμβάνουν καρότο, κάρδαμο, ρόκα, βασιλικό, κρεμμύδι, σχοινόπρασο, μπρόκολο, μάραθο, λεμονόχορτο, γλυκό καλαμπόκι, φαγόπυρο, σπανάκι, γλυκό μπιζέλι και σέλινο.



Εικόνα 1: Τα microgreens συχνά ονομάζονται “κομφετί λαχανικών”. (UF/IFAS)

Μπορεί οπτικά τα φύτρα, τα baby greens και τα microgreens να μην έχουν μεγάλη διαφορά, διαφέρουν όμως σημαντικά, τόσο στον τρόπο καλλιέργειας όσο και στον τρόπο ανάπτυξης. Τα φύτρα είναι σπόροι που έχουν βλαστήσει και παράγονται σε συστήματα με υψηλή σχετική υγρασία, σκοτάδι, εμβαπτισμένοι συνήθως σε νερό. Είναι βρώσιμος όλο το τμήμα του σπόρου με το κομμάτι που έχει βλαστήσει. Τα φύτρα δεν καλλιεργούνται στο χώμα αλλά σε άλλα υποστρώματα. Η καλλιέργεια των φύτρων θεωρείται αστική καλλιέργεια αφού δεν γίνεται στον αγρό, παρόλα αυτά χρειάζεται μεγαλύτερη προσοχή από την καλλιέργεια microgreen ή baby greens καθώς λόγω υψηλής υγρασίας μπορεί να αναπτυχθούν ανεπιθύμητα μικρόβια. Τα baby greens παράγονται με τον ίδιο τρόπο όπως τα microgreen όμως η καλλιέργεια τους δεν σταματά στην ανάπτυξη των κοτυληδόνων. Συνεχίζεται και όταν έχουν αναπτυχθεί τα πρώτα τρυφερά φύλλα. Θεωρούνται και αυτά λαχανικά υψηλής θερμιδικής αξίας και χρησιμοποιούνται κυρίως σε μικροσαλάτες και sandwich.

Κεφάλαιο 1: Διατροφική αξία Microgreens

1.1. Εισαγωγή

Σύμφωνα με τη νομοθεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης, τα προ-συσκευασμένα τρόφιμα που πωλούνται στην ΕΕ πρέπει να φέρουν ετικέτα που να ενημερώνει τους καταναλωτές σχετικά με το ενεργειακό και διατροφικό περιεχόμενό τους. Πρόκειται για τη λεγόμενη «διατροφική δήλωση», η οποία πρέπει να εμφανίζεται απευθείας στη συσκευασία ή σε ετικέτα που τοποθετείται σε αυτήν.

Τα Microgreens άρχισαν να εμφανίζονται στα μενού των σεφ ήδη από τη δεκαετία του 1980, στο Σαν Φρανσίσκο της Καλιφόρνια, σύμφωνα με μια τοπική πηγή της βιομηχανίας. Σήμερα, η βιομηχανία μικροπράσινων των ΗΠΑ αποτελείται από μια ποικιλία εταιρειών σπόρων και καλλιεργητών. (Yaguang Luo and Gene Lester, 2014)

Στις μέρες μας, μια ομάδα επιστημόνων και συναδέλφων της Υπηρεσίας Γεωργικής Έρευνας δημοσίευσε αρκετές μελέτες που ρίχνουν φως, όχι μόνο στα διατροφικά οφέλη των μικροπράσινων, αλλά και στις πολύπλοκες απαιτήσεις διάρκειας ζωής τους. Η διατροφική αξία των microgreens ποικίλλει ανάλογα με τον τύπο, όπως συμβαίνει με τα συμβατικά λαχανικά. Ωστόσο, υπάρχουν στοιχεία ότι ορισμένα μπορεί να περιέχουν υψηλότερη συγκέντρωση πολλών θρεπτικών συστατικών από τα ώριμα και πλήρως αναπτυγμένα αντίστοιχα. Σύμφωνα με την αξιόπιστη πηγή του Υπουργείου Γεωργίας των Ηνωμένων Πολιτειών (USDA), 100 γραμμάρια (g) microgreen λάχανων παρέχουν μόνο 29 θερμίδες ενώ τα πλήρως ανεπτυγμένα λάχανα περιέχουν 27 θερμίδες ανά 100 γραμμάρια. Άλλες έρευνες έχουν δείξει ότι τα microgreen Brassica, τα οποία περιλαμβάνουν το λάχανο, μπορεί να είναι μια ιδιαίτερα καλή πηγή αντιοξειδωτικών. Σύμφωνα με μελέτες τα microgreens περιέχουν μεγαλύτερες δραστικές ενώσεις από ότι βρέθηκαν σε φυτά ή σπόρους.(USDA, 2014).

1.2. Συγκομιδή και διατροφική αξία

Τα microgreens συλλέγονται συνήθως σε ύψος 2,5 έως 7,6 εκατοστά και, ανάλογα με το είδος, πωλούνται με το στέλεχος προσκολλημένο στις κοτυληδόνες. Τα φυτά με δύο κοτυληδόνες ονομάζονται «δίκωτα» και αυτά είναι τα φύλλα που μελέτησαν οι επιστήμονες. Τα φυτά με μία μόνο κοτυληδόνα είναι «μονόκοτυρα». Οι καλλιέργειες που φυτρώνουν εύκολα και αναπτύσσονται γρήγορα και είναι καλοί υποψήφιοι για καλλιέργεια microgreen. Ο φυτοφυσιολόγος της ARS Gene Lester ηγήθηκε μιας ομάδας επιστημόνων που ανέλυσαν τα βασικά θρεπτικά συστατικά σε διάφορες ποικιλίες φυτικών microgreens. Τα αποτελέσματα της μελέτης θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ως αναφορά για την εκτίμηση των ποσοτήτων συγκεκριμένων βιταμινών που μπορεί να απορροφήσει ο ανθρώπινος οργανισμός όταν καταναλώνει microgreens.

Ερευνητικές μελέτες, έχουν δείξει τις αντιφλεγμονώδεις, αντικαρκινικές, αντιβακτηριακές και αντι-υπεργλυκαιμικές ιδιότητες των microgreens, ενισχύοντας περαιτέρω την ελκυστικότητά τους ως μια νέα λειτουργική τροφή που είναι ευεργετική για την ανθρώπινη υγεία. (Zhang et al.2021) Πολυάριθμες μελέτες έχουν δείξει ότι η θρεπτική αξία και το περιεχόμενο των φυτοχημικών των λαχανικών και άλλων καλλιεργειών μπορεί να ποικίλλουν ανάλογα με την ανάπτυξη και την εξέλιξη των φυτών. Η συγκέντρωση των απαραίτητων ανόργανων στοιχείων, βιταμινών, βιοδραστικών ενώσεων και αντιοξειδωτικής δραστηριότητας συχνά αυξάνεται σε με αυτή την ακολουθία: ωμοί σπόροι, φυτόρα, microgreens. (Kurian et. All 2020)

1.3. Χρησιμοποιούμενα είδη

Τα είδη λαχανικών που χρησιμοποιούνται πιο συχνά για την παραγωγή microgreens ανήκουν σε πολλές βοτανικές οικογένειες, μεταξύ των οποίων τα Brassicaceae (π.χ. κουνουπίδι, μπρόκολο, λάχανο, κινέζικο λάχανο, κατσαρό λάχανο, λάχανο Σαβοΐας, ραπίνι ή brassica raab, κάρδαμο, mizuna, ραπανάκι, ρόκα, σινάπι και τατσόι), Asteraceae (π.χ. μαρούλι, αντίδι, εσκαρόλ, κιχώριο, ραντίτσιο), Apiaceae (άνηθος, καρότο, μάραθο, σέλινο), Amaryllidaceae (σκόρδο, κρεμμύδι, πράσο), Amaranthaceae (αμάρανθος, κόκκινη οραχιά, σέσκουλο, παντζάρι, σπανάκι) και Cucurbitaceae (πεπόνι, αγγούρι, κολοκύθα). (Di Gioia F, 2015a) Άλλα ποώδη είδη που χρησιμοποιούνται συνήθως για την παραγωγή microgreens είναι τα δημητριακά (βρώμη, μαλακό σιτάρι, σκληρό σιτάρι, καλαμπόκι, κριθάρι, ρύζι), η κινόα (που συχνά εξομοιώνεται με τα δημητριακά αλλά ανήκει στην οικογένεια των Amaranthaceae), τα όσπρια (ρεβίθια, μηδική, φασόλια, πράσινα φασόλια, τριγωνόφυλλα, φάβα, φακή, μπιζέλι, τριφύλλι), ελαιώδη φυτά (ηλίανθος) ακόμη και φυτά με ίνες όπως το λινάρι, καθώς και πολλά αρωματικά είδη όπως ο βασιλικός, το σχοινόπρασο, ο κόλιανδρος και το κύμινο. (Di Gioia F, 2015b).

Για όλα αυτά τα είδη, είναι δυνατή η χρήση είτε εμπορικών ποικιλιών, μερικές από αυτές ιδιαίτερα επιλεγμένες για την παραγωγή microgreens, είτε τοπικών ποικιλιών και πληθυσμών, που πιθανώς χαρακτηρίζονται από σπορόφυτα με ιδιαίτερο σχήμα, χρώμα, υφή και γεύση και από υψηλή περιεκτικότητα σε φυτοθρεπτικά συστατικά. Είναι σημαντικό να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην επιλογή των ειδών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή microgreens, αξιολογώντας προσεκτικά την εδωδιμότητα κάθε είδους στο στάδιο της φύτευσης. Πράγματι, είναι δυνατή η χρήση όλων εκείνων των ειδών των οποίων η βρώσιμότητα είναι ευρέως γνωστή, ενώ όλα τα άγρια ή εξημερωμένα είδη των οποίων τα σπορόφυτα δεν είναι βρώσιμα πρέπει να αποκλειστούν.

Μεταξύ αυτών, για παράδειγμα, τα είδη που ανήκουν στην οικογένεια των Solanaceae, όπως η ντομάτα, η πιπεριά και η μελιτζάνα στο στάδιο του πτερυγίου των σπόρων περιέχουν αντί-θρεπτικά συστατικά και επομένως δεν μπορούν να θεωρηθούν βρώσιμα. Αφού αξιολογηθεί ότι ένα είδος είναι βρώσιμο, το προϊόν θα πρέπει επίσης να έχει καλή γευστικότητα, ώστε να είναι πλήρως αποδεκτό και ελκυστικό για τον καταναλωτή. Η γεύση, η μυρωδιά, η υφή και το χρώμα είναι στην πραγματικότητα θεμελιώδη χαρακτηριστικά για την αποδοχή του προϊόντος από τον καταναλωτή και οι εταιρείες που παράγουν microgreens σε εμπορικό επίπεδο αναζητούν πάντα νέα είδη που χαρακτηρίζονται από ελκυστικά σχήματα, έντονα χρώματα και νέες και ιδιαίτερες γεύσεις.

Ανάλογα με τη γεύση, είναι δυνατόν να διακρίνουμε τα microgreens με ουδέτερη (ραπίνι, σπανάκι), ελαφρώς ξινή (τεύτλα και σαλικορνία) και πικάντικη γεύση (κάρδαμο, ραπανάκι και ρόκα), ενώ τα microgreens των Cucurbitaceae είναι συχνά πικρά. Σε σύγκριση με τα τυπικά λαχανικά, η γεύση των περισσότερων από τα microgreens δεν είναι "micro" αλλά δυνατή και συμπυκνωμένη. Για άλλα είδη, όπως τα δημητριακά, τα όσπρια, ο ηλίανθος ή το λινάρι, των οποίων το τυπικό φρέσκο φυτό συνήθως δεν είναι βρώσιμο, η γεύση θα είναι νέα για τους περισσότερους καταναλωτές και, ωστόσο, είναι ξεχωριστή για το είδος. Η μυρωδιά, μπορεί να είναι έντονη, όπως για πολλά αρωματικά βότανα, και λεπτή ή ελάχιστα αντιληπτή όπως στην περίπτωση πολλών ειδών λαχανικών.

Χρώμα	Microgreens
Πράσινο	Μπρόκολο, ραπανάκι, ρόκα, σέλινο, σπανάκι
Κίτρινο	Χλωρό μπιζέλι, χλωρό καλαμπόκι
Κόκκινο	Κόκκινη οραχιά, αμάρανθος, χηνοπόδιο
Βαθύ κόκκινο	Κόκκινο λάχανο, κόκκινος βασιλικός, ραπανάκι
Πολύχρωμο	Παντζάρι, οξαλίδα, σινάπι

Πίνακας 1 Μερικοί τύποι microgreens ανά χρώμα (F. Di Gioia et al.)

Από γεωπονική και εμπορική άποψη, η επιλογή των ειδών για την παραγωγή microgreens εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη διαθεσιμότητα σπόρων καλής ποιότητας. Οι σπόροι καλής ποιότητας χαρακτηρίζονται από υψηλή και ομοιογενή βλαστικότητα, απαλλαγμένοι από χημικά, ασφαλή από άποψη υγιεινής και ταυτόχρονα, διαθέσιμοι σε χαμηλό κόστος. Επιπλέον, είναι σημαντικό να επιλέγουμε είδη που μπορούν να καλλιεργηθούν όλο το χρόνο και που δεν έχουν ιδιαίτερες θερμικές και περιβαλλοντικές ανάγκες, ειδικά κατά τη φάση της βλάστησης. Τέλος, μια κρίσιμη πτυχή σε εμπορικό επίπεδο είναι η διάρκεια ζωής του προϊόντος. (Di Gioia F, Leoni B, Santamaria P, 2015a).

1.4. Φαγόπυρο και διατροφική αξία

Το κοινό φαγόπυρο είναι παραδοσιακή καλλιέργεια στην επικράτεια της Τσεχικής Δημοκρατίας και είναι πολύ σημαντικό για το γεωργικό σύστημα χαμηλών εισροών, καθώς είναι μια από τις πιο συχνά αναπτυσσόμενες καλλιέργειες (Michalová, 2003). Το τρυγικό φαγόπυρο (*Fagopyrum tartaricum*) δεν είναι παραδοσιακό στο κοινό της Τσεχίας, αλλά τα τελευταία χρόνια υπάρχει ζήτηση για αυτή την καλλιέργεια, κυρίως ως φαρμακευτικό φυτό, λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς του σε ρουτίνη και άλλες πολυφαινόλες και την καταλληλότητά του για την παραγωγή θρεπτικών ουσιών.

Από τα δημητριακά, το φαγόπυρο είναι πλούσιο σε πρωτεΐνες με την περιεκτικότητά του σε αυτές να κυμαίνεται στο 13%. Παράλληλα, περιέχει φολικό οξύ, αλλά και αρκετά μέταλλα όπως, ασβέστιο, σίδηρο, χαλκό, μαγγάνιο, μαγνήσιο, κάλιο, σελήνιο, αλλά και ψευδάργυρο. (Ali S.S., Kasoju N, 2008)

Διατροφική αξία του φαγόπυρου / 100g	
Ενέργεια	343kcal
Συνολικό λίπος	3.4g
Κορεσμένα λιπαρά	0.7g
Νάτριο	1.0mg
Υδατάνθρακες	72g
Εκ των οποίων σάκχαρα	0
Φυτικές ίνες	10g
Πρωτεΐνες	13g
Ασβέστιο	18mg
Σίδηρος	2.2mg
Κάλιο	460mg

(D.J Farrell. A nutritional evaluation of buckwheat (*Fagopyrum esculentum*). Volume 3, Issue 2, July 1978, Pages 95–108)

Οι σπόροι του φαγόπυρου (*Fagopyrum esculentum*) μοιάζουν με κόκκους δημητριακών, αλλά στην πραγματικότητα είναι ξηροί, σκληρά καλυμμένοι καρποί που ονομάζονται «αχαίνιο». Κάθε αχαίνιο περιέχει έναν μικρό σπόρο. Κατά τη διάρκεια της βλάστησης, ο σπόρος φέρει κοτυληδόνες, γεγονός που ευθύνεται για την συμμετοχή του φαγόπυρου στα microgreens. Ανά γραμμάριο, το φαγόπυρο έχει σχεδόν την ίδια ποσότητα πρωτεΐνης με τη βρώμη, σύμφωνα με την Εθνική Βάση Δεδομένων Διατροφικών Προϊόντων του ARS για Πρότυπη Αναφορά. Αξίζει να σημειωθεί ότι το φαγόπυρο δεν περιέχει γλουτένη. Σε μια μελέτη με επικεφαλής τον τεχνολόγο τροφίμων της ARS Yaguang Luo με το Food Quality Laboratory στο Beltsville του Maryland, οι ερευνητές εστίασαν στα microgreens του φαγόπυρου, τα οποία, εκτός από την υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη, θεωρούνται πλούσια σε

αντιοξειδωτικά, φλαβονοειδή, καροτενοειδή και άλφα τοκοφερόλη. Όπως όλα τα microgreens, είναι του φαγόπυρου έχουν συνήθως μόνο λίγες μέρες διάρκεια ζωής. Η ερευνητική ομάδα διαπίστωσε ότι η θερμοκρασία αποθήκευσης και η σύνθεση της ατμόσφαιρας είναι βασικές μεταβλητές όταν πρόκειται για φρέσκα κομμένα microgreens φαγόπυρου. Έγινε μια μελέτη που στόχος αυτής ήταν να αξιολογήσει το φαγόπυρο (*Fagopyrum esculentum*) και τρυγικό φαγόπυρο (*Fagopyrum tartaricum*) ως microgreen. Οι κοινοί και τρυγικοί γονότυποι φαγόπυρου ελήφθησαν από τη συλλογή φαγόπυρου της Τσεχικής Τράπεζας Γονιδίων, CRI και από το Ινστιτούτο Βιοτεχνολογίας, Πανεπιστήμιο Shanxi, Ταϊγιουάν, Κίνα, για να συγκρίνει την περιεκτικότητα σε φλαβονοειδή, καροτενοειδή και επιλεγμένα φαινολικά οξέα στην Τσεχική Δημοκρατία. (Liu et al. 2008). Οι κοινοί και τρυγικοί σπόροι φαγόπυρου εμποτίστηκαν με απεσταγμένο νερό για 24 ώρες και ανακινήθηκαν συχνά. Μετά από αυτό το διάστημα, οι σπόροι ξεπλύθηκαν με τρεχούμενο απεσταγμένο νερό. Στη συνέχεια τοποθετήθηκαν σε τρύπες του εξοπλισμού βλάστησης και καλλιεργήθηκαν υδροπονικά. Τα microgreens καλλιεργήθηκαν στο φως της ημέρας για 10 ημέρες μέχρι να εμφανιστούν τα πρώτα αληθινά φύλλα. Τα φυτά πλένονταν καθημερινά με απεσταγμένο νερό. Μετά την καλλιέργεια, όλα τα δείγματα καταψύχθηκαν στους 25°C και στη συνέχεια λυοφιλήθηκαν και αλέστηκαν για μετέπειτα εκχύλιση. (Alvarez-Jubete L, 2010). Τα συνολικά φλαβονοειδή αναλύθηκαν φασματοφωτομετρικά μετά από εκχύλιση 1 ώρας σε μείγμα μεθανόλης: H₂O: οξικού οξέος (100:100:2) χρησιμοποιώντας μη ειδική αντίδραση με AlCl₃ και εκφράστηκαν ως ισοδύναμα ρουτίνης σύμφωνα με τους Van Hung et al. (2008). Τρία φλαβονοειδή - ρουτίνη, κερσετίνη και καμπερόλη αναλύθηκαν με μέθοδο HPLC με ανίχνευση UV σύμφωνα με τους Kref t et al. (2006) ελαφρώς τροποποιημένα.

Τα δεσμευμένα φαινολικά οξέα προσδιορίστηκαν χρησιμοποιώντας HPLC με ανίχνευση UV μετά την αλκαλική υδρόλυση σύμφωνα με τους Kim et al. (2006). Επιλεγμένα παράγωγα κινναμωμικού οξέος (καφεϊκό, κουμαρικό και

φερουλικό οξύ) και παράγωγα βενζοϊκού οξέος (βανιλικό και συρίγγιο) παρακολουθήθηκαν στα 320 και 280 nm, αντίστοιχα. Τα καροτενοειδή εκχυλίστηκαν με βουτανόλη κεκορεσμένη με νερό σύμφωνα με τους Hidalgo et al. (2006) και ο χρωματογραφικός διαχωρισμός πραγματοποιήθηκε σε στατική φάση C18 με μίγμα μεθανόλης, ακετονιτρίλιο και διχλωρομεθάνιο ως κινητή φάση και φασματοφωτομετρική ανίχνευση με χρήση μεθόδου in house. Η ταυτοποίηση και η ποσοτικοποίηση όλων των ενώσεων πραγματοποιήθηκε με χρήση εξωτερικών αναλυτικών προτύπων. Τα αποτελέσματά έδειξαν ότι η αντιοξειδωτική δράση βρέθηκε τόσο στα κοινά όσο και στα τρυγικά φαγόπυρου. Ανιχνεύθηκαν επίσης υψηλά επίπεδα φλαβονοειδών, καροτενοειδών και α τοκοφερόλης. Μεγαλύτερη ποσότητα φλαβονοειδών ανιχνεύθηκε σε τρυγικά μικροχόρνα φαγόπυρου. Δεν ανιχνεύθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ κοινών και τρυγικών μικροχλωρών φαγόπυρου στην περιεκτικότητα σε φαινολικά οξέα. Τα microgreens τόσο του κοινού όσο και του τρυγικού φαγόπυρου αντιπροσωπεύουν πιθανές διατροφικές πηγές εναλλακτικών λαχανικών στην Τσεχική Δημοκρατία.

1.5. Τριγωνέλλα και διατροφική αξία

Η τριγωνέλλα (*Trigonella foenum graecum* L.) είναι μια μονοετής, κτηνοτροφική, δικοτυλήδονη καλλιέργεια ψυχανθών που χρησιμοποιείται συνήθως ως μπαχαρικό και βότανο. Η τριγωνέλλα είναι εγχώρια μιας περιοχής που εκτείνεται από το Ιράν έως τη Βόρεια Ινδία, αλλά τώρα καλλιεργείται στην Κίνα, τη Βόρεια και Ανατολική Αφρική, την Ουκρανία και την Ελλάδα. (Acharya S Srichamoren, 2006) Η τριγωνέλλα είναι ένα από τα παλαιότερα φαρμακευτικά φυτά που έχουν αναγνωριστεί στην καταγεγραμμένη ιστορία. Έχει πικρή γεύση λόγω της παρουσίας αλκαλοειδών και συστατικών λαδιού που είναι μη τοξικά κατά την

κατανάλωση. Ωστόσο, οι απολυμασμένοι σπόροι τριγωνέλλας δεν είναι πικροί.



Εικόνα 1.5: Fenugreek Microgreens (Kyriacou, M.C., et. All, 2017)

Οι γονότυποι της τριγωνέλλας διαφέρουν ως προς τη μορφολογία, τη συνήθεια ανάπτυξης, τη βιομάζα και την ικανότητα παραγωγής σπόρων. Ο σπόρος και σε μικρότερο βαθμό τα φύλλα περιέχουν τρία πολύ σημαντικά συστατικά σημαντικής φαρμακευτικής σημασίας και συγκεκριμένα, σύνθετους υδατάνθρακες (Galactomannan), στεροειδείς σαπωνίνες (Diosgenin) και αμινοξύ (Isoleucine). Περιέχει επίσης άλλα συστατικά όπως λεκιθίνη και χολίνη που βοηθούν στη διάλυση της χοληστερόλης και της λιπαρής ουσίας, μέταλλα, σύμπλεγμα Β, σίδηρο, φωσφορικό, παραβενζοϊκό οξύ, βιταμίνες Α και D. Ο σπόρος είναι επίσης πλούσιος σε διαιτητικές ίνες. Η περιεκτικότητά του σε φυτικές ίνες παίζει σημαντικό ρόλο στην ικανότητά του να μετριάξει το μεταβολισμό της γλυκόζης στο πεπτικό σύστημα, συμβάλλοντας έτσι στη μείωση της απορρόφησης γλυκόζης στα έντερα ελέγχοντας τα επίπεδα σακχάρου στο αίμα. Η υψηλή περιεκτικότητα της τριγωνέλλας, σε διαλυτές φυτικές ίνες, ενισχύει την ανοχή στα επίπεδα γλυκόζης.

Οι ίνες της, αυξάνουν σημαντικά τον κορεσμό και μειώνουν την ενεργειακή πρόσληψη, υποδηλώνοντας έτσι βραχυπρόθεσμα ευεργετικά αποτελέσματα σε παχύσαρκα άτομα. Τα χημικά συστατικά αυτής της μοναδικής καλλιέργειας την έχουν καταστήσει πολύτιμη ως τροφή και φάρμακο. Τα υψηλά επίπεδα φυτικών ινών κάνουν την τριγωνέλλα ευεργετική για την πέψη και έχει επίσης την ικανότητα να τροποποιεί την υφή των τροφίμων.(Ahmadiani, A, 2001). Επιπλέον χρησιμοποιείται ευρέως για τις σχετικές θεραπευτικές και προληπτικές δραστηριότητες όπως αντιβακτηριδιακές, αντικαρκινικές, αντιελκώδεις, ανθελμινθικές, υποχοληστερολαιμικές, υπογλυκαιμικές, αντιοξειδωτικές και αντιδιαβητικές επιδράσεις. (Thomas JE, 2011).

Διατροφική αξία ανά 100 g (3,5 oz)		
Ενέργεια 1.352 kJ (323 kcal)		
Υδατάνθρακες 58 g		
Διαιτητικές ίνες 25 g		
Λίπος 6,4 g		
Πρωτεΐνες 23 g		
	Βιταμίνες	Ποσότητα
	Θειαμίνη (B1)	0,322 mg
	Ριβοφλαβίνη (B2)	0,366 mg
	Νιασίνη (B3)	1,64 mg
	Βιταμίνη (B6)	0,6 mg
	Φολικό οξύ (B9)	57 μg
	Βιταμίνη C	3 mg
	Μέταλλα	Ποσότητα
	Ασβέστιο	176 mg
	Σίδηρος	34 mg
	Μαγνήσιο	191 mg
	Μαγγάνιο	1,23 mg
	Φώσφορος	296 mg
	Κάλιο	770 mg
	Νάτριο	67 mg
	Ψευδάργυρος	2,5 mg

Source: USDA FoodData Central

Τα microgreens τριγωνέλλας μπορούν να παρασκευαστούν διαποτίζοντας το σπόρο για 12 ώρες σε ζεστό νερό και στη συνέχεια θα βλαστήσουν σε 3-5 ημέρες. (Abdel Halim, 2006). Γενικότερα οι πρόσφατες έρευνες έχουν εντοπίσει ότι η τριγωνέλλα δρα ως υποχοληστερολαιμικό, αντιλιπιδαιμικό, αντιοξειδωτικό, ηπατοπροστατευτικό, αντιφλεγμονώδες, αντιβακτηριακό, αντιμυκητιακό, αντιπυρετικό, κατά του έλκους, αντικαρκινικό και στην αντιμετώπιση διάφορων άλλων προβλημάτων υγείας. Εξωτερικά οι σπόροι είναι μαλακτικοί και επιταχύνουν την θεραπεία των μολύνσεων. (USDA, 2019)

1.6. Τάσεις και προοπτικές της microgreen αγοράς

Η δημοτικότητα των λαχανικών σε μικροκλίμακα είναι εμφανής, κρίνοντας από την αυξανόμενη χρήση τους σε πολυτελή εστιατόρια και τη σταθερά αυξανόμενη διαθεσιμότητα ενός ευρέος φάσματος microgreens στα σουπερ μάρκετ. Μόλις αγοραστούν, συνεχίζουν να αναπτύσσονται και είναι έτοιμα για κοπή και χρήση ως απολύτως φρέσκα λαχανικά σε σπιτικά γεύματα. Εκτός από την ανθρώπινη διατροφή, τα καλλυντικά είναι μια άλλη εξειδικευμένη βιομηχανία που οδηγεί στην ανάπτυξη των microgreen. (Mordor Intelligence 2021-2026) Τα πυκνά σε βιταμίνες και θρεπτικά συστατικά microgreens μεταποιούνται σε έλαια και συστατικά για προϊόντα περιποίησης της επιδερμίδας, σαμπουάν και μαλακτικά, καθιστώντας τα ελκυστικά για τους καταναλωτές που ενδιαφέρονται για την κατάσταση της υγείας τους. Η πανδημία COVID-19 έχει επιταχύνει αυτήν την τάση προς τα λαχανικά μικρής κλίμακας, καθώς οι καταναλωτές είναι πρόθυμοι να ενισχύσουν το ανοσοποιητικό τους σύστημα καταναλώνοντας τρόφιμα πλούσια σε αντιοξειδωτικά και άλλες ουσίες που προάγουν την υγεία. Επιπλέον, ενόψει της παγκόσμιας διαταραχής των αλυσίδων εφοδιασμού και

των σημαντικών αλλαγών στις συνήθειες των αγορών λόγω της συνεχιζόμενης πανδημίας COVID-19, τα microgreens προσφέρουν μια συναρπαστική και βιώσιμη εναλλακτική λύση. Η τοπική παραγωγή και κατανάλωση φύτρων και microgreen θα μειώσει επίσης τη σπατάλη τροφίμων που προκαλείται εν μέρει από την αλυσίδα εφοδιασμού τροφίμων, από τις γεωργικές εκμεταλλεύσεις μέσω των αγορών χονδρικής πώλησης και των καταναλωτικών διεξόδων. Οι συσκευασίες πρέπει να είναι των 50 ή 100 γραμμαρίων. Τα εκατό γραμμάρια είναι πολύ καλή ποσότητα και διαρκεί για αρκετό χρονικό διάστημα με λιανική τιμή της τάξης των 3,00-9,00€ (30€-90€/kg). Συγκριτικά, η τιμή των συμβατικών σπόρων κυμαίνονται μεταξύ 1,00-2,50€ (10€-25€).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Θρεπτικά συστατικά των Microgreens

2.1. Εισαγωγή

Τα θρεπτικά συστατικά είναι ουσίες που είναι απαραίτητες για την ανάπτυξη και τη λειτουργία ενός οργανισμού. Αν δε λαμβάνονται επαρκώς για κάποιο κρίσιμο χρονικό διάστημα προκαλούνται βλάβες στον οργανισμό, ενδεχομένως σοβαρές και μόνιμες. Σε περίπτωση που δεν είναι μόνιμες, αναστρέφονται με τη λήψη και πάλι των θρεπτικών συστατικών. Τα θρεπτικά συστατικά είναι οι πρώτες ύλες για τη δημιουργία βιομάζας. (Rebecca J, 2003)



Εικόνα 2.1 : Κόκκινη μουστάρδα (*Brassica juncea* L. Czern.) (F. Di Gioia et al.)

Οι χημικές ουσίες οι οποίες είναι απαραίτητες στους ζωντανούς οργανισμούς χωρίζονται σε δυο κατηγορίες:

- τα μακροθρεπτικά συστατικά και
- τα μικροθρεπτικά συστατικά

Τα μακροθρεπτικά συστατικά είναι απαραίτητα σε μεγάλες ποσότητες καθώς είναι κρίσιμα για τη δημιουργία πρωτοπλάσματος (το ζων περιεχόμενο ενός κυττάρου). Υπάρχουν διάφοροι ορισμοί σχετικά με το ποιες χημικές ενώσεις

ή χημικά στοιχεία εντάσσονται στα μακροθρεπτικά συστατικά, ωστόσο είναι κοινά αποδεκτό ότι περιλαμβάνουν

- τους υδατάνθρακες,
- τα λιπίδια και
- τις πρωτεΐνες.

Δομικά στοιχεία αυτών των ενώσεων είναι το υδρογόνο (H), οξυγόνο (O), ο άνθρακας (C) και το άζωτο (N). Είναι διαθέσιμα στην ατμόσφαιρα και μαζί αποτελούν το 95% του ξηρού βάρους της ζώσας ύλης. Ανάλογα με τα διαφορετικά συστήματα ταξινόμησης που υπάρχουν, στα μακροθρεπτικά συστατικά μπορεί να κατατάσσονται και επιπλέον θρεπτικά συστατικά, ενώ άλλες φορές ανήκουν στα μικροθρεπτικά. Μακροθρεπτικά συστατικά θεωρούνται επίσης το κάλιο (K), ο φωσφόρος (P), το θείο (S) και το ασβέστιο (Ca). (Paul Insel, 2009)

Τα μικροθρεπτικά συστατικά ή ιχνοστοιχεία είναι επίσης απαραίτητα αλλά σε μικρότερες ποσότητες. Έχουν κρίσιμο ρόλο στη δημιουργία των ενζύμων. Σημαντικά ιχνοστοιχεία είναι ο ψευδάργυρος (Zn), ο χαλκός (Cu), ο σίδηρος (Fe), το βόριο (B), και το μαγνήσιο (Mg) το οποίο συμμετέχει στη σύσταση της χλωροφύλλης. Το σημαντικότερο μόριο της βιομάζας είναι το νερό καθώς στα περισσότερα σπονδυλωτά ξεπερνά το 66% (κατά βάρος) ενώ σε μερικά θαλάσσια ασπόνδυλα αγγίζει το 99%. (Levander, O.A. 1986) Το ανθρώπινο σώμα χρειάζεται περισσότερα από σαράντα θρεπτικά συστατικά - είκοσι αμινοξέα, δεκατρείς βιταμίνες και περισσότερα από δεκαπέντε ανόργανα συστατικά- έτσι ώστε να λειτουργήσει σωστά. Με κατανάλωση μεγάλης ποικιλίας τροφίμων σε μέτριες ποσότητες μπορεί κανείς να λάβει όλα τα θρεπτικά συστατικά που χρειάζεται. Με αυτόν τον τρόπο διασφαλίζεται η σωστή ανάπτυξη όλων των ιστών του σώματος, η ορθή ρύθμιση των μεταβολικών διεργασιών και ο έλεγχος του σωματικού βάρους.

Για να ομαλοποιηθεί αυτή η διαδικασία, έχουν εισαχθεί οκτώ θρεπτικά συστατικά-κλειδιά για μια ισορροπημένη διατροφή, που φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Θρεπτικά συστατικά	Συνιστώμενη Ημερήσια Δόση
Πρωτεΐνη	0,8-1 g/kg ΣΒ
Ριβοφλαβίνη	1,4 mg
Νιασίνη	18 mg
Βιταμίνη Α	800 μg
Βιταμίνη C	80 mg
Σίδηρος	14 mg
Ασβέστιο	800 mg

Πίνακας 2: Θρεπτικά συστατικά/ Συνιστώμενη ημερήσια δόση. (Howard Goldstein. 4 Keys to Balanced Nutrition February 2008)

Όταν βρίσκονται στην φυσική τους κατάσταση, σε φυτικές και ζωικές πηγές, αυτά τα θρεπτικά συστατικά συνυπάρχουν με άλλα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά. Όποτε αν αυτά τα οκτώ βασικά συστατικά βρίσκονται σε επαρκείς ποσότητες στη διατροφή μας, τότε με μεγάλη πιθανότητα προσλαμβάνουμε επαρκή ποσότητα όλων των απαραίτητων θρεπτικών συστατικών. (WHO/FAO/IAEA. 1996) Οι «Προσλαμβανόμενες Ποσότητες Αναφοράς» (RI), που ήταν προηγουμένως γνωστές ως «GDA», είναι ο νέος όρος για το(τα) διατροφικό(ά) εικονίδιο(α) που μπορείτε να βρείτε στην μπροστινή πλευρά της συσκευασίας πολλών αγαπημένων προϊόντων. Οι RI εμφανίζουν πόσες θερμίδες, σάκχαρα, λιπαρά, κορεσμένα λιπαρά και αλάτι περιέχονται σε κάθε μερίδα των προϊόντων που προτιμώνται και τι αντιπροσωπεύει η κάθε ποσότητα ως ποσοστό των καθημερινών διατροφικών αναγκών ενός μέσου υγιούς ενήλικα.

Οι ανάγκες ενός ατόμου από πλευράς ενέργειας και θρεπτικών συστατικών ποικίλλει ανάλογα με την ηλικία, το βάρος, το ύψος, το φύλο και το επίπεδο φυσικής δραστηριότητας. Ως εκ τούτου, οι πληροφορίες, που παρέχονται μέσω των Προσλαμβανόμενων Ποσοτήτων Αναφοράς αποτελούν απλώς και μόνο έναν οδηγό και δεν θα πρέπει να εκλαμβάνονται ως εξατομικευμένη συμβουλή. (Rock, C.L, 1996).

2.2. Θρεπτικά συστατικά microgreens.

Τα microgreens περιέχουν μεγάλες ποσότητες θρεπτικών συστατικών. Ενώ τα θρεπτικά συστατικά τους ποικίλλουν ελαφρώς, οι περισσότερες ποικιλίες τείνουν να είναι πλούσιες σε κάλιο, σίδηρο, ψευδάργυρο, μαγνήσιο και χαλκό. Είναι επίσης σημαντική πηγή ωφέλιμων φυτικών ενώσεων όπως τα αντιοξειδωτικά.(NRC, 1998). Η περιεκτικότητα των microgreens σε θρεπτικά συστατικά είναι συγκεντρωμένη, πράγμα που σημαίνει ότι συχνά περιέχουν υψηλότερα επίπεδα βιταμινών, ανόργανων και αντιοξειδωτικών από την ίδια ποσότητα ώριμων πράσινων λαχανικών. Μάλιστα, τα επίπεδα των θρεπτικών συστατικών στα microgreens μπορεί να είναι έως και εννέα φορές υψηλότερα απ' αυτά που έχουν τα ώριμα πράσινα φυλλώδη λαχανικά. (Scientific Committee for Food. 1993). Επίσης, περιέχουν μια ευρύτερη ποικιλία πολυφαινολών και άλλων αντιοξειδωτικών σε σχέση με τα ώριμα πράσινα φυλλώδη λαχανικά. Είναι κοινά αποδεκτό ότι η κατανάλωση λαχανικών συνδέεται με τη μείωση της εμφάνισης πολλών ασθενειών. Αυτό συμβαίνει επειδή έχουν υψηλές ποσότητες βιταμινών, μετάλλων και ευεργετικών φυτικών ενώσεων. Τα microgreens περιέχουν παρόμοιες και συχνά μεγαλύτερες ποσότητες αυτών των θρεπτικών συστατικών. (Department of Health. 1991).

Η αυξανόμενη κατανάλωση microgreen ως λαχανικά, πλούσια σε θρεπτικά συστατικά προσκαλεί μια πιο προσεκτική εξέταση της συγκριτικής τους σύνθεσης σε σύγκριση με τα αντίστοιχα των ώριμων λαχανικών . Σε αυτό το ειδικό τεύχος “Sprouts, Microgreens and Edible Flowers as Novel Functional Foods” δύο ερευνητικά άρθρα εξέτασαν τις διαφορές στη θρεπτική και λειτουργική ποιότητα μεταξύ μικροπράσινων και ώριμων φυτών. Ο Di Bella και οι συνεργάτες του διερεύνησαν τη διακύμανση των δευτερογενών μεταβολιτών και τη λειτουργική ποιότητα δύο τύπων μπρόκολου («Broccolo nero» και «Cavolo broccolo Ramoso Calabrese») και του λάχανου («Cavolo Lacinato Nero di Toscana») σε τρία διαφορετικά στάδια ανάπτυξης : φύτρα, microgreens, και baby leafs. Η υψηλότερη συγκέντρωση καμπερόλης και απιγενίνης παρατηρήθηκε στο στάδιο ανάπτυξης των baby leafs, ενώ η

υψηλότερη τιμή ασκορβικού οξέος παρατηρήθηκε για τα microgreens του μπρόκολου. Επιπλέον, το είδος λάχανου και για τα είδη των δύο μπρόκολων που αναλύθηκαν, έδειξαν υψηλότερη αντιοξειδωτική ικανότητα. Σε ένα παρόμοιο πείραμα θαλάμου ανάπτυξης, ο El Nakhel εξέτασε τα αντιοξειδωτικά μόρια και το προφίλ ορυκτών του μαϊντανού σε δύο διαφορετικά στάδια οντογένεσης (μικροπράσινα και μωρόφυλλα).

Οι ερευνητές έδειξαν ότι τα microgreens παρείχαν περισσότερα βασικά καροτενοειδή (λουτεΐνη και β-καροτίνη), περισσότερο κάλιο και φώσφορο και λιγότερο νιτρικό άλας. Μια πρόσφατη μελέτη, που διεξήχθη από μια ομάδα ερευνητών του Υπουργείου Γεωργίας των ΗΠΑ (USDA) και του Πανεπιστημίου του Μέριλαντ, αναλύοντας τη συγκέντρωση βιταμινών (C, E και K) και καροτενοειδών (β καροτίνη, λουτεΐνη και ζεαξανθίνη) σε 25 ποικιλίες μικροπράσινων, απέδειξαν ότι σε σύγκριση με τα κανονικά λαχανικά που συγκομίζονται στο τυπικό στάδιο της εμπορικής ωρίμανσης, τα μικροχλωρά έχουν περιεκτικότητα σε αντιοξειδωτικές ενώσεις ακόμη και δέκα φορές υψηλότερη.

Για παράδειγμα, στην περίπτωση του κόκκινου λάχανου, συγκρίνοντας την ποσότητα των παραπάνω βιταμινών στα microgreens με εκείνες που αναφέρονται στη βιβλιογραφία για το ίδιο είδος, με την ποσότητα βιταμινών όταν συγκομίζεται σε κανονικό στάδιο ωρίμανσης, τα microgreens έδειξαν μέση περιεκτικότητα σε βιταμίνη C έξι φορές υψηλότερη. (147 έναντι 23,5 mg/100 g φρέσκου προϊόντος), 400 φορές υψηλότερη τιμή βιταμίνης E (24,1 έναντι 0,06 mg/100 g φρέσκου προϊόντος) και 60 φορές υψηλότερη περιεκτικότητα σε βιταμίνη K (2,4 έναντι 0,04 μg/ g φρέσκου προϊόντος).

Λαμβάνοντας υπόψη την περιεκτικότητα σε βιταμίνες C, E και K που υπολογίζεται στην ίδια μελέτη και τα ημερήσια επίπεδα πρόσληψης που συνιστά η Ευρωπαϊκή Αρχή για την Ασφάλεια των Τροφίμων (EFSA) για βιταμίνη C (60 mg), βιταμίνη E (13 mg) και βιταμίνη K (70 μg) για έναν ενήλικα μεσαίου βάρους, οι Di Gioia και Santamaria (2015a) εκτίμησαν ότι για ορισμένα από τα είδη που αναλύθηκαν, ακόμη και λίγα γραμμάρια

μικροπράσινων μπορούν να ικανοποιήσουν πλήρως τη συνιστώμενη ημερήσια πρόσληψη αυτών των τριών βιταμινών. Ένα άλλο παράδειγμα αναφέρει ότι, για έναν ενήλικα μεσαίου βάρους, η κατανάλωση περίπου 41 g microgreen από κόκκινο λάχανο θα ήταν αρκετή για να εκπληρώσει τη συνιστώμενη ημερήσια πρόσληψη βιταμίνης C, ή 15 g microgreens ραπανάκι θα ικανοποιούσε την ημερήσια πρόσληψη βιταμίνης E και μόλις 17 γραμμάρια microgreens γρανάτης αμάρανθου θα ήταν αρκετά για να εκπληρώσουν την ημερήσια πρόσληψη βιταμίνης K.

Πίνακας 2.1: Περιεκτικότητα σε ασκορβικό οξύ (βιταμίνη C), α τοκοφερόλη (βιταμίνη E) και φυλλοκινόνη (βιταμίνη K) σε ορισμένα είδη μικροπράσινων και σχετική ποσότητα φρέσκου προϊόντος (FP) απαραίτητη για την ικανοποίηση της συνιστώμενης ημερήσιας πρόσληψης κάθε βιταμίνης για έναν ενήλικα. (Di Gioia and Santamaria 2015a).

Microgreens		Περιεκτικότητα σε βιταμίνες (mg/100 g φρέσκου προϊόντος.)			Τα απαραίτητα γραμμάρια φρέσκου προϊόντος για την ικανοποίηση της συνιστώμενης ημερήσιας πρόσληψης βιταμίνης		
		C	E	K	C	E	K
Γρανάτης αμάραντος	Amaranthus hypochondriacus L.	131.6	17.1	4.1	46	76	17
Οπάλιος βασιλικός	Ocimum basilicum L.	90.8	24.0	3.2	66	54	22
Κόκκινο παντζάρι	Beta vulgaris L.	46.4	34.5	2.0	129	38	35
Κόκκινο λάχανο	Brassica oleracea L.var. capitata	147.0	24.1	2.8	41	54	25
Κόλιαντρο	Coriandrum sativum L.	40.6	53.0	2.5	148	25	28
Πιπεράκι	Lepidium bonariense L.	57.2	41.2	2.4	105	32	29
Μπιζέλια	Pisum sativum L.	50.5	35.0	3.1	119	37	23
Πράσινο ραπανάκι	Raphanus sativus L.	70.7	87.4	1.9	85	15	37
Ρόκα	Eruca sativa Mill.	45.8	19.1	1.6	131	68	44
Σέλινο	Apium graveolens L.	45.8	18.7	2.2	131	70	32
Καλαμπόκι	Zea mays L.	31.8	7.8	0.9	189	167	78
Χρυσά μπιζέλια	Pisum sativum L.	25.1	4.9	0.7	239	265	10

Η μέση τιμή των βιταμινών C, E και K μετρήθηκε από τους Xíao et al. (2012) Η ημερήσια πρόσληψη που συνιστά η EFSA για ενήλικες είναι 60 mg για τη βιταμίνη C, 13 mg για τη βιταμίνη E και 70 µg για τη βιταμίνη K.

Επιπλέον, αξίζει να σημειωθεί ότι, σε σύγκριση με τα συμβατικά λαχανικά που χρησιμοποιούνται συχνά μαγειρεμένα, η κατανάλωση ωμών microgreens έχει το πλεονέκτημα ότι αποφεύγει την απώλεια θρεπτικών συστατικών ή την αποικοδόμηση των θερμοευαίσθητων βιταμινών. Εκτός από την υψηλή περιεκτικότητα σε βιταμίνες και αντιοξειδωτικές ενώσεις, τα microgreens έχουν καλή περιεκτικότητα σε μέταλλα. Αναλύοντας την περιεκτικότητα των κύριων μετάλλων σε λίγα microgreens, είναι δυνατόν να παρατηρήσουμε ότι τα μικροπράσινα αντιπροσωπεύουν μια καλή πηγή καλίου και ασβεστίου (Πίνακας 2.2). Ωστόσο, όπως και άλλα φυλλώδη λαχανικά, τα microgreens μπορεί επίσης να χαρακτηρίζονται από υψηλή περιεκτικότητα σε νιτρικά άλατα, τα οποία θεωρούνται αντιδιατροφικοί παράγοντες). Αναλύοντας την ανόργανη σύσταση αρκετών microgreens, παρατηρήθηκε ότι, ειδικά για τον βασιλικό και τα Brassicaceae, παρουσία υπερβολικής λίπανσης με νιτρικό αζώτου και κάτω από χαμηλά επίπεδα ηλιακού φωτός, η περιεκτικότητα σε νιτρικά άλατα μπορεί να αυξηθεί πάνω από 4000 mg/kg φρέσκου προϊόντος. (Nakamura Y, 2001).

<i>Vegetable types</i>	<i>Fibre</i>	<i>Protein</i>	<i>Iron</i>
	<i>(mg/kg φρέσκου προϊόντος)</i>		
<i>Microgreens</i>	<i>4.1</i>	<i>23</i>	<i>7.7</i>
<i>Adult</i>			
<i>Inflorescence</i>	<i>9.6</i>	<i>56</i>	<i>12.8</i>
<i>Leaves</i>	<i>4.3</i>	<i>38</i>	<i>12.5</i>

Πίνακας 2.2 1 Περιεκτικότητα σε φυτικές ίνες, πρωτεΐνες και σίδηρο σε μικροπράσινα και κανονικό μπρόκολο. Di Gioia and Santamaria (2015a)

Microgreens		NO ₃ ⁻	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	P	Mg ²⁺
		(mg/100 g φρέσκου προϊόντος)					
Ρόκα	<i>Eruca sativa</i> Mill.	305	8.8	301	116	13.2	30.5
Πράσινος βασιλικός	<i>Ocimum basilicum</i> L.	429	11.9	299	107	13.2	26.9
Κόκκινος βασιλικός	<i>Ocimum basilicum</i> L.	462	8.3	289	105	14.0	26.8
Ραπίνι	<i>Brassica rapa</i> L., Broccoletto group	355	9.8	230	114	18.4	28.8
Μπρόκολο	<i>Brassica oleracea</i> L. var.italica	267	8.4	255	126	20.1	28.7

Πίνακας 2.2 Νιτρικά και ανόργανα άλατα ορισμένων microgreens. (Di Gioia and Santamaria 2015a)

Οι τιμές που αναφέρονται με έντονους χαρακτήρες υποδηλώνουν ότι μια μερίδα 100 g φρέσκου προϊόντος παρέχει πάνω από το 15% της συνιστώμενης ημερήσιας πρόσληψης για έναν ενήλικα μέσης.

Αντίθετα, η περιεκτικότητα σε νάτριο φαίνεται να είναι γενικά πολύ χαμηλή. Έτσι, τα microgreens μπορούν επίσης να θεωρηθούν ως τροφή χαμηλής περιεκτικότητας σε νάτριο. Από την άλλη πλευρά, η περιεκτικότητα σε ανόργανα άλατα στα microgreens καθορίζεται έντονα από τη διαθεσιμότητα των ίδιων μετάλλων στα μέσα καλλιέργειας ή στο θρεπτικό διάλυμα που παρέχεται. Επομένως, είναι δυνατό να ληφθούν microgreens με υψηλή περιεκτικότητα σε βασικά μακρό- και μικροστοιχεία ή με χαμηλή περιεκτικότητα σε ανεπιθύμητα στοιχεία όπως νιτρικά και νάτριο, τροποποιώντας τη σύνθεση και τη διαχείριση του θρεπτικού διαλύματος.

Υπό αυτή την προοπτική, η εφαρμογή τεχνικών οικολογικής βιώσιμης παραγωγής και καινοτομιών διαδικασιών ικανών να ενισχύσουν τη θρεπτική αξία των microgreens μπορεί να συμβάλει στην ικανοποίηση και των καταναλωτών που έχουν συγκεκριμένες διατροφικές ανάγκες. (Di Gioia, F, 2015c).

2.3. Ανάλυση θρεπτικών συστατικών

2.3.1 Εισαγωγή

Είκοσι πέντε ποικιλίες microgreens αγοράστηκαν από την Sun Grown Organics Distributors, Inc. από τον Μάιο έως τον Ιούλιο του 2011. Καλλιεργήθηκαν σε μη θερμαινόμενο θερμοκήπιο, με φυσικό φωτισμό, εκτός από τις χρυσαφένιες έλικες μπιζελιού και βλαστούς καλαμποκιού, που καλλιεργήθηκαν στο σκοτάδι. (Abbott, J.A, 2004). Και τα 19 microgreens καλλιεργήθηκαν στο έδαφος και γονιμοποιήθηκαν, εκτός από τα ραπανάκια Κίνας και τα μικροπράσινα ραπανάκια από πράσινο daikon, τα οποία καλλιεργήθηκαν υδροπονικά. Τα δείγματα συλλέχθηκαν χωρίς ρίζες, συσκευάστηκαν σε δοχεία με κέλυφος (113,4 g από το καθένα) και τοποθετήθηκαν όλη τη νύχτα σε ένα χάρτινο κουτί το οποίο ήταν γεμάτο με παγοκύστες. Όταν ελήφθησαν, τρία γραμμάρια φρέσκου ιστού ζυγίστηκαν για να προσδιοριστεί η περιεκτικότητά τους σε ασκορβικό οξύ. Ο υπόλοιπος ιστός καταψύχθηκε σε υγρό άζωτο και λυοφιλοποιήθηκε για ξηρό βάρος και άλλους προσδιορισμούς βιταμινών και καροτενοειδών. Οι έλικες χρυσού μπιζελιού αναπτύχθηκαν στο σκοτάδι και οι έλικες πράσινου μπιζελιού καλλιεργήθηκαν με φυσικό φωτισμό. (Andrews, W, 1982). Φωτογραφίες των 25 microgreens που καλλιεργήθηκαν και αναλύθηκαν σε αυτή τη μελέτη φαίνονται στο Σχήμα 3.1 και οι εμπορικές ονομασίες, οι επιστημονικές ονομασίες και τα χρώματα των φυτών παρατίθενται στον Πίνακα 3.1.



Σχήμα 3.1: Εικόνες 25 μικροπράσινων που διατίθενται στο εμπόριο (Sun Grown Organics Distributors, Inc.(San Diego, CA, USA from May through July, 2011.)

Commercial name	Scientific Name	Plant color
	Family Genus and Species	
Ρόκα	Brassicaceae Eruca sativa Mill.	Πράσινο
Κόκκινο παντζάρι	Chenopodiaceae Beta vulgaris L.	Πρασινοκόκκινο
Σέλινό	Apiaceae Apium graveolens L.	Πράσινο
Ροζ ραπανάκι	Brassicaceae Raphanus sativus L.	Μωβ πράσινο
Κόλιαντρο	Apiaceae Coriandrum sativum L.	Πράσινο
Γρανάτης αμάρανθος	Amaranthaceae hypochondriacus L.	Κόκκινο
Χρυσά μπιζέλια	Fabaceae Pisum sativum L.	Κίτρινο
Πράσινος βασιλικός	Lamiaceae Ocimum basilicum L.	Πράσινο
Πράσινο ραπανάκι daikon	Brassicaceae Raphanus sativus L.	Πράσινο
Ματζέντα σπανάκι	Chenopodiaceae Spinacia oleracea L.	Κόκκινο
Μιζούνα	Brassicaceae Brassica rapa L.	Πράσινο
Οπάλιος βασιλικός	Lamiaceae Ocimum basilicum L.	Πρασινωπό μωβ
Οπάλιο ραπανάκι	Brassicaceae Raphanus sativus L.	Πρασινωπό μωβ
Πιπεράκι	Brassicaceae Lepidium bonariense L.	Πράσινο
Καλαμπόκι	Poaceae Zea mays L.	Κίτρινο
Μωβ κολράμπι	Brassicaceae Brassica oleracea L.	Μωβ πράσινο
Μωβ σινάπι	Brassicaceae Brassica juncea L.	Μωβ πράσινο
Κόκκινο παντζάρι	Chenopodiaceae Beta vulgaris L.	Πρασινοκόκκινο
Μπιζέλια	Fabaceae Pisum sativum L.	Πράσινο
Κόκκινο λάχανο	Brassicaceae Brassica oleracea L.	Μωβ πράσινο
Κόκκινο σινάπι	Brassicaceae Brassica juncea L.	Μωβ πράσινο
Κόκκινη οραχιά	Chenopodiaceae Atriplex hortensis L.	Κόκκινο
Κόκκινη οξαλίδα	Polygonaceae Rumex acetosa L.	Πρασινοκόκκινο
Οξαλίδα	Polygonaceae Rumex acetosa L.	Πράσινο
Γουασάμπι	Brassicaceae Wasabia japonica Matsum.	Πράσινο

Πίνακας 3.2 Εμπορικές ονομασίες, επιστημονικές ονομασίες και χρώματα φυτών 25 μικροπράσινων που καλλιεργούνται στο εμπόριο που αναλύθηκαν στη μελέτη θρεπτικών συστατικών.(Sun Grown Organics Distributors, Inc. San Diego, CA, USA from May through July, 2011).

2.3.2 Ασκορβικό οξύ

Το ολικό ασκορβικό οξύ και το ελεύθερο L ασκορβικό οξύ προσδιορίστηκαν φασματοφωτομετρικά. Φρέσκος ιστός (3 g) ζυγίστηκε σε σωλήνα φυγοκέντρωσης 7000G, 50 mL και προστέθηκαν 10 mL παγωμένου μεταφωσφορικού οξέος συγκέντρωσης 5% (w/v). Ακολουθεί ομογενοποίηση με ταχύτητα 15.000 rpm για 1 λεπτό σε λουτρό παγωμένου νερού χρησιμοποιώντας έναν ομογενοποιητή polytron. (Hodges et al. 2001)

Ο ομογενοποιημένος ιστός φυγοκεντρήθηκε για 20 λεπτά στους 4°C και το υπερκείμενο διηθήθηκε μέσω ηθμού. (Betts, G., Jongen, W., 2005). Το διήθημα χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό του ελεύθερου ασκορβικού οξέος και το ολικό με μετατροπή του δεϋδροασκορβικού οξέος (DHA) σε ελεύθερο με διθειοθρεϊτόλη. Το ολικό και ελεύθερο ασκορβικό οξύ προσδιορίστηκαν φασματοφωτομετρικά στα 525 nm. Οι συγκεντρώσεις του ολικού και ελεύθερου ασκορβικού οξέος υπολογίστηκαν χρησιμοποιώντας μια τυπική καμπύλη L ασκορβικού οξέος (όλα τα $R^2 \geq 0,99$) και η διαφορά τους ήταν ίση με τη συγκέντρωση του δεϋδροασκορβικού οξέος (DHA). (Beuchat, L., 1998).

Τα 25 μικροπράσινα εμφάνισαν συγκέντρωση ολικού ασκορβικού οξέος κυμαινόμενη από 20,4 έως 147,0 mg/100 g φρέσκου προϊόντος. Μεταξύ των δειγμάτων που δοκιμάστηκαν, το κόκκινο λάχανο και τα microgreens αμάρανθου είχαν την υψηλότερη περιεκτικότητα σε ολικό ασκορβικό οξύ. Ως εκ τούτου, διαπιστώθηκε ότι τα φρέσκα μικροπράσινα είναι γενικά καλές έως εξαιρετικές πηγές ασκορβικού οξέος και πιθανώς πιο συμπυκνωμένα με ολικό ασκορβικό οξύ από τα αντίστοιχα ώριμα φυτά. Η διαπίστωση αυτή βρίσκεται σε συμφωνία με τα ευρήματα του Bergquist (2006) για το baby σπανάκι, δηλαδή ότι τα νεότερα φυτά είχαν υψηλότερη περιεκτικότητα σε ασκορβικό οξύ από τα παλαιότερα συγκομισμένα φύλλα. Σε αυτή τη μελέτη, προσδιορίστηκαν οι συγκεντρώσεις ολικού, ελεύθερου ασκορβικού οξέος και δεϋδροασκορβικού οξέος (DHA) και καταγράφηκαν στον Πίνακα 3.4.

Microgreen name	TAA	AA	DHA
	(mg/100 g FW)	(mg/100 g FW)	(mg/100 g FW)
Arugula	45.8 ± 3.0	32.7 ± 1.3	13.2 ± 2.8
Bull's blood beet	46.4 ± 3.0	46.0 ± 3.3	0.5 ± 0.3
Celery	45.8 ± 3.1	32.6 ± 1.3	13.2 ± 2.8
China rose radish	95.8 ± 10.3	73.2 ± 3.4	22.6 ± 7.4
Cilantro	40.6 ± 2.4	24.5 ± 1.8	16.1 ± 2.2
Garnet amaranth	131.6 ± 2.9	105.1 ± 3.1	26.5 ± 1.4
Golden pea tendrils	25.1 ± 0.7	15.3 ± 1.7	9.8 ± 1.2
Green basil	71.0 ± 2.7	59.0 ± 1.8	12.0 ± 1.1
Green daikon radish	70.7 ± 2.7	58.8 ± 1.7	11.9 ± 1.1
Magenta spinach	41.6 ± 0.8	36.0 ± 0.8	5.6 ± 0.2
Mizuna	42.9 ± 1.6	32.3 ± 1.0	10.6 ± 0.7
Opal basil	90.8 ± 2.7	81.8 ± 1.6	9.0 ± 2.0
Opal radish	90.1 ± 2.7	81.1 ± 1.7	9.0 ± 1.9
Pea tendrils	50.5 ± 0.9	27.9 ± 1.1	22.5 ± 0.3
Peppercress	57.2 ± 1.6	33.0 ± 0.7	24.2 ± 1.8
Pop corn shoots	31.8 ± 0.7	21.4 ± 2.5	10.4 ± 3.0
Purple kohlrabi	62.8 ± 7.3	48.1 ± 3.7	14.7 ± 3.7
Purple mustard	72.1 ± 4.6	53.6 ± 2.6	18.5 ± 4.4
Red beet	28.8 ± 0.4	27.5 ± 0.3	1.3 ± 0.5
Red cabbage	147.0 ± 3.6	103.3 ± 9.0	43.7 ± 5.4
Red mustard	62.2 ± 2.6	40.8 ± 1.4	21.4 ± 1.3
Red orach	45.4 ± 0.9	43.7 ± 0.9	1.7 ± 0.2
Red sorrel	56.7 ± 1.4	41.9 ± 1.9	14.9 ± 0.7
Sorrel	20.4 ± 0.5	17.9 ± 0.3	2.6 ± 0.2
Wasabi	44.8 ± 1.9	35.0 ± 2.0	9.8 ± 0.1
Coefficient of variation	12%	18%	35%

Πίνακας 3.4. Συγκέντρωση ολικού ασκορβικού οξέος (TAA), ελεύθερου ασκορβικού οξέος (AA) και δεϋδροασκορβικού οξέος (DHA) σε 25 microgreens που καλλιεργούνται στο εμπόριο. (USDA, 2011)

2.3.3 Καροτενοειδή και Τοκοφερόλες

Τα καροτενοειδή και οι τοκοφερόλες εκχυλίστηκαν υπό κίτρινο φως σύμφωνα με την τροποποιημένη μέθοδο που περιγράφεται από τους Lester et al. (2010a). Εν συντομία, 0,05 g λυοφιλοποιημένων δειγμάτων ζυγίστηκαν σε γυάλινα φιαλίδια με βιδωτό καπάκι των 15 mL και στη συνέχεια προστέθηκαν 7,5 mL από 1%w/v βουτυλιωμένου υδροξυτολουολίου (BHT) σε αιθανόλη και 500 μ L προτύπου (86,82 μ M trans β apo 8 καροτενάλη). Ακολούθησε ομογενοποίηση υπερήχων για 15 δευτερόλεπτα. Τα φιαλίδια καλύφθηκαν κάτω από ένα ρεύμα N₂ και τοποθετήθηκαν σε ξηρό λουτρό 70°C για 15 λεπτά. Μετά από 23 λεπτά, προστέθηκαν 180 μ L 80%w/v KOH. Μετά από ανάμιξη και έκπλυση με ροή N₂, τα φιαλίδια πωματίστηκαν ξανά και τοποθετήθηκαν σε ξηρό λουτρό 70°C για 30 λεπτά. Τα φιαλίδια στη

συνέχεια αφαιρέθηκαν και ψύχθηκαν για 5 λεπτά σε πάγο, και στη συνέχεια μεταφέρθηκαν σε φυγοκεντρικούς σωλήνες των 15 mL.

Κατόπιν, προστέθηκαν 3,0 mL απιονισμένου νερού και 3,0 mL διαλύματος εξανίου/τολουολίου (10:8 v/v). Το μίγμα φυγοκεντρήθηκε για 1 λεπτό, και στη συνέχεια φυγοκεντρήθηκε στα 1000G για 5 λεπτά. Η ανώτερη οργανική στιβάδα συλλέχθηκε σε ένα γυάλινο σωλήνα καλλιέργειας 8 mL και αμέσως τοποθετήθηκε σε έναν εξατμιστή αζώτου που τέθηκε στους 30°C και ξηπλώθηκε με ρεύμα N₂. Το κάτω στρώμα εκχυλίστηκε ξανά με 3,0 mL διαλύματος εξανίου/τολουολίου (10:8 v/v) για περαιτέρω κατανομή. Αυτή η εκχύλιση επαναλήφθηκε τουλάχιστον τέσσερις φορές έως ότου η επάνω στιβάδα ήταν άχρωμη και όλα τα υπερκείμενα συλλέχθηκαν σε ένα γυάλινο σωλήνα καλλιέργειας. Μετά την εξάτμιση, το κατάλοιπο ανασυστάθηκε σε 500 µL ακετονιτριλίου/αιθανόλης κινητής φάσης (1:1 v/v), διηθήθηκαν με γυάλινη σύριγγα 20mL μέσω φίλτρου 0,22µm σε φιαλίδιο HPLC για ανάλυση. Οι συγκεντρώσεις καροτενοειδών και τοκοφερολών προσδιορίστηκαν ταυτόχρονα χρησιμοποιώντας, υγρή χρωματογραφία υψηλής απόδοσης αντίστροφης φάσης (RP HPLC), οι οποίες διαχωρίστηκαν σε στήλη με ανιχνευτή συστοιχίας φωτοδιόδων χρησιμοποιώντας κινητή φάση ακετονιτριλίου/αιθανόλης (1:1 v/v). Ο ρυθμός ροής ήταν 1,2 mL/min και ο χρόνος λειτουργίας ήταν 20 λεπτά. Η απορρόφηση μετρήθηκε στα 290 και 450 nm ταυτόχρονα για 24 τοκοφερόλες και καροτενοειδή, αντίστοιχα. Η ποσοτικοποίηση βασίστηκε σε μια τυπική καμπύλη για κάθε ένωση.

Μαζί με άλλα καροτενοειδή, το χρωματογράφημα HPLC του προτύπου β-καροτίνης και η εκχύλιση microgreens κόλιανδρου παρουσιάστηκαν στο Σχ. 3.5. (Drewnowski, A, 2000). Συνοπτικά, όλα τα microgreens που δοκιμάστηκαν μπορούν να θεωρηθούν ως εξαιρετικές πηγές β-καροτίνης, με εξαιρέσεις τα βλαστάρια γλυκού καλαμποριού και τα χρυσά μπιζέλια. Ενώ και τα 25 μικροπράσινα που προσδιορίστηκαν σε αυτή τη μελέτη περιείχαν λουτεΐνη και ζεαξανθίνη (Πίνακας 3.5.). Ο κόλιανδρος είχε τα υψηλότερα επίπεδα λουτεΐνης/ζεαξανθίνης με 10,1 mg/100 g φρέσκου προϊόντος. Αυτά τα αποτελέσματα υποδεικνύουν ότι αυτά τα ανώριμα φύλλα των

μικροπράσινων τείνουν να έχουν υψηλότερη συγκέντρωση
λουτεΐνης/ζεαξανθίνης από τα αντίστοιχα πλήρως αναπτυγμένα φυτά τους.

Microgreen name	β -Carotene (mg/100 g FW)	Lutein/zeaxanthin (mg/100 g FW)
Arugula	7.5 $\pm$ 0.4	5.4 $\pm$ 0.2
Bull's blood beet	5.3 $\pm$ 0.8	4.3 $\pm$ 0.7
Celery	5.6 $\pm$ 0.1	5.0 $\pm$ 0.1
China rose radish	5.4 $\pm$ 0.5	4.9 $\pm$ 0.4
Cilantro	11.7 $\pm$ 1.1	10.1 $\pm$ 0.3
Garnet amaranth	8.6 $\pm$ 0.3	8.4 $\pm$ 0.1
Golden pea tendrils	0.6 $\pm$ 0.0	2.7 $\pm$ 0.0
Green basil	8.4 $\pm$ 0.4	6.6 $\pm$ 0.3
Green daikon radish	6.1 $\pm$ 0.1	4.5 $\pm$ 0.1
Magenta spinach	5.3 $\pm$ 0.3	3.2 $\pm$ 0.2
Mizuna	7.6 $\pm$ 0.4	5.2 $\pm$ 0.3
Opal basil	6.1 $\pm$ 0.4	5.3 $\pm$ 0.3
Opal radish	6.3 $\pm$ 1.0	5.5 $\pm$ 0.9
Pea tendrils	8.2 $\pm$ 1.1	7.3 $\pm$ 1.2
Peppercress	11.1 $\pm$ 0.6	7.7 $\pm$ 0.4
Popcorn shoots	0.6 $\pm$ 0.1	1.3 $\pm$ 0.1
Purple kohlrabi	5.7 $\pm$ 0.2	4.0 $\pm$ 0.1
Purple mustard	5.6 $\pm$ 0.4	6.4 $\pm$ 1.9
Red beet	7.7 $\pm$ 0.1	5.5 $\pm$ 0.0
Red cabbage	11.5 $\pm$ 1.2	8.6 $\pm$ 1.0
Red mustard	6.5 $\pm$ 0.4	4.9 $\pm$ 0.3
Red orach	6.3 $\pm$ 0.3	3.9 $\pm$ 0.2
Red sorrel	12.1 $\pm$ 0.6	8.8 $\pm$ 0.2
Sorrel	5.2 $\pm$ 1.0	4.2 $\pm$ 0.8
Wasabi	8.5 $\pm$ 0.2	6.6 $\pm$ 0.3
Coefficient of Variation	31%	18%

Πίνακας 3.5. Συγκεντρώσεις β καροτίνης και λουτεΐνης/ζεαξανθίνης σε 25 μικροπράσινα που καλλιεργούνται στο εμπόριο. (USDA, 2011)

2.3.4. Φυλλοκινόνη (Βιταμίνη K1)

Η φυλλοκινόνη εκχυλίστηκε από 25 μικροπράσινα υπό αμυδρό φως και προσδιορίστηκε με υγρή χρωματογραφία υψηλής απόδοσης αντίστροφης φάσης (RP HPLC), όπως περιγράφεται από τους Booth et al. (1994). Κάθε δείγμα (0,1 γραμμάριο λυοφιλοποιημένου ιστού) ομογενοποιήθηκε με 10 mL H₂O και 0,4 mL 200 μg/mL μενακινόνης (εσωτερικό πρότυπο) με ταχύτητα 15000 rpm για 1 λεπτό, μετά στο οποίο προστέθηκαν 15 mL 2 προπανόλης/εξάνιου (3:2 v/v). Το δείγμα στη συνέχεια ανακινήθηκε για 1 λεπτό και φυγοκεντρήθηκε για 5 λεπτά στα 1500 g, 21°C. Η ανώτερη στιβάδα (εξάνιο) μεταφέρθηκε σε γυάλινο σωλήνα καλλιέργειας και ξηράνθηκε κάτω από ένα ρεύμα N₂. Το υπόλειμμα διαλύθηκε σε 4 mL εξάνιου. Το εκχύλισμα δείγματος καθαρίστηκε με μεταφορά 1 mL επαναδιαλυμένου εκχυλίσματος σε προρυθμισμένες στήλες πυριτικής πηκτής (4 mL 3,5% αιθυλαιθέρα σε εξάνιο, ακολουθούμενο από 4 mL 100% εξάνιου) και στη συνέχεια η στήλη εκπλύθηκε με 2 mL εξάνιου.

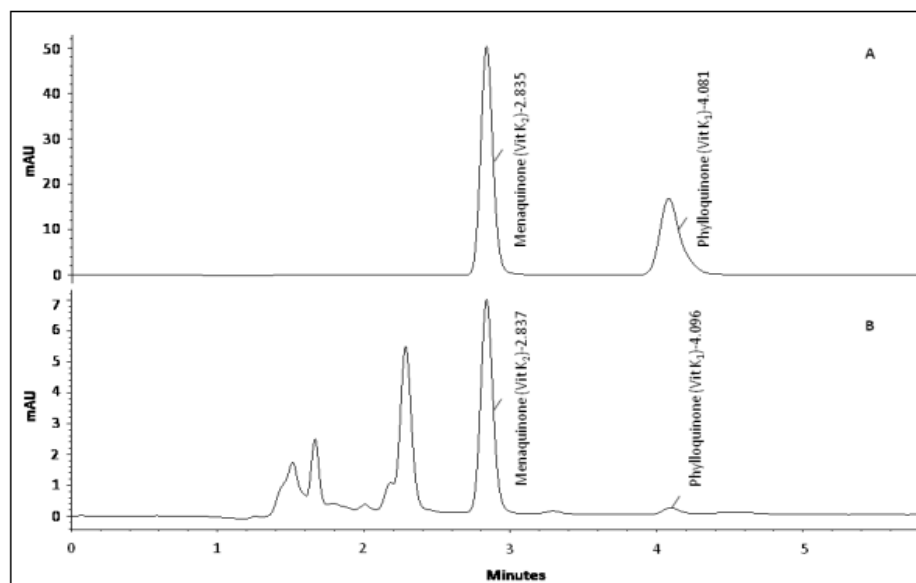
Η φυλλοκινόνη εκπλύθηκε με 8 mL 3,5% αιθυλαιθέρα σε εξάνιο, και το έκπλυμα εξατμίστηκε με μια διαδικασία ψύξης των υπολοίπων μορίων με χιτώνιο νερού στους 40°C υπό ροή N₂, και στη συνέχεια ανασυστάθηκε σε 2 mL κινητής φάσης (99% Μεθανόλη, 1% 0,05M ρυθμιστικό διάλυμα οξικού νατρίου, pH=3,0). Τέλος, διηθήθηκε μέσω φίλτρου μεμβράνης νάυλον 0,22 μm. Η ανίχνευση της φυλλοκινόνης έγινε με έναν ανιχνευτή διάταξης φωτοδιόδου (DAD) σε σύστημα HPLC και το μήκος κύματος απορρόφησης ήταν 270 nm. Το εκχύλισμα (20 μL) εγχύθηκε σε HPLC και πέρασε μέσω στήλης C18 χρησιμοποιώντας μια ισοκρατική κινητή φάση που ρέει με ρυθμό 1 mL/min. Η περιεκτικότητα των δειγμάτων σε φυλλοκινόνη προσδιορίστηκε ποσοτικά σύμφωνα με την πρότυπη μέθοδο με βάση τις περιοχές κορυφής.

Το χρωματογράφημα HPLC των 26 προτύπων βιταμίνης Κ και εκχυλίσματος από μικροπράσινα φάνηκε στο Σχ. 2.4 Μεταξύ των 25 μικροπράσινων που εξετάστηκαν, υπήρχε σημαντική διακύμανση στη συγκέντρωση της φυλλοκινόνης, που κυμαινόταν από 0,6 έως 4,1 µg/g φρέσκου βάρους (FW) όπως φαίνεται στον Πίνακα 2.4.

Microgreen name	Dry Weight (%)	Phylloquinone (µg/g FW)
Arugula	5.5 ± 0.0	1.6 ± 0.1
Bull's blood beet	6.2 ± 0.1	2.0 ± 0.1
Celery	6.8 ± 0.1	2.2 ± 0.1
China rose radish	8.1 ± 0.1	1.8 ± 0.1
Cilantro	8.3 ± 0.1	2.5 ± 0.1
Garnet amaranth	9.3 ± 0.1	4.1 ± 0.0
Golden pea tendrils	9.8 ± 0.2	0.7 ± 0.0
Green basil	7.3 ± 0.0	3.2 ± 0.1
Green daikon radish	7.8 ± 0.1	1.9 ± 0.1
Magenta spinach	5.1 ± 0.2	0.6 ± 0.0
Mizuna	5.3 ± 0.0	2.0 ± 0.0
Opal basil	6.8 ± 0.1	2.0 ± 0.1
Opal radish	7.8 ± 0.1	2.2 ± 0.2
Pea tendrils	10.2 ± 0.2	3.1 ± 0.2
Peppercress	7.3 ± 0.1	2.4 ± 0.2
Popcorn shoots	7.0 ± 0.1	0.9 ± 0.0
Purple kohlrabi	6.1 ± 0.0	2.3 ± 0.1
Purple mustard	5.7 ± 0.1	1.3 ± 0.1
Red beet	4.6 ± 0.1	1.9 ± 0.1
Red cabbage	7.7 ± 0.1	2.8 ± 0.1
Red mustard	5.6 ± 0.1	1.9 ± 0.1
Red orach	6.2 ± 0.2	0.7 ± 0.0
Red sorrel	7.0 ± 0.1	3.3 ± 0.0
Sorrel	4.9 ± 0.0	1.7 ± 0.1
Wasabi	5.6 ± 0.0	1.9 ± 0.1
Coefficient of variation		15%

^a Values are expressed as means ± standard error (n=3).

Πίνακας 2.4: Ποσοστό ξηρού βάρους και συγκεντρώσεις φυλλοκινόνης(Βιταμίνη Κ) σε 25 εμπορικά καλλιεργούμενα microgreens. (Ma & Lin, 2010)



Σχ.2.4: Χρωματογραφήματα HPLC προτύπων βιταμίνης K (A) και εκχύλιση μικροπράσινων γρανάτης αμάρανθου (B). Η μενακινόνη (Vit K₂) είναι το εσωτερικό πρότυπο. Οι συνθήκες HPLC περιγράφονται στα υλικά και τις μεθόδους. (Ma & Lin, 201

2.4. Συμπέρασμα

Συνοπτικά, έχουν προσδιοριστεί οι περιεκτικότητες σε φυτοθρεπτικά συστατικά 25 εμπορικά διαθέσιμων ποικιλιών microgreens. Γενικά, τα microgreens περιέχουν σημαντικά υψηλότερη συγκέντρωση φυτοθρεπτικών συστατικών από τα αντίστοιχα ώριμα φυτά, αν και βρέθηκαν μεγάλες παραλλαγές μεταξύ αυτών των 25 ειδών που δοκιμάστηκαν. Οι μέγιστες τιμές της βιταμίνης C, της βιταμίνης K1 και της βιταμίνης E βρέθηκαν στο κόκκινο λάχανο, τον αμάρανθο και το πράσινο ραπανάκι daikon, αντίστοιχα. Όσον αφορά τα καροτενοειδή, τα microgreens κόλιαντρου παρουσίασαν την υψηλότερη συγκέντρωση λουτεΐνης/ζεαξανθίνης κατετάγησαν δεύτερη στη συγκέντρωση β-καροτίνης. Αντίθετα, οι βλαστοί καλαμποκιού και τα χρυσά μπιζέλια είχαν σχετικά χαμηλή περιεκτικότητα σε φυτοθρεπτικά συστατικά, αν και εξακολουθούσαν να είναι συγκρίσιμα διατροφικά με ορισμένα ώριμα

λαχανικά που καταναλώνονται συνήθως. Σημειώνεται επίσης ότι τα μπιζέλια, που καλλιεργούνται απουσία φωτός, παρουσίαζαν πολύ χαμηλότερες συγκεντρώσεις φυτοθερπτικών συστατικών από τα μπιζέλια που καλλιεργούνται υπό φως, υποδηλώνοντας ότι το φως παίζει σημαντικό ρόλο στις θρεπτικές αξίες κατά την ανάπτυξη των microgreens. Τα δεδομένα που παράγονται από αυτήν την έρευνα πιθανότατα παρέχουν μια επιστημονική βάση για την αξιολόγηση της συγκέντρωσης φυτοθερπτικών στοιχείων των φύλλων κοτυληδόνας microgreens. (Bravo, L., 1998). Η έρευνα μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί ως πιθανό σημείο αναφοράς, για την εκτίμηση της διατροφικής πρόσληψης και της επάρκειας των βιταμινών από τα microgreens.

Ωστόσο, δεδομένου ότι οι συνθήκες καλλιέργειας, συγκομιδής και μετασυλλεκτικών χειρισμών μπορεί να έχουν σημαντικό αντίκτυπο στη σύνθεση και την αποδόμηση των φυτοθερπτικών συστατικών. Για τον λόγο αυτό, ενδέχεται να χρειαστούν πρόσθετες μελέτες για την αξιολόγηση της επίδρασης αυτών των γεωργικών πρακτικών στη διατήρηση φυτοθερπτικών συστατικών. (Xiao Z 2015b)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Ασφάλεια Microgreens

3.1 Εισαγωγή

Καθώς ο παγκόσμιος πληθυσμός αυξάνεται με πρωτοφανείς ρυθμούς, με την ταυτόχρονη ζήτηση για φυσικούς πόρους, η ανθρωπότητα αντιμετωπίζει την ανάγκη να αναπτύξει τρόπους βιωσιμότητας στη Γη. Η βιώσιμη ζωή απαιτεί εξισορρόπηση των ανησυχιών για την ανθρώπινη ευημερία με εκείνες για την προστασία των οικοσυστημάτων από τα οποία εξαρτάται η ζωή. Αυτές οι αλληλεπιδράσεις κωδικοποιούνται όλο και περισσότερο σε μεγάλα και πολύπλοκα ποσοτικά σύνολα δεδομένων σε πολλαπλές πηγές πληροφοριών. (Massey, W. E. 1989).

Ένα παράδειγμα ενός πραγματικού παγκόσμιου προβλήματος είναι η αναδυόμενη πλανητική επισιτιστική κρίση. Ο πληθυσμός της γης αναμένεται να φτάσει τα εννέα δισεκατομμύρια μέχρι το έτος 2050 και για να καλυφθούν οι διατροφικές ανάγκες αυτού του πληθυσμού, οι γεωργικές αποδόσεις θα πρέπει να αυξηθούν κατά 70-100 τοις εκατό. Η απλή αναβάθμιση των τρεχουσών βιομηχανικών γεωργικών εργασιών, δεν είναι βιώσιμη λύση, διότι θα αύξανε την ήδη μη βιώσιμη ζήτηση για νερό, καθώς και τους πόρους για την παραγωγή λιπασμάτων. Αυτά και άλλα ζητήματα, θέτουν το ερώτημα μήπως η κατανεμημένη γεωργία στην οποία οι άνθρωποι καλλιεργούν δικά τους τρόφιμα, θα μπορούσε να διανεμηθεί πιο αποτελεσματικά ή και να μειώσει τη ζήτηση πόρων.(UNESCO. 2003).

Για παράδειγμα, η χρήση ορυκτών καυσίμων θα μπορούσε να μειωθεί καθώς οι άνθρωποι αγοράζουν λιγότερα προϊόντα βιομηχανικής καλλιέργειας που μεταφέρονται σε μεγάλες αποστάσεις από τις αγροτικές σε αστικές περιοχές. Η διανεμημένη γεωργία μπορεί να αυξήσει την προσβασιμότητα σε πιο θρεπτικά και ασφαλέστερα τρόφιμα. Κατά τη μεταφορά τα προϊόντα από βιομηχανικές εκμεταλλεύσεις, μπορεί να χάσουν σημαντική θρεπτική αξία, και να κινδυνεύσουν από μικροβιακή μόλυνση. Μια καλλιέργεια που μπορεί να κάνει εφικτή τη διανεμημένη γεωργία, ακόμη και για κατοίκους των

πόλεων και άπειρους κηπουρούς, είναι τα μικροπράσινα. Ωστόσο, λίγες επιστημονικές μελέτες έχουν αξιολογήσει τη δυνατότητα των microgreens έτσι ώστε να είναι μια βιώσιμη καλλιέργεια που εξυπηρετεί τις ανθρώπινες διατροφικές ανάγκες.

Ενδιαφέρον για τα microgreens έχει επίσης προκληθεί από δημοφιλείς ιστοσελίδες που υποστηρίζουν τα ευρήματα που δείχνουν ότι τα microgreens μπορεί να έχουν 4 έως 40 φορές την ποσότητα ορισμένων θρεπτικών συστατικών και βιταμινών από τα λαχανικά που θα παρήγαγε ένα ώριμο φυτό. Τα microgreens μοιράζονται πολλά χαρακτηριστικά με τα λάχανα και ενώ δεν έχουν συσχετιστεί με κρούσματα τροφιμογενών ασθενειών, πρόσφατα αποτέλεσαν αντικείμενο αρκετών ανακλήσεων. Έτσι, υπάρχει δυνατότητα μεταφοράς τροφιμογενών παθογόνων και μπορούν και πρέπει να ληφθούν μέτρα κατά την παραγωγή για να μειωθεί η πιθανότητα τέτοιων περιστατικών. Ένας σημαντικός περιορισμός στην ανάπτυξη της βιομηχανίας microgreens είναι η ταχεία υποβάθμιση της ποιότητας που συμβαίνει αμέσως μετά τη συγκομιδή, η οποία διατηρεί τις τιμές υψηλές και περιορίζει το εμπόριο στις τοπικές πωλήσεις.

Μετά τη συγκομιδή, τα microgreens αφυδατώνονται εύκολα, μαραίνονται, αποσυντίθενται και χάνουν γρήγορα ορισμένα θρεπτικά συστατικά. Η έρευνα έχει μελετήσει προ-συλλεκτικές και μετασυλλεκτικές παρεμβάσεις, όπως επεξεργασίες ασβεστίου, τροποποιημένη συσκευασία στην ατμόσφαιρα, έλεγχος θερμοκρασίας και φως, για διατήρηση της ποιότητας, αύξηση της θρεπτικής αξίας και παράταση της διάρκειας ζωής. (Allende, A., Luo, Y, 2004)

Ωστόσο, χρειάζεται περισσότερη δουλειά για τη βελτιστοποίηση των συνθηκών παραγωγής και αποθήκευσης για τη βελτίωση της ασφάλειας, της ποιότητας και της διάρκειας ζωής των μικροπράσινων, επεκτείνοντας έτσι τις πιθανές αγορές.



Εικόνα 4.1: Τα μικροπράσινα σε αυτή τη φωτογραφία βρίσκονται κυρίως στο στάδιο της κοτυληδόνας και απέχουν λίγες μέρες από τη συγκομιδή. (UF/IFAS)

3.2. Συστήματα φωτισμού

Οι καλλιεργητές χρησιμοποιούν συχνά λαμπτήρες εσωτερικής καλλιέργειας που καλύπτουν και τα δύο φάσματα, ανάπτυξης και άνθησης αντί για φυσικό φωτισμό. Οι καλλιεργητές θερμοκηπίου συχνά συμπληρώνουν το φυσικό φως με "φώτα ανάπτυξης". Οι λαμπτήρες εκκένωσης αερίου (GDL) όπως οι λαμπτήρες νατρίου υψηλής πίεσης (HPS) χρησιμοποιούνται συχνότερα, αν και οι ερευνητές διερευνούν τα οφέλη της διόδου εκπομπής φωτός (LED). (Agarwal, A., & Gupta, S. D. 2016). Ο φωτισμός LED επιτρέπει την προσαρμογή της φασματικής σύνθεσης ώστε να ταιριάζει με τους φωτοϋποδοχείς των φυτών και να βελτιστοποιήσει την παραγωγή, τη μορφολογία των φυτών και την περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά.

Τα συστήματα φωτισμού LED παρέχουν διακριτά λειτουργικά πλεονεκτήματα και είναι πιο φιλικά προς το περιβάλλον από τα GDL. Τα LED επιτρέπουν επίσης πιο ομοιόμορφη κατανομή φωτισμού από τους συμβατικούς σωλήνες φθορισμού ή τους λαμπτήρες HPS. (Morrow, R. C. 2008).

3.2.1. Επιδράσεις ποιότητας φωτός

Η ποιότητα του φωτός επηρεάζει πολλές πτυχές της ανάπτυξης των φυτών, κυρίως όμως τη μορφολογία, το χρώμα, τη γεύση και τη διατροφή. Οι Alrifai (et all), εξηγούν ότι το κόκκινο, το μπλε και το συνδυασμένο κόκκινο συν μπλε φως είναι πιο αποτελεσματικά από το λευκό φως και άλλα μήκη κύματος για την ενίσχυση της φωτοσύνθεσης και τη ρύθμιση του μεταβολισμού των φυτών. Η Samuolienė διαπίστωσε ότι διαφορετικά συμπληρωματικά μήκη κύματος LED εκτός από τα βασικά συστατικά του μπλε (455 nm), του κόκκινου (638 nm), του βαθύ κόκκινου (669 nm) και του μπορντώ (731 nm) είχαν διαφορετικές επιδράσεις στις αντιοξειδωτικές ενώσεις στους φυτρωμένους σπόρους. Η συμπλήρωση με πράσινο φως (510 nm) βελτίωσε τις αντιοξειδωτικές ιδιότητες των σπόρων φακής και σιταριού και βελτίωσε την περιεκτικότητα σε μεταλλικά στοιχεία στα μικροχλωρά τεύτλων.

Οι Carvalho και Folta διαπίστωσαν ότι το πράσινο φως LED, παρήγαγε πολύ διαφορετικά αποτελέσματα στην παραγωγή ανθοκυανίνης πράσινης και κόκκινης ποικιλίας του ίδιου microgreen. Διαπιστώθηκε επίσης ότι, η περιοχή της κοτυληδόνας, η φρέσκια μάζα, η χλωροφύλλη (α) και η περιεκτικότητα σε χρωστική ουσία ανθοκυανίνης, τόσο των κόκκινων όσο και των πράσινων microgreen, αυξανόταν από το μπλε φως. Η περιεκτικότητα σε φαινολικά και η δραστηριότητα σάρωσης ελεύθερων ριζών, βελτιώθηκαν με την εφαρμογή κυρίως κόκκινου φωτός στην πράσινη ποικιλία και κυρίως μπλε φωτός στην κόκκινη ποικιλία. Η συμπλήρωση με κεχριμπαρένιο φως (595 nm) ενίσχυσε τις αντιοξειδωτικές ιδιότητες των φύτρων ραπανιού. Η Samuolienė διαπίστωσε ότι η συμπλήρωση των λαμπτήρων HPS με βραχυπρόθεσμο κόκκινο φωτισμό LED άλλαξε τις αντιοξειδωτικές ιδιότητες του αμάρανθου, του βασιλικού, της μουστάρδας, του σπανακιού, του μπρόκολου, του μποράγου, του τεύτλου, του λάχανου, του μαϊντανού και του μπιζελιού. μικροπράσινα. Τα συμπληρωματικά μήκη κύματος φωτός οδήγησαν σε αυξημένη μεταβολική παραγωγή διαφορετικών

βιοδραστικών ενώσεων σε διαφορετικά είδη, πιθανώς για την προστασία των φυτών από ήπιο φωτοξειδωτικό στρες. Στα περισσότερα είδη, η συνολική αντιοξειδωτική δράση αυξήθηκε. Ωστόσο, τα συμπληρωματικά μήκη κύματος δεν επηρέασαν σημαντικά την αντιοξειδωτική περιεκτικότητα του αμάρανθου, του μπρόκολου και του μπιζελιού και μειώθηκαν τα επίπεδα στα μικροπράσινα τεύτλων. Ο βραχυπρόθεσμος φωτισμός κόκκινου LED (638 nm) αύξησε τις συνολικές ανθοκυανίνες και το ολικό ασκορβικό οξύ ενώ μείωσε την περιεκτικότητα σε νιτρικά άλατα στη μωβ μέντα *Perilla*.

Η συνολική περιεκτικότητα σε φαινολικά (TPC) αυξήθηκε σε όλα τα microgreens εκτός από τον αμάραντο. Η συνολική περιεκτικότητα σε ασκορβικό οξύ αυξήθηκε στον αμάρανθο, το λάχανο, το μπρόκολο, το σινάπι, και το μπιζέλι και μειώθηκε στα microgreens του βασιλικού και της μπουράντζας. Οι ολικές ανθοκυανίνες αυξήθηκαν στον αμάρανθο, το λάχανο, το μπρόκολο, το λάχανο tatsoi και το μπιζέλι και μειώθηκαν στα microgreens σιναπιού, μπουράντζας, τεύτλα και μαϊντανού. Η εφαρμογή του μπλε (470 nm, 41 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) φωτός LED 5 ημέρες πριν από τη συγκομιδή, είχε ως αποτέλεσμα σημαντική αύξηση στα καροτενοειδή, τα γλυκοσινολικά, μικροθρεπτικά και μακροθρεπτικά στοιχεία στα microgreens μπρόκολου σε σύγκριση με έναν συνδυασμό κόκκινων (627 nm, 88%) και μπλε (470 nm, 12%) φώτων LED με μέση ένταση φωτός 350 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$. Συγκεκριμένα, αυτή η θεραπεία αύξησε τα επίπεδα β-καροτίνης, βιολαξανθίνης, γλυκοραφανίνης, K, Mg και Fe.

Οι Brazaitytè (et al., [2015a](#)) πρότειναν ότι το φωτισμό θα μπορούσε να προκληθεί είτε από ανεπάρκεια, είτε από περίσσεια μπλε φωτός, με αποτέλεσμα τη σύνθεση προστατευτικών αντιοξειδωτικών ενώσεων. Όλες οι δόσεις μπλε φωτός αύξησαν την επιφάνεια των φύλλων και μείωσαν το μήκος υποκοτυλίδιου και το ύψος του φυτού. Σε σύγκριση με το 0% πέτυχαν μεγαλύτερη συσσώρευση χλωροφύλλων και καροτενοειδών χρωστικών σε εντάσεις μπλε φωτός 33%, από ότι σε χαμηλότερες εντάσεις. Οι τοκοφερόλες είχαν μεγαλύτερη συσσώρευση σε 16% μπλε φως.

3.2.2. Επιδράσεις ποσότητας φωτός

Η ίδια ποιότητα φωτός σε διαφορετικά επίπεδα ακτινοβολίας μπορεί να έχει πολύ διαφορετικές επιπτώσεις στη βιοχημεία και τη θρεπτική ποιότητα των φυτών. Η Samuolienė et al. (2013) αξιολόγησε την επίδραση του επιπέδου ακτινοβολίας στην ανάπτυξη και τη διατροφική ποιότητα των microgreens Brassica, συμπεριλαμβανομένων των κολραμπιών, του σιναπιού, του κόκκινου λάχανου pak choi και του tatsoi. Ένα σύστημα πέντε μονάδων φωτισμού με λυχνίες LED 455, 638, 665 και 731 nm προσαρμοσμένες στα 20, 40, 60, 80 και 100% χρησιμοποιήθηκε για την απόκτηση PPFD 110, 220, 330, 440 και 545 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$. Η βέλτιστη microgreen ανάπτυξη επιτεύχθηκε στα 330–440 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, παράγοντας μεγαλύτερη επιφάνεια φύλλου, χαμηλότερες συγκεντρώσεις νιτρικών και υψηλότερες ολικές ανθοκυανίνες, ολικές φαινολικές ουσίες και ικανότητα σάρωσης ελεύθερων ριζών DPPH. Ωστόσο, στα 110 έως 220 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ PPFD, η ατοκοφερόλη ήταν υψηλότερη σε όλα τα microgreens είδη και τα επίπεδα ασκορβικού οξέος ήταν υψηλότερα τόσο για τα tatsoi όσο και για το κόκκινο pak choi.

Οι συνθήκες υψηλού φωτισμού έχουν ως αποτέλεσμα αυξημένη φωτοσυνθετική ικανότητα, η οποία κατέστη δυνατή από αυξημένα φωτοσυστήματα, μεταφορά ηλεκτρονίων και σύμπλοκα συνθάσης ATP και ένζυμα του κύκλου Calvin-Benson. Υψηλότερες συγκεντρώσεις της φωτοσυνθετικής «μηχανής» μειώνουν την ευαισθησία σε φωτοφθορές. Ωστόσο, οι συνθήκες χαμηλού φωτισμού έκαναν τα φύλλα των φυτών να υποστούν αύξηση στον σχετικό αριθμό των συμπλεγμάτων συγκομιδής φωτός και στη στοίβαξη των θυλακοειδών μεμβρανών για να σχηματίσουν σπόρους αλλαγές που βελτιστοποιούν τη χρήση του φωτός. Η επεξεργασία με υψηλό φως 463 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ προκάλεσε μια μετατόπιση στις χρωστικές του κύκλου της ξανθοφύλλης στα πλατύφυλλα microgreens σιναπιού μειώνοντας τα επίπεδα β-καροτίνης και αυξάνοντας τα επίπεδα ζεαξανθίνης. Οι Loedolff, Brooks, Stander, Peters και Kossmann (2017) κατάφεραν να αυξήσουν το πολυφαινολικό περιεχόμενο σε microgreens με επεξεργασία

υψηλού φωτός $272 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ φωτονίων και συγκεκριμένα να διεγείρουν τη σύνθεση ρεσβερατρώλης και φίλτρου κατεχίνης. Η Lin συνέστησε $400\text{--}600 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ PPFD για τη βελτιστοποίηση της βιομάζας πάνω από το έδαφος για την υδροπονική παραγωγή μαρουλιού χρησιμοποιώντας κόκκινα, μπλε και λευκά LED. Η ίδια αθροιστική φωτοσυνθετικά ενεργή ακτινοβολία μπορεί να επιτευχθεί χρησιμοποιώντας συνθήκες φωτός υψηλής έντασης για μικρότερες φωτοπερίόδους όπως με φωτισμό χαμηλής έντασης για μεγαλύτερη φωτοπερίοδο. Οι προκαταρκτικές μελέτες στο εργαστήριό, μας υποδεικνύουν ότι η έκθεση φυτών που έχουν αναπτυχθεί από σπόρους εμβολιασμένους με *Escherichia coli* σε υψηλής έντασης φως φθορισμού επιταχύνει την αποβολή των βακτηρίων.

Ενώ η ένταση του φωτός κάνει ξεκάθαρη τη διαφορά στην ανάπτυξη και τη θρέψη των φυτών. Υπάρχουν λίγες μελέτες σχετικά με τις επιπτώσεις της φωτοπερίόδου στην ανάπτυξη και τη θρέψη των φυτών, χωρίς να έχει βρεθεί καμία για τα microgreens. Η φωτοπερίοδος έχει αποδειχθεί ότι παίζει ρόλο στην παραγωγή αιθέριου ελαίου στα φυτά, συμπεριλαμβανομένου του λεμονόχορτου και της μέντας. Η φωτοπερίοδος έχει επίσης ότι επηρεάζει τη σύνθεση των θρεπτικών συστατικών του baby σπανάκι.

3.3. Ευπάθεια νεαρών φυτών σε μικροβιακό αποικισμό

Τα microgreens μοιράζονται πολλά χαρακτηριστικά με τα baby leafs και τα φύτρα. Γενικά καταναλώνονται ωμά για να διατηρηθούν τα θρεπτικά οφέλη και η φρέσκια, τραγανή γοητεία τους. Η καλλιέργειά τους μοιάζει περισσότερο με την παραγωγή φύτρων, καλλιεργούνται σε ελεγχόμενα περιβάλλοντα, αποφεύγοντας έτσι πιθανές πηγές μόλυνσης στο χωράφι. (Barak, J. D., & Schroeder, B. K. 2012). Ωστόσο, είναι άγουρα όταν καταναλώνονται και επηρεάζονται από φυσιολογικές διαφορές που καθιστούν τα νεαρά φυτά πιο ευάλωτα στον αποικισμό και την εκδήλωση των παθογόνων μικροβίων.

Ο Warrine (2003) αναφέρει ότι τα microgreens είναι πιο ευάλωτα στην ανάπτυξη βακτηρίων από τα ώριμα φυτά λαχανικών και περιέγραψε πώς τα βακτήρια που υπάρχουν στους σπόρους μπορούν να γίνουν μέρος της ενδοφυτικής μικροχλωρίδας. Κατά τη διάρκεια της βλάστησης των σπόρων, ο σπόρος απελευθερώνει ένα μείγμα υδατανθράκων και πεπτιδίων που μπορούν να προσελκύσουν τα γύρω βακτήρια στη ριζόσφαιρα. Η πρόσβαση στον εσωτερικό αποπλαστικό χώρο περιορίζεται από προστατευτικά οριακά κύτταρα στην επιφάνεια της ρίζας. Ωστόσο, τα βακτήρια μπορούν να εισέλθουν μέσω βλαστικών ριζών ή δευτερογενών ριζών και μπορούν να παραμείνουν σε εντοπισμένες θέσεις. Ωστόσο, στα ανώριμα φυτά δεν σχηματίζονται πλήρως προστατευτικές δομές, επιτρέποντας την είσοδο βακτηρίων στο ξύλημα.

Οι Dong, ο Iniguez, ο Ahmer και ο Triplett εμβολίασαν τις ρίζες των δενδρυλλίων μηδικής ηλικίας 1-2 ημερών με χαμηλό επίπεδο εμβολιασμού 102 cfu ανά φυτό *Salmonella Typhimurium* και βρέθηκε ότι το παθογόνο αποίκισε το εσωτερικό των φυταρίων ηλικίας 6-9 ημερών σε μεγάλους αριθμούς. Παρατήρησαν σημαντικό αποικισμό των πλευρικών ρωγμών της ρίζας, υποδηλώνοντας ότι αυτό μπορεί να είναι το σημείο εισόδου για αυτά τα βακτήρια. Ο Gyaneshwarar επίσης σημείωσε ότι υψηλότερες συγκεντρώσεις *Serratia marcescens* παρατηρήθηκαν 3 ημέρες μετά τον εμβολιασμό κοντά στις αναδύομενες πλευρικές ρίζες των δενδρυλλίων ρυζιού, υποδεικνύοντας και πάλι μια πιθανή θέση εισόδου βακτηρίων στα φυτά. Στις 6 ημέρες, τα βακτήρια βρέθηκαν στους μίσχους και τα φύλλα.

Μικροσκοπικά, παρατηρήθηκαν μεγάλοι αριθμοί βακτηρίων εντός των ενδοκυτταρικών χώρων, γερασμένα φλοιώδη κύτταρα ρίζας, αρένχυμα και αγγεία ξυλώματος.

3.4. Ασφάλεια τροφίμων μικροπράσινων έναντι των φύτρων

Η μεγαλύτερη ευπάθεια των βλαστών σε μόλυνση από παθογόνο μπορεί να είναι κατά κύριο λόγο αποτέλεσμα πρακτικών παραγωγής φύτρων. (Fett, W. F. 2006). Οι σπόροι βλαστών μουλιάζονται σε νερό για να ενισχύσουν τη βλάστηση και γενικά φυτρώνουν σε βάζα, κάδους χωρίς φως, σε πολύ υψηλή υγρασία και υψηλές θερμοκρασίες, συχνά με νερό που ανακυκλώνεται. Εάν υπάρχει μικροβιακή μόλυνση στους σπόρους ή στον εξοπλισμό παραγωγής, ή εισαχθεί από έντομα ή έλλειψη πρακτικών υγιεινής από τους εργαζόμενους, θα ακολουθήσει ταχεία ανάπτυξη μικροβίων, με αποτέλεσμα τη μόλυνση ολόκληρης της παρτίδας. Οι σπόροι έχουν βρεθεί ότι είναι η κύρια πηγή παθογόνων που ευθύνονται για εστίες τροφιμογενών ασθενειών που σχετίζονται με τα βλαστάρια. Ως εκ τούτου, η απόκτηση σπόρων που έχουν πιστοποιηθεί για βλάστηση και έχουν παραχθεί χρησιμοποιώντας καλές γεωργικές πρακτικές είναι ένα σημαντικό πρώτο βήμα για τους καλλιεργητές φύτρων.

Η απολύμανση των σπόρων είναι ένα σημαντικό δεύτερο βήμα. Η FDA των ΗΠΑ συνέστησε ότι όλοι οι σπόροι που προορίζονται για παραγωγή φύτρων θα πρέπει να υποβάλλονται σε επεξεργασία με μία ή περισσότερες θεραπείες (όπως 20.000 ppm υποχλωριώδες ασβέστιο) που έχουν εγκριθεί για τη μείωση των παθογόνων παραγόντων στους σπόρους ή τους βλαστούς. Αν και αυτή η διαδικασία απολύμανσης βελτίωσε την ασφάλεια των φυτωμένων σπόρων, συνεχίζουν να συμβαίνουν περιστασιακά κρούσματα τροφιμογενών ασθενειών και ανακλήσεις προϊόντων που σχετίζονται με τα λάχανα. Απαιτείται περισσότερη επιστημονική γνώση για την ανάπτυξη τεχνολογιών για την εξάλειψη των σπόρων ως πηγή μόλυνσης από ανθρώπινο παθογόνο. Μερικοί από τους σπόρους για βλάστηση, για παράδειγμα, μηδική και τριφύλλι, δεν καλλιεργούνται συνήθως για microgreens. Ωστόσο, άλλοι, όπως οι σπόροι ραπανιού και μπρόκολου, έχουν εμπλακεί σε ανακλήσεις microgreens. Παρά τις ευρέως διαφορετικές πρακτικές, η παραγωγή microgreen έχει γενικά αρκετές βασικές διαφορές από την παραγωγή

φύτρων. Για την παραγωγή microgreens τα φυτά γενικά αγκυρώνονται με ριζοβολία τους σε κάποιο τύπο στερεού μέσου. Τα φυτά γενικά εκτίθενται στο φως και τον κινούμενο αέρα μετά τη βλάστηση και την επιμήκυνση, γεγονός που προκαλεί εξάτμιση του νερού από τη μήτρα ανάπτυξης, μειώνοντας την υγρασία.

Το νερό συνήθως δεν ανακυκλώνεται σε συστήματα παραγωγής στερεών μέσων, αν και συχνά γίνεται σε υδροπονικά συστήματα. Τα φυτά γενικά συλλέγονται, κόβοντας τους μίσχους πάνω από τη ρίζα κατά την εμφάνιση του πρώτου ζεύγους αληθινών φύλλων. Αυτές οι συνθήκες μπορεί να οδηγήσουν σε ασφαλέστερο προϊόν από εκείνα που σχετίζονται με την παραγωγή φυτρών. Οι Xiao, Nou, Luo και Wang συνέκριναν την επιβίωση και τον πολλαπλασιασμό των *E. coli* O157:H7 και O104:H4 σε φύτρα ραπανιού και microgreens που καλλιεργήθηκαν σε θάλαμο ανάπτυξης BSL 2 υπό συνθήκες παραγωγής φύτρων και microgreens. Αν και τα παθογόνα μπόρεσαν να πολλαπλασιαστούν και στα δύο συστήματα παραγωγής, ήταν σημαντικά (3-5 log cfu/g) υψηλότερα στα παρά στα microgreens.

Ωστόσο, τα microgreens που καλλιεργούνται υδροπονικά μπορεί να προκαλέσουν ανησυχίες για την ασφάλεια παρόμοιες με αυτές των φύτρων λόγω των υγρών συνθηκών και των σταθερών θερμών θερμοκρασιών. Επιπλέον, η χρήση ανακυκλωμένου νερού μπορεί να επιτρέψει στα παθογόνα να πολλαπλασιαστούν όπως στην παραγωγή φύτρων.

Οι Wright και Holden (2018) ανακάλυψαν ότι η τοξίνη Shiga που παράγει *E. coli* (STEC) που ενοφθαλμίστηκε στους σπόρους και στο νερό άρδευσης μπόρεσε να πολλαπλασιαστεί σε οκτώ διαφορετικά είδη microgreens φυτών που αναπτύχθηκαν σε υδροπονικά χαλάκια. Ακόμη και στο χαμηλότερο επίπεδο εμβολιασμού τους (3 log cfu/mL,) παρατήρησαν αποικισμό σε υψηλά επίπεδα σε όλα τα microgreens είδη που εκτέθηκαν σε μολυσμένο νερό άρδευσης. Οι σπόροι απολυμάνθηκαν σε διάλυμα λευκαντικού πριν από τον εμβολιασμό με STEC στα 7 log cfu/g. Η περισσότερη μόλυνση των σπόρων είχε ως αποτέλεσμα τον αποικισμό του περιβάλλοντος νερού. Οι συγγραφείς πρότειναν ότι οι ίδιες επεξεργασίες προβλάστησης σπόρων που

απαιτούνται για την καλλιέργεια φυτωμένων σπόρων θα πρέπει να λαμβάνονται για τα microgreens, τουλάχιστον εκείνα που καλλιεργούνται σε υδροπονικά συστήματα.

Οι Wright και Holden (2018) δεν δοκιμάζουν την ανάπτυξη/επιβίωση STEC σε μικροχλωρά που καλλιεργούνται σε υποκατάστατο εδάφους. Οι Reed, Ferreira, Bell, Brown και Zheng διαπίστωσαν ότι η *Salmonella enterica* ήταν τουλάχιστον εξίσου επιτυχημένη στο να επιβιώσει και να αναπτυχθεί σε μικροπράσινα ελβετικά σέσκουλα όσο και σε βλαστούς μηδικής και ότι ο επιτυχημένος αποικισμός εξαρτιόταν από το επίπεδο εμβολιασμού. Ωστόσο, η ανάπτυξη του *S. enterica* σε βλαστούς μηδικής που εμβολιάστηκαν με σπόρους επηρεάστηκε επίσης από τον χρόνο αποθήκευσης των σπόρων, ενώ στα microgreen σέσκουλα εξαρτιόταν από τον ορό. Αν και οι μελέτες για την επιβίωση και την ανάπτυξη παθογόνων στα microgreens είναι περιορισμένες, τέτοιες μελέτες είναι άφθονες για τα φύτρα.

Δεδομένου ότι τα microgreens κόβονται για συγκομιδή και οι βλαστοί όχι, η αυξημένη ανάγκη για χειρισμό από εργάτες θα μπορούσε να είναι μια άλλη πιθανή πηγή μόλυνσης για τα microgreens. Η μηχανοποίηση της συγκομιδής μπορεί να μειώσει την ανάγκη χειρισμού microgreens και η εκπαίδευση μπορεί να βελτιώσει τις πρακτικές υγιεινής των εργαζομένων. Ο Riggio πρότεινε ότι η αλληλεπίδραση του εργαλείου συγκομιδής με την κομμένη άκρη του στελέχους μπορεί να είναι μια άλλη πηγή μόλυνσης που δεν μοιράζονται τα φύτρα. Θα πρέπει να είναι δυνατή η διαχείριση τέτοιων πιθανών πηγών σε ελεγχόμενο περιβάλλον χρησιμοποιώντας καλές γεωργικές πρακτικές. Από την άλλη πλευρά, τα διδάγματα από τους βλαστούς δείχνουν ότι η αποτελεσματική απολύμανση των σπόρων χωρίς να παρεμποδίζεται η βιωσιμότητα των σπόρων μπορεί να είναι πρόκληση.

Στον νέο Κανόνα Ασφάλειας Παραγωγής του Νόμου για τον Εκσυγχρονισμό της Ασφάλειας Τροφίμων, πολλές προηγούμενες συστάσεις για τα λάχανα αποτελούν πλέον απαιτήσεις. Αυτές περιλαμβάνουν την επεξεργασία των σπόρων για απολύμανση, τη λήψη μέτρων για την πρόληψη της εισαγωγής παθογόνων μικροοργανισμών μέσα ή πάνω στους σπόρους

που χρησιμοποιούνται για βλάστηση, τον έλεγχο του νερού άρδευσης των βλαστών, τη δοκιμή της καλλιέργειας, περιβάλλον συγκομιδής, συσκευασίας και διατήρησης, τεκμηρίωση όλων των θεραπειών και δοκιμών και λήψη διορθωτικών ενεργειών εάν τα δείγματα βρεθούν θετικά. Τα microgreens δεν υπόκεινται σε αυτές τις απαιτήσεις. Η FDA των ΗΠΑ δεν έχει καθορίσει συγκεκριμένες κατευθυντήριες γραμμές για τα προϊόντα για τα microgreens. Ωστόσο, μέρος της διάκρισης μεταξύ microgreen και φύτρων είναι ότι τα microgreens συνήθως καλλιεργούνται σε έδαφος ή υπόστρωμα και συλλέγονται πάνω από τη γραμμή του εδάφους ή του υποστρώματος. Μια κατηγορία φύτρων που αναφέρονται ως "πράσινα λάχανα", περιλαμβάνει το σιταρόχορτο, καλλιεργείται σε έδαφος ή υπόστρωμα, συλλέγεται πάνω από τη γραμμή του εδάφους ή του υποστρώματος και εκτίθεται στο φως. Η FDA των ΗΠΑ τα διακρίνει από τα αληθινά λάχανα και τα αντιμετωπίζει παρόμοια με τα microgreens.

Δεδομένου ότι τα microgreens είναι νεαρά και τρυφερά φυτά που συλλέγονται με την κοπή των μίσχων, είναι πολύ ευαίσθητα στην αφυδάτωση και στην υποβάθμιση της ποιότητας. Η ψύξη και η συσκευασία είναι απαραίτητα για τη διατήρηση της ποιότητας.

3.5. Ανάπτυξη Salmonella και E. coli σε αλφάλφα φύτρα και μικροπράσινα

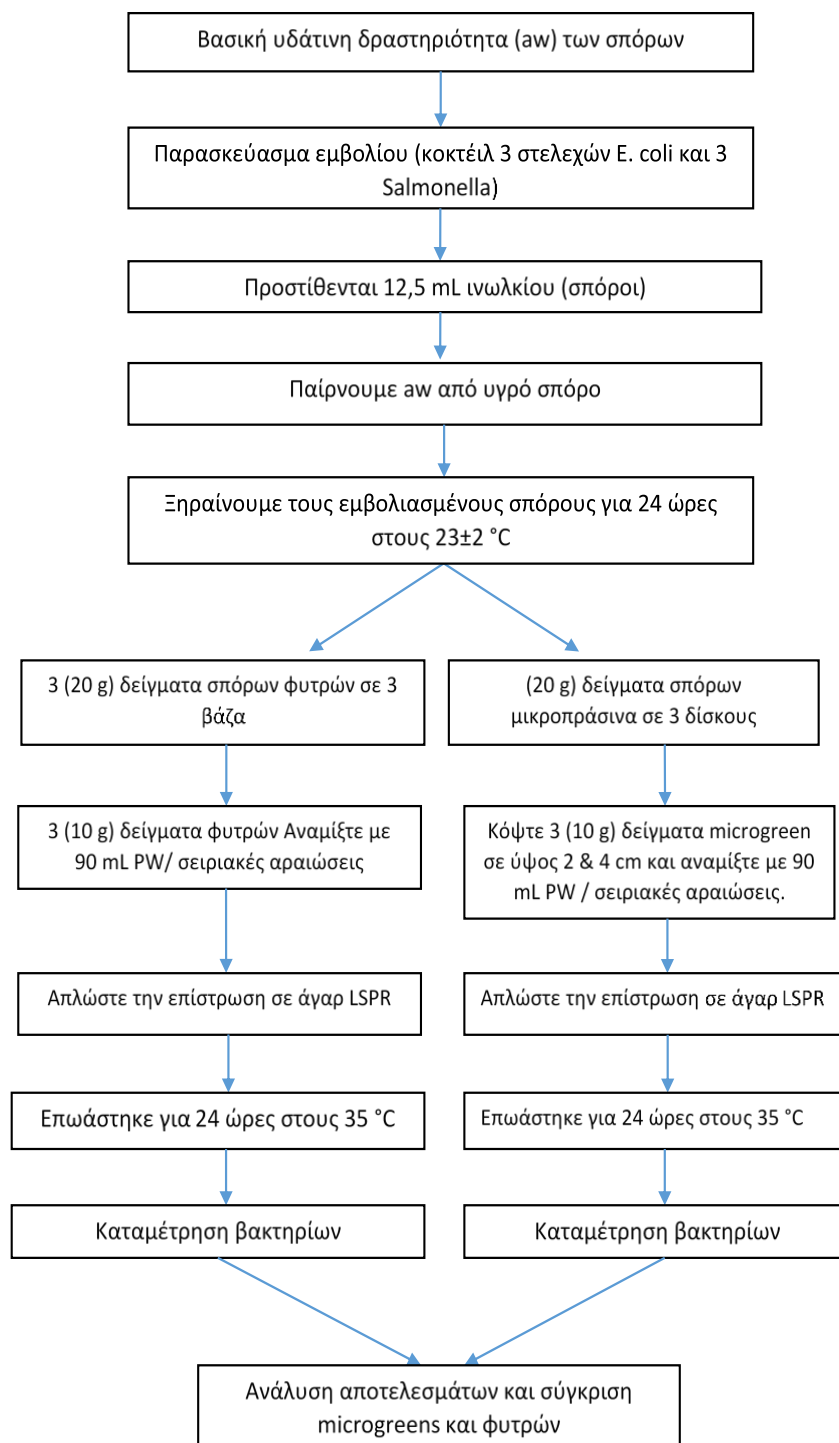
Τα microgreens και τα φύτρα είναι λαχανικά με μεγάλη ζήτηση λόγω της θρεπτικής τους αξίας. Ωστόσο, πολυάριθμες τροφιμογενείς επιδημίες έχουν συσχετιστεί με την κατανάλωση ωμών φύτρων αλφάλφα. Η Salmonella και η τοξίνη Shiga που παράγουν E. coli (STEC) ήταν τα πιο κοινά παθογόνα που εμπλέκονται σε εστίες που συνδέονται με μολυσμένα φύτρα αλφάλφα. Στα περισσότερα από αυτά τα κρούσματα, οι μολυσμένοι σπόροι έχουν αναγνωριστεί ως ο αιτιολογικός παράγοντας.

Ως εκ τούτου, λόγω των οπτικών ομοιοτήτων μεταξύ των microgreen και των φύτρων, ορισμένοι καταναλωτές ανησυχούν για την ασφάλεια των τροφίμων που σχετίζονται με τα microgreens. Τα φύτρα διατρέχουν υψηλό κίνδυνο τροφιμογενούς ασθένειας επειδή παρέχουν ιδανικές συνθήκες (θερμοκρασία, χρόνος, υγρασία και διαθεσιμότητα θρεπτικών ουσιών) για την ανάπτυξη παθογόνων βακτηρίων κατά την παραγωγή. Αυτή η μελέτη στόχευε να συγκρίνει την ανάπτυξη και την επιβίωση της *Salmonella* και της STEC σε φύτρα αλφάλφα και μικροπράσινα που λαμβάνονται από εμβολιασμένους σπόρους και στόχευε να προσδιορίσει τις επιπτώσεις των πρακτικών παραγωγής και συγκομιδής στην ανάπτυξη και την επιβίωση των παθογόνων.

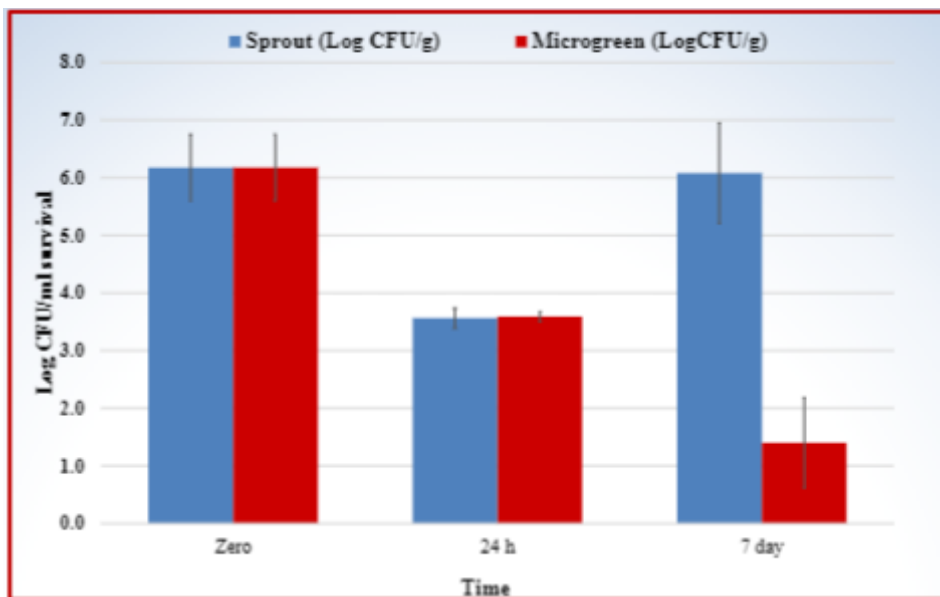
Μια παρτίδα 200 g σπόρων αλφάλφα εμβολιάστηκε με ένα κοκτέιλ 12 ml *Salmonella* και STEC (5 log CFU/g) και αφέθηκε για 24 ώρες στους 23 ± 2 για να στεγνώσει. Οι εμβολιασμένοι σπόροι αναπτύχθηκαν για να παράγουν βλαστάρια και μικροπράσινο χωριστά. Οι προκύπτοντες βλαστοί και μικροπράσινα αναλύθηκαν με επάλειψη σε LSPR Rif, επώαστηκαν και απαριθμήθηκαν οι αποικίες. Στη συνέχεια, συγκρίθηκαν τα αποτελέσματα του microgreen και των φύτρων. Ο μέσος όρος και η SD των στοχευόμενων μικροοργανισμών ήταν σημαντικά ($P 0,05$) υψηλότεροι στα φύτρα ($6,1\pm 0,9$) log CFU/g σε σύγκριση με τα microgreens ($1,4\pm 0,8$) log CFU/g.

Τα αποτελέσματα έδειξαν υψηλότερους κινδύνους με τα φύτρα. Τα αποτελέσματα έδειξαν επίσης ότι η παράταση του χρόνου συγκομιδής έπαιξε σημαντικό ρόλο στη μείωση των παθογόνων στα microgreens.

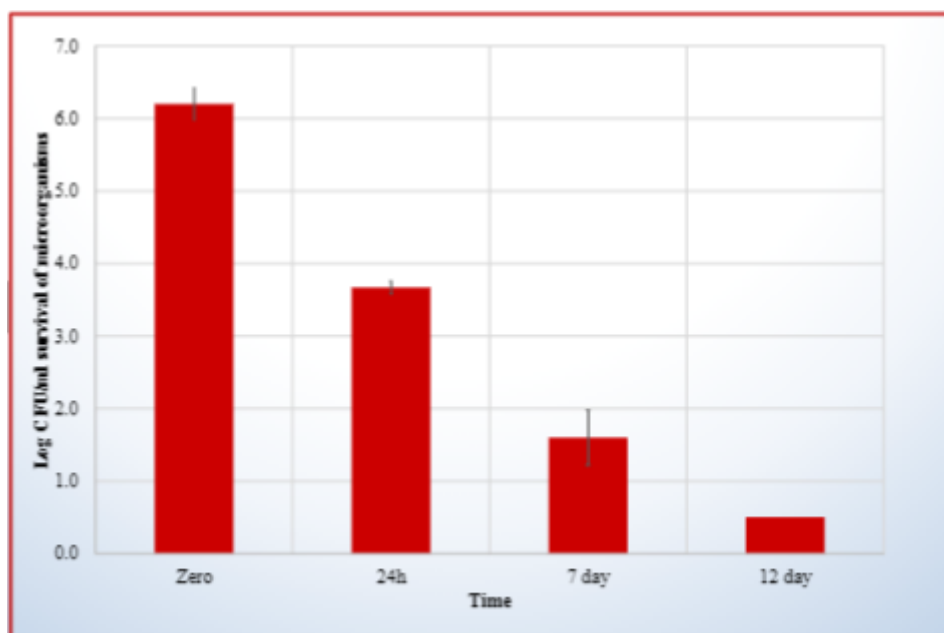
Μεθοδολογία



Reference: (Pajok, P. Et all 2014)



Σχήμα 3.4.1. Σύγκριση μεταξύ δειγμάτων microgreen και δειγμάτων βλαστών. Η επιβίωση τόσο της *Salmonella* όσο και της *E.coli* ήταν σημαντικά διαφορετική ($P > 0, 05$) στην επιφάνεια των φυτρώων σε σύγκριση με των microgreen. $N=9$ (Pajqk, P. Et all 2014)



Σχήμα 3.4.2. Σημαντική μείωση ($P > 0, 05$) τόσο της *Salmonella* όσο και της *E. coli* στην επιφάνεια των microgreen που συγκομίστηκαν την 12η ημέρα, όπου το μήκος του φυτού έφθασε τα 6 cm σε σύγκριση με τα microgreen που συγκομίστηκαν την 7η ημέρα, όπου το μήκος τους ήταν 2, 5 cm. (Pajqk, P. Et all 2014)

Αποτελέσματα

- Ο μέσος όρος και η SD των στοχευόμενων μικροοργανισμών ήταν σημαντικά ($P < 0,05$) υψηλότεροι στα φύτρα ($6,1 \pm 0,9$) log CFU/g σε σύγκριση με τα microgreens ($1,4 \pm 0,8$) log CFU/g.
- Όταν τα microgreens συγκομίστηκαν σε δύο διαφορετικούς χρόνους, υπήρχαν σημαντικές διαφορές στο μικροβιακό φορτίο μεταξύ των microgreens με τα μικρότερα και μεγαλύτερα δείγματα.
- Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα microgreens φυτά που κόπηκαν στα 6 cm πάνω από την επιφάνεια του εδάφους περιείχαν σημαντικά χαμηλότερο αριθμό βακτηρίων τόσο για τη Salmonella όσο και για την E. coli σε σύγκριση με 2,5 cm για τα microgreens αλφάλφα ($P < 0,05$).
- Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η παράταση του χρόνου συγκομιδής έπαιξε σημαντικό ρόλο στη μείωση των παθογόνων στα microgreens.

Διαπιστώσεις

- Τα φύτρα διατρέχουν υψηλό κίνδυνο τροφιμογενών ασθενειών λόγω της συνθήκης παραγωγής τους που υποστηρίζει την ανάπτυξη παθογόνων.
- Ορισμένες πρακτικές μειώνουν σημαντικά τα παθογόνα στα microgreens, όπως ο χρόνος συγκομιδής και το μήκος του φυτού.
- Ο κίνδυνος τροφικής μόλυνσης μπορεί να μειωθεί στα microgreens εάν ο χρόνος συγκομιδής παραταθεί για τη συλλογή microgreens στα 6,5 cm πάνω από το έδαφος.
- Η βιομηχανία φυτρών και microgreens θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη τον πιθανό κίνδυνο για την ασφάλεια των τροφίμων τόσο με τα φύτρα όσο και με τα microgreens .
- Τα ευρήματα αυτής της έρευνας παρείχαν νέα στοιχεία για την παραγωγή microgreen, όπως η περίοδος συγκομιδής και οι πρακτικές παραγωγής που

θα μπορούσαν να βοηθήσουν στην ανάπτυξη πρακτικών ασφάλειας τροφίμων για την microgreen βιομηχανία.

- Αυτή η έρευνα παρέχει νέα ευαισθητοποίηση για τα microgreens αλλά και για άλλα λαχανικά που καλλιεργούνται από σπόρους.

3.6. Ασφάλεια τροφίμων υδροπονικών συστημάτων εδάφους έναντι γλάστρας και άλλων υποστρωμάτων.

Πρόσφατα, μελέτες έχουν δείξει ότι τα συστήματα microgreen καλλιέργειας, ειδικά τα υδροπονικά συστήματα, είναι ευάλωτα στον πολλαπλασιασμό παθογόνων όταν οι σπόροι είναι μολυσμένοι, υπογραμμίζοντας τη σημασία της υγιεινής των σπόρων. Ο Xia έδειξε ότι το E. coli O157:H7 ήταν σε θέση να επιβιώσει και να πολλαπλασιαστεί σημαντικά σε microgreens ραπανάκια τόσο σε υποκατάστατα εδάφους όσο και σε συστήματα υδροπονικής παραγωγής, με υψηλότερους πληθυσμούς να αναφέρονται στο σύστημα υδροπονικής παραγωγής. Ο Di Gioio ανέφερε χαμηλότερους μικροβιακούς πληθυσμούς σε ψάθες από ανακυκλωμένες ίνες και σε microgreens που αναπτύσσονται σε αυτά από ό,τι σε μείγματα με βάση την τύρφη και microgreens που καλλιεργούνται σε τύρφη. Πρότειναν ότι τα χαλάκια από ανακυκλωμένες ίνες μπορεί να είναι ασφαλέστερα μέσα ανάπτυξης από την τύρφη. Ωστόσο, αυτό πιθανότατα εξαρτάται από την προηγούμενη χρήση των ανακυκλωμένων χαλιών και τις συνθήκες στις οποίες εκτίθενται τα στρώματα κατά τη διαδικασία ανακύκλωσης, παρά από την εγγενή αδυναμία των υφασμάτων ινών να υποστηρίξουν μικρόβια.

Ο Reed ανέφερε ότι ο τύπος του μέσου ανάπτυξης έπαιξε σημαντικό ρόλο στην εξαρτώμενη από τον ορό επιβίωση και την ανάπτυξη της σαλμονέλας σε microgreens που ποτίζονται με μολυσμένο νερό. Από τα διάφορα μέσα

ανάπτυξης που δοκιμάστηκαν, τα υδροπονικά επιθέματα είχαν το υψηλότερο ποσοστό θετικών δειγμάτων για σαλμονέλα και το υψηλότερο επίπεδο πληθυσμού σαλμονέλας στα microgreens. Οι Wang, Luo και Nou εξέτασαν την επιβίωση και τον πολλαπλασιασμό του σπόρου *L. monocytogenes* και άλλων μελών της μικροχλωρίδας των σπόρων σε microgreens φυτά που αναπτύχθηκαν σε υποκατάστατα εδάφους και συστήματα υδροπονικής παραγωγής. Κατά τη διάρκεια της microgreen ανάπτυξης για 10 ημέρες, οι μετρήσεις του *L. monocytogenes* στα καλύμματα των σπόρων αυξήθηκαν κατά 0,7 και 1,3 log, αντίστοιχα, για το έδαφος και τα υδροπονικά συστήματα. Παρόμοιες αυξήσεις παρατηρήθηκαν στο βρώσιμο τμήμα των microgreens.

Το τρίχωμα των σπόρων, οι ρίζες και οι κοτυληδόνες ήταν πιο βαριά μολυσμένα. Οι Wang και Kniele αξιολόγησαν την ικανότητα του υποκατάστατου ανθρώπινου νοροϊού, του νοροϊού ποντικού (MNV), να εσωτερικεύει από τις ρίζες στους βρώσιμους ιστούς του λάχανου και της μουστάρδας, καθώς και την επιβίωση του ιού σε ανακυκλωμένο νερό χωρίς απολύμανση. Βρήκαν σταθερά υψηλά επίπεδα ιικού RNA στους εδωδιμους ιστούς. Ο MNV παρέμεινε μολυσματικός σε προηγούμενως μολυσμένα υδροπονικά συστήματα για έως και 12 ημέρες και μεταφέρθηκε σε βρώσιμους ιστούς μέσω των ριζών. Η εξέταση της χωρικής κατανομής των βακτηριακών κυττάρων σε διαφορετικά μέρη microgreen φυτών έδειξε ότι οι μολυσμένοι σπόροι οδήγησαν σε συστηματική μόλυνση ολόκληρων φυτών, συμπεριλαμβανομένων τόσο των εναέριων τμημάτων όσο και των ριζών.

Υπάρχει δυνατότητα για το φως LED στις σειρές UV και μπλε για να ενισχύσει την ασφάλεια των τροφίμων των υδροπονικά καλλιεργούμενων μικροπράσινων, επεξεργάζοντας το νερό καθώς κυκλοφορεί. Το φως σε μπλε και UV μήκη κύματος μπορεί να σκοτώσει τα βακτήρια.

Η απολύμανση του συγκομιζόμενου προϊόντος δεν είναι πιθανό να είναι αποτελεσματική στρατηγική ελέγχου. Μόλις μολυνθεί, είναι σχεδόν αδύνατο να εξαλειφθούν τα παθογόνα από τους ζωντανούς φυτικούς ιστούς. Τα

microgreens είναι πολύ ευαίσθητα και μπορούν εύκολα να καταστραφούν από σκληρές θεραπείες απολύμανσης. Η μορφολογία της επιφάνειας είναι ένας βασικός παράγοντας που περιορίζει την αποτελεσματικότητα των θεραπειών απολυμαντικών. Οι Park, Kushad και Fenge εξέτασαν τα χαρακτηριστικά επιβίωσης του E. coli O157:H7 σε microgreen επιφάνειες ρόκας, λαχανίδας, μαρουλιού και mizuna που αποθηκεύτηκαν σε ψυγείο και συνέκριναν τη μορφολογία της επιφάνειας των microgreen και των ώριμων χόρτων. Τα περισσότερα από τα εμβολιασμένα κύτταρα E. coli επέζησαν στις microgreen επιφάνειες, παρουσιάζοντας μόνο μια ελαφρά μείωση από τα αρχικά επίπεδα εμβολιασμού μετά από 7 ημέρες αποθήκευσης. Για όλες τις ποικιλίες που εξετάστηκαν από το SEM, τα microgreen αληθινά φύλλα ήταν πιο ζαρωμένα από τα ώριμα φύλλα. (Park et al., 2013)

3.7. Η υδροπονική καλλιέργεια στην περιοχή της Μεσογείου: **Η περίπτωση της Ελλάδας**

Η υδατοκαλλιέργεια στην περιοχή της Μεσογείου βρίσκεται ακόμη σε πολύ αρχικό στάδιο. Μέχρι σήμερα, περισσότερα από 150 είδη λαχανικών, βοτάνων, λουλουδιών και μικρών δέντρων έχουν χρησιμοποιηθεί με επιτυχία σε συστήματα υδροπονίας και χρησιμοποιούνται ή θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν στη μεσογειακή υδροπονία. Ωστόσο, η φυτική παραγωγή είναι ειδική για κάθε ποικιλία και η δεξαμενή υδρόπονων θρεπτικών συστατικών μπορεί να μην είναι πλήρως εφαρμόσιμη σε άλλες φυτικές ποικιλίες, λόγω διαφορετικών διατροφικών αναγκών. Επιπλέον, η ανάγκη για ωφέλιμα βακτήρια αυξάνει την πολυπλοκότητα που συνδέεται με τη δημιουργία μιας βιώσιμης ισορροπίας. (Tyson et al., 2011)

Η ανάπτυξη των microgreens μπορεί να προωθηθεί σε μεγάλο βαθμό ως ένα μελλοντικό φυτό στη Μεσόγειο και στην ελληνική υδροπονία. Καλλιεργούνται σε δίσκους ή ταψιά που έχουν τρύπες για να στραγγίζουν.

Σαν υπόστρωμα, χρησιμοποιείται μίγμα τύρφης και περλίτη. Πάνω από το μίγμα αυτό, σπέρνουμε πολύ πυκνά τους σπόρους και σκεπάζουμε ελαφρά με βερμικουλίτη. Δεν απαιτούν υψηλά επίπεδα θρεπτικών ουσιών, αναπτύσσονται σε σύντομο χρονικό διάστημα και συνήθως έχουν πολύ υψηλή τιμή πώλησης. Μια τεράστια ποικιλία ειδών είναι διαθέσιμη, όπως σινάπι, βασιλικός, κάρδαμο, ραπανάκια, σέσκουλα. Η καλλιέργεια των microgreens, κατά τα άλλα, είναι μία εύκολη καλλιέργεια που μπορεί να γίνει με ελάχιστο ή και με αρκετό εξοπλισμό. Ενδείκνυται για καλλιέργεια σε μικρούς χώρους, όπως μικρά θερμοκήπια, βεράντες ή άλλους μικρούς προστατευμένους από τον άνεμο και την βροχή φωτεινούς χώρους. Ο συνδυασμός καλλιεργειών είναι μια πιθανή μελλοντική χρήση της υδροπονικής καλλιέργειας για την επίτευξη μηχανικής, αποθητικής ή/και ανασταλτικής επίδρασης κατά των επιβλαβών οργανισμών. Ωστόσο, ένας πολύ κρίσιμος παράγοντας που πρέπει να ληφθεί υπόψη είναι η αλατότητα του νερού.

Σε ορισμένες περιοχές, η αλατότητα του νερού είναι πολύ υψηλότερη από τα κατώτατα όρια της μέγιστης παραγωγής. Αρκετές μελέτες έχουν δείξει ότι τα φυτά μπορούν να δημιουργήσουν έναν μηχανισμό ανοχής στην αλατότητα του νερού και η γνώση για την καλλιεργητική ποικιλία παίζει πολύ σημαντικό ρόλο. (Shaheen et al., 2013)

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα microgreens είναι γευστικά και μπορούν εύκολα να ενσωματωθούν στη διατροφή μας με διάφορους τρόπους. Είναι επίσης πολύ θρεπτικά και μπορεί ακόμη και να μειώσουν τον κίνδυνο ορισμένων ασθενειών. Δεδομένου ότι είναι εύκολο να καλλιεργηθούν στο σπίτι, είναι ένας ιδιαίτερα οικονομικός τρόπος για να αυξήσουμε την πρόσληψη θρεπτικών ουσιών χωρίς να χρειάζεται να αγοράσουμε μεγάλες ποσότητες λαχανικών. Αυτή η μελέτη παρέχει κρίσιμες πληροφορίες σχετικά με τη δυνατότητα για διάφορα είδη μικροπράσινων να παρέχουν μια πυκνή πηγή βιοδραστικής ένωσης που μπορεί να καλλιεργηθεί με ένα μικρό οικολογικό αποτύπωμα από τους ανθρώπους. Συνεπώς, τα κύρια πορίσματα της έρευνας είναι τα εξής:

- Τα microgreens προσφέρουν ελκυστική εμφάνιση, τρυφερή υφή και έντονη γεύση και χρησιμεύουν ως εξαιρετικές πηγές υγιεινών θρεπτικών συστατικών.
- Τα microgreens είναι γενικά πιο συμπυκνωμένα σε θρεπτικά συστατικά από τα ώριμα αντίστοιχα, σε σύγκριση με τα αρχεία της Εθνικής Βάσης Δεδομένων Θρεπτικών Στοιχείων του USDA.
- Η έκθεση στο φως επιτάχυνε τη διαπνοή, επιταχύνοντας έτσι την επιδείνωση της ποιότητας και την αυξημένη απώλεια βάρους των μικροπράσινων ραπανιών κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης μετά τη συγκομιδή.
- Οι πληθυσμοί *E. coli* στα ραπανάκια ήταν χαμηλότερα από ό, τι στα φύτρα που παράγονται από σπόρους με τα ίδια επίπεδα μόλυνσης.
- Σε σύγκριση με τα φύτρα, τα microgreens φαίνεται να φέρουν σχετικά χαμηλότερους κινδύνους για την ασφάλεια.
- Ο κίνδυνος τροφιμογενών ασθενειών στα φύτρα είναι υψηλός λόγω της ανάπτυξης παθογόνων.
- Ο χρόνος συγκομιδής και το μήκος του φυτού μπορούν να μειώσουν σημαντικά τα παθογόνα στα microgreens.

- Εάν ο χρόνος συγκομιδής μειωθεί στα 6,5 cm από το έδαφος, μπορεί να μειωθεί ο κίνδυνος τροφικής μόλυνσης.
- Η ανάπτυξη των microgreens μπορεί να προωθηθεί σε μεγάλο βαθμό ως ένα μελλοντικό φυτό στη Μεσόγειο και στην ελληνική υδροπονία.

Η παραγωγή microgreens θα μπορούσε επίσης να διαφοροποιήσει τη μέση διατροφή, καθώς διάφορες καλλιέργειες περιέχουν ευρύ φάσμα θρεπτικών ουσιών που μπορούν εύκολα να παραχθούν και να καταναλωθούν από το άτομο χωρίς μεγάλη προσπάθεια. Σήμερα, μπορούμε να πούμε με ασφάλεια ότι η καλλιέργειά τους έχει εξαπλωθεί σε όλον τον κόσμο. Ανάμεσα σε όλες τις χώρες είναι και η Ελλάδα, στην οποία η καλλιέργειά τους διαρκώς επεκτείνεται.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Food and Drug Administration. 2019. *Draft Guidance for Industry: Reducing Microbial Food Safety Hazards in the Production of Seed for Sprouting*. <https://www.fda.gov/regulatory-information/search-fda-guidance-documents/draft-guidance-industry-reducing-microbial-food-safety-hazards-production-seed-sprouting>
2. This document is HS1164, one of a series of the Horticultural Sciences Department, UF/IFAS Extension. Original publication date April 2010. Revised July 2013 and September 2020. Visit the EDIS website at <https://edis.ifas.ufl.edu>.
3. Danielle D. Treadwell, associate professor, Horticultural Sciences Department; Robert Hochmuth, regional specialized Extension agent and assistant center director; Linda Landrum, retired Extension agent IV; and Wanda Laughlin, greenhouse manager; UF/IFAS North Florida Research and Education Center–Suwannee Valley; UF/IFAS Extension, Gainesville, FL 32611.
4. https://europa.eu/youreurope/business/product-requirements/food-labelling/nutrition-declaration/index_el.htm .
<https://agresearchmag.ars.usda.gov/2014/jan/greens>
5. <https://agresearchmag.ars.usda.gov/2014/jan/greens> (*Yaquang Luo and Gene Lester are with the USDA-ARS Food Quality Laboratory, 10300 Baltimore Ave., Beltsville, MD 20705-2350; (301) 504-6186 [Luo], (301) 504-5981 [Lester].*)
6. Di Gioia F, Santamaria P (2015a) The nutritional properties of microgreens. In: Di Gioia F, Santamaria P (eds) Microgreens. Ecologica editore, Bari, pp 41–47
7. Di Gioia F, Santamaria P (2015b) Microgreens, agrobiodiversity and food security. In: Di Gioia F, Santamaria P (eds) Microgreens. Ecologica editore, Bari, pp 7–24
8. Di Gioia F, Leoni B, Santamaria P (2015a) The selection of the species to grow. In: Di Gioia F, Santamaria P (eds) Microgreens. Ecologica editore, Bari, pp 25–40
9. Di Gioia F, Mininni C, Santamaria P (2015c) How to grow microgreens. In: Di Gioia F, Santamaria P (eds) Microgreens. Ecologica editore, Bari, pp 51–79
10. D.J Farrell. A nutritional evaluation of buckwheat (*Fagopyrum esculentum*). Volume 3, Issue 2, July 1978, Pages 95–108
11. Jin, H. M., & Wei, P. (2011). Anti-fatigue properties of tartary buckwheat extracts in mice. *International Journal of Molecular Sciences*, 12, 4770–4780

12. Jun Kavashita, Iwao Shimaoka, Misao Nakajvoh, Hypcholesterolemic effect of buckwheat protein extract in rats fed cholesterol enriched diets. Volume 15, Issue 5, May 1995, Pages 691–698
13. Kim SH, Cui CB, Kang IJ, Kim SY, Ham SS. Cytotoxic effect of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) hull against cancer cells. *Journal of Medicinal Food*. 2007 Jun;10(2):232-8.
14. Kobayashi S, Katsuyama S, Wagatsuma T, Okada S, Tanabe S. Identification of a new IgE-binding epitope of peanut oleos in that cross-reacts with buckwheat. *Biosci Biotechnol Biochem*. 2012;76(6):1182-8.
15. Ali S.S., Kasoju N., Luthra A., Singh A., Sharanabasava H., Sahu A., Bora U. (2008). Indi an medicinal herbs as sources of antioxidants. *Food Research International*. 41:1-15
16. Alvarez-Jubete L., Wijngaard H ., Arendt E.K., Gallagher E. (2010): Polyphenol composition and in vitro antioxidant activity of amaranth, quinoa buckwheat, and wheat as affected by sprouting and baking. *Food Chemistry*. 119(2): 770-778
17. Brentlinger D.J. 2007. New trends in hydroponic crop production in the US.. *Acta Hort. (ISHS)* 742:31-33
Darley-Usmar, V. Halliwell B. (1996). Blood radicals – reactive nitrogen species, reactive oxygen species, transition metal ions, and the vascular system. *Pharmaceutical research*. 13(5): 649-662
18. Fabjan N., Rode J., Kosir I. J., Wang Z. H., Zhang Z., Kreft I. (2003). Tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.) as a source of dietary rutin and quercetrin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 6452–6455.
19. Hidalgo A., Brandolini A., Pompei C., Piscozzi R. (2006): Carotenoids and tocols in einkorn wheat (*Tritium monococcum* ssp. *monococcum* L.). *J. Cereal Sci*. 44: 182 – 193
20. Kim K.-H., Tsao R., Yang R., Cui S. W. (2006): Phenolic acid profiles and antioxidant activities of wheat bran extract and the effect of hydrolysis condition. *Food Chem*. 95 466-473
21. Kim S.J., Zaidul I.S.M., Suzuki T, Mukasa Y., Hashimoto N., Takigawa S., Noda T., Ma tsuura-Endo C., Yamauchi H. (2008): Comparison of phenolic compositions between common and tartary buckwheat (*Fagopyrum*) sprouts. *Food Chemistry*. 110(4): 814-820

22. Kreft I., Fabjan N., Yasumoto K. (2006): Rutin content in buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) food materials and products. *Food Chemistry* 98, 508 – 512
- Liu C.L., Chen Y.S., Yang J.H., Chiang B.H. (2008): Antioxidant activity of tartary (*Fagopyrum tataricum* (L.) Gaertn.) and common (*Fagopyrum esculentum* Moench.) buckwheat sprouts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 56:173-78
23. Michalová A. (2000). Minor Cereals and Pseudocereals in Europe. IN: Maggioni, L. Report of a Network Coordinating Group on Minor Crops. First meeting, June 16, 1999, Turku, Finland. IPGRI, Rome, Italy. 2000.
24. Michalová A. (2003). Buckwheat in the Czech and Slovak Republic. In: *Ethnobotany of Buckwheat*
25. Şensoy I., Rosen R. T., Ho Ch., Karwe M. V. (2006): Effect of processing on buckwheat next term phenolics and antioxidant activity. *Food Chemistry* 99:388-393
26. Traka M., Mithen R. F. (2009): Health Benefits of Dietary Plant Natural Products. In: A.E. Osbourn and V. Lanzotti (eds.), *Plant-derived Natural Products Synthesis, Function, and Application*. Springer-Verlag, New York 2009
27. Van Hung P., Maeda T., Miyatake K. Morita (2008) Total phenolic compounds and antioxidant capacity of wheat graded flours by polishing method. *Food Res. Int.* 42: 185 – 190
28. Acharya S Srichamoren A Basu S Ooraikul B and Basu T. Improvement in the nutraceuticals properties of fenugreek (*Trigonella foenum graecum* L.). *Songklanakan J.Sci. Technol.* 2006; 28:1-29.
29. Acharya SN Thomas JE and Basu SK. Fenugreek, an alternative crop for semiarid regions of North America. *Crop Sci.* 2008; 48: 841- 853.
30. Blank I. The flavor principle of fenugreek. Nestlé research center. 211th ACS Symposium. New Orleans 1996; 24-28.
31. Thomas JE Bandara M Lee EL Driedger D and Acharya S. Biochemical monitoring in fenugreek to develop functional food and medicinal plant variants. *N. Biotechnol.* 2011; 28: 110-117.
32. <https://fdc.nal.usda.gov/index.html>
33. The Encyclopedia of Medicinal Plants. An excellent guide to over 500 of the more well known medicinal herbs from around the world.

34. Yadav UC, Baquer NZ. Pharmacological effects of *Trigonella foenum-graecum* L. in health and disease. *Pharm Biol.* 2014 Feb;52(2):243-54.
35. Abdel Halim, A. S. and Morsy, T. A. Efficacy of *Trigonella foenum-graecum* (fenugreek) on third stage larvae and adult fecundity of *Musca domestica*. *J Egypt Soc.Parasitol.* 2006;36(1):329-334.
36. Abdel-Barry, J. A. and al Hakiem, M. H. Acute intraperitoneal and oral toxicity of the leaf glycosidic extract of *Trigonella foenum-graecum* in mice. *J Ethnopharmacol.* 2000;70(1):65-68.
37. Ahmadiani, A., Javan, M., Semnanian, S., Barat, E., and Kamalinejad, M. Anti-inflammatory and antipyretic effects of *Trigonella foenum-graecum* leaves extract in the rat. *J Ethnopharmacol* 2001;75(2-3):283-286.
38. Ajabnoor MA and Tilmisany AK. Effect of *trigonella foenum graecum* on blood glucose levels in normal and alloxan-diabetic mice. *J Ethnopharm* 1988;22:45-49.
39. Paul Insel; R. Elaine Turner; Don Ross (2009). [Discovering Nutrition](#). Jones & Bartlett Learning. σελ. 12.
40. Paul Insel; Don Ross; Kimberley McMahon; Melissa Bernstein (2010). [Nutrition](#). Jones & Bartlett Learning. σελ. 11.
41. Rebecca J. Stratton; Ceri J. Green; Marinos Elia (2003). [Disease-related malnutrition](#). CABI. σελ. 3.
42. Showick Thorpe; Edgar Thorpe. [General Studies Manual](#). Pearson Education India. σελ. 1.47-1.49.
43. Levander, O.A. 1986. Selenium. In: Trace elements in human and animal nutrition 5th edn. Mertz, W. ed. p 209-279. Orlando, Florida 209-279. Academic Press Inc.
44. Levander, O.A. 1987. A global view of human selenium nutrition. *Annu. Rev. Nutr.* , 7: 227-250.
45. WHO/FAO/IAEA. 1996. Trace elements in Human nutrition and health. Geneva. World Health Organization.
46. Rock, C.L., Jacob, R.A. & Bowen, P.E. 1996. Update on the biological characteristics of the antioxidant micronutrients: vitamin C, vitamin E and the carotenoids. *J. Am. Diet. Assoc.*, 96:693-702.

47. National Research Council, Food and Nutrition Board. 1988. Recommended Dietary Allowances, 10 edition. Washington, D.C. US National Academy Press.
48. Scientific Committee for Food. 1993. Nutrient and Energy Intakes for the European Community. Report of the Scientific Committee for Food, Thirty First Series. Office for Official Publications of the European Communities, Brussels. Department of Health. 1991. Dietary Reference Values for Food Energy and Nutrient Intakes for the United Kingdom. Report on Health and Social Subjects No.41. London, HMSO
49. Howard Goldstein. 4 Keys to Balanced Nutrition February 2008.
50. El-Nakhel, C.; Pannico, A.; Graziani, G.; Kyriacou, M.C.; Giordano, M.; Ritieni, A.; De Pascale, S.; Rouphael, Y. Variation in macronutrient content, phytochemical constitution and in vitro antioxidant capacity of green and red butterhead lettuce dictated by different developmental stages of harvest maturity. *Antioxidants* 2020, 9, 300. [CrossRef] [PubMed].
51. Di Bella, M.C.; Niklas, A.; Toscano, S.; Picchi, V.; Romano, D.; Lo Scalzo, R.; Branca, F. Morphometric Characteristics, Polyphenols and Ascorbic Acid Variation in Brassica oleracea L. Novel Foods: Sprouts, Microgreens and Baby Leaves. *Agronomy* 2020, 10, 782. [CrossRef]
52. El-Nakhel, C.; Pannico, A.; Graziani, G.; Giordano, M.; Kyriacou, M.C.; Ritieni, A.; De Pascale, S.; Rouphael, Y. Mineral and Antioxidant Attributes of *Petroselinum crispum* at Different Stages of Ontogeny: Microgreens vs. Baby Greens. *Agronomy* 2021, 11, 857. [CrossRef]
53. Nakamura Y, Kaihara A, Yoshii K, Tsumura Y, Ishimitsu S, Tonogai Y (2001) Content and composition of isoflavonoids in mature or immature beans and bean sprouts consumed in Japan. *J Health Sci* 47(4):394–396
54. Nicola S, Tibaldi G, Fontana E (2009) Fresh-cut produce quality: implications for a systems approach. In: Florkowski WJ, Shewfelt RL, Brueckner B, Prussia SE (eds) *Postharvest handling*, 2nd edn. Elsevier/Academic, Amsterdam, pp 247–282
55. Pandjaitan N, Howard LR, Morelock T, Gil MI (2005) Antioxidant capacity and phenolic content of spinach as affected by genetics and maturation. *J Agric Food Chem* 53:8618–8623
56. USDA – United States Department of Agriculture (2014) Specialty greens pack a nutritional punch. *AgResearch Magazine*.

<http://agresearchmag.ars.usda.gov/2014/jan/greens>. Accessed 23 Feb 2016

57. Di Gioia F, Leoni B, Santamaria P (2015a) The selection of the species to grow. In: Di Gioia F, Santamaria P (eds) *Microgreens*. Ecologica editore, Bari, pp 25–40
58. Di Gioia F, Mininni C, Santamaria P (2015b) Ortaggi di Puglia, tra biodiversità e innovazione: il caso dei micro-ortaggi. In: Somma AR (ed) *Il Giardino Mediterraneo*, vol II. Mario Adda Editore, Bari, pp 154–164
59. Di Gioia F, Mininni C, Santamaria P (2015c) How to grow microgreens. In: Di Gioia F, Santamaria P (eds) *Microgreens*. Ecologica editore, Bari, pp 51–79
60. Ebert AW (2012) Sprouts, microgreens, and edible flowers: the potential for high value specialty produce in Asia. *SEAVEG 2012 high value vegetables in Southeast Asia: production, supply and demand*, Chiang Mai, Thailand, p 216
61. European Food Safety Authority (2008) Opinion of the scientific panel on contaminants in the food chain on a request for the European Commission to perform a scientific risk assessment on nitrate in vegetables. *EFSA J* 689:1–79
62. European Food Safety Authority (2011) Scientific opinion on the risk posed by Shiga toxinproducing *Escherichia coli* (STEC) and other pathogenic bacteria in seeds and sprouted seeds. *EFSA J* 9(11):2424
63. Nakamura Y, Kaihara A, Yoshii K, Tsumura Y, Ishimitsu S, Tonogai Y (2001) Content and composition of isoflavonoids in mature or immature beans and bean sprouts consumed in Japan. *J Health Sci* 47(4):394–396
64. Nicola S, Tibaldi G, Fontana E (2009) Fresh-cut produce quality: implications for a systems approach. In: Florkowski WJ, Shewfelt RL, Brueckner B, Prussia SE (eds) *Postharvest handling*, 2nd edn. Elsevier/Academic, Amsterdam, pp 247–282
65. Pandjaitan N, Howard LR, Morelock T, Gil MI (2005) Antioxidant capacity and phenolic content of spinach as affected by genetics and maturation. *J Agric Food Chem* 53:8618–8623
66. USDA – United States Department of Agriculture (2014) Specialty greens pack a nutritional punch. *AgResearch Magazine*. <http://agresearchmag.ars.usda.gov/2014/jan/greens>. Accessed 23 Feb 2016

67. Xiao Z, Bauchan G, Nichols-Russell L, Luo Y, Wang Q, Nou X (2015a) Proliferation of *Escherichia coli* O157: H7 in soil-substitute and hydroponic microgreen production systems. *J Food Prot* 78(10):1785–1790
68. , Lester GE, Park E, Saftner RA, Luo Y, Wang Q (Evaluation and correlation of sensory attributes and chemical compositions of emerging fresh produce: microgreens. *Postharvest Biol Technol* 110:140–148
69. Yang H, Gao J, Yang A, Chen H (2015) The ultrasound-treated soybean seeds improve edibility and nutritional quality of soybean sprouts. *Food Res Int* 77:704–710
70. Zhao X, Iwamoto T, Carey E (2007) Antioxidant capacity of leafy vegetables as affected by high tunnel environment, fertilisation and growth stage. *J Sci Food Agric* 87:2692–2699 Zou T, Xu N, Hu G, Pang J, Xu H (2014) Biofortification of soybean sprouts with zinc and bioaccessibility of zinc in the sprouts. *J Sci Food Agric* 94(14):3053–3060.
71. Abbott, J.A., Saftner, R.A., Gross, K.C., Vinyard, B.T., Janick, J., 2004. Consumer evaluation and quality measurement of fresh-cut slices of „Fuji,“ „Golden Delicious,“ „Gold Rush,“ and „Granny Smith“ apples. *Postharvest Biol. Tec.* 33, 127-140.
72. Al Safadi, R., Abu-Ali, G.S., Sloup, R.E., Rudrik, J.T., Waters, C.M., Eaton, K.A., Manning, S.D., 2012. Correlation between in vivo biofilm formation and virulence gene expression in *Escherichia coli* O104: H4. *PloS one* 7, e41628.
73. Allende, A., Luo, Y.G., McEvoy, J.L., Artés, F., Wang, C.Y., 2004. Microbial and quality changes in minimally processed baby spinach leaves stored under super atmospheric oxygen and modified atmosphere conditions. *Postharvest Biol. Tec.* 33,51-59.
74. Andrews, W., Mislivec, P., Wilson, C., Bruce, V., Poelma, P., Gibson, R., Trucksess, M., Young, K., 1982. Microbial hazards associated with bean sprouting. *J. AOAC Int.* 65, 241-248.
75. Betts, G., Everis, L., Jongen, W., 2005. Alternatives to hypochlorite washing systems for the decontamination of fresh fruit and vegetables. *Improving the safety of fresh fruit and vegetables*, 351-372.
76. Beuchat, L., 1998. Surface decontamination of fruits and vegetables eaten raw: a review. *WHO/FSF/FOS/98.2*, 42.
77. Bolton-Smith, C., Price, R.J.G., Fenton, S.T., Harrington, D.J., Shearer, M.J., 2000.

78. Compilation of a provisional UK database for the phyloquinone (vitamin K1) content of foods. *Brit. J. Nutr.* 83, 389-399.
79. Booth, S.L., Davidson, K.W., Sadowski, J.A., 1994. Evaluation of an HPLC method for the determination of phyloquinone (vitamin K1) in various food matrices. *J. Agr. Food Chem.* 42, 295-300
80. Bartoli, C.G., Yu, J., Gómez, F., Fernández, L., McIntosh, L., Foyer, C.H., 2006. Inter-relationships between light and respiration in the control of ascorbic acid synthesis and accumulation in *Arabidopsis thaliana* leaves. *J. Exp. Bot.* 57, 1621-1631.
81. Bergquist, S.A.M., Gertsson, U.E., Olsson, M.E., 2006. Influence of growth stage and postharvest storage on ascorbic acid and carotenoid content and visual quality of baby spinach (*Spinacia oleracea* L.). *J. Sci. Food Agr.* 86, 346-355.
82. Betts, G., Everis, L., Jongen, W., 2005. Alternatives to hypochlorite washing systems for the decontamination of fresh fruit and vegetables. Improving the safety of fresh fruit and vegetables, 351-372.
83. Beuchat, L., 1998. Surface decontamination of fruits and vegetables eaten raw: a review. WHO/FSF/FOS/98.2, 42.
84. Bolton-Smith, C., Price, R.J.G., Fenton, S.T., Harrington, D.J., Shearer, M.J., 2000. Compilation of a provisional UK database for the phyloquinone (vitamin K1) content of foods. *Brit. J. Nutr.* 83, 389-399.
85. Booth, S.L., Davidson, K.W., Sadowski, J.A., 1994. Evaluation of an HPLC method for the determination of phyloquinone (vitamin K1) in various food matrices. *J. Agr. Food Chem.* 42, 295-300.
86. Brentlinger, D., 2005. New trends in hydroponic crop production in the US, International Conference and Exhibition on Soilless Culture: ICESC 742, 31-33.
87. Bravo, L., 1998. Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. *Nutr. Rev.* 56, 317-333.
88. Büchert, A.M., Lobato, M.E.G., Villarreal, N.M., Civello, P.M., Martinez, G.A., 2011. Effect of visible light treatments on postharvest senescence of broccoli (*Brassica oleracea* L.). *J. Sci. Food Agr.* 91, 355-361.
89. Bunea, A., Andjelkovic, M., Socaciu, C., Bobis, O., Neacsu, M., Verhe, R., Van Camp, J., 2008. Total and individual carotenoids and phenolic acids content in fresh, refrigerated and processed spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Food Chem.* 108, 649-656.

90. Catherine Rice-Evans, N.J.M., 1995. Antioxidants - the case for fruit and vegetables in the diet. *Brit. Food J.* 97, 35 - 40
91. Drewnowski, A., Gomez-Carneros, C., 2000. Bitter taste, phytonutrients, and the consumer: a review. *Am. J. Clin. Nutr.* 72, 1424-1435.
92. Dwiyanti, M.S., Yamada, T., Sato, M., Abe, J., Kitamura, K., 2011. Genetic variation of γ -tocopherol methyltransferase gene contributes to elevated α -tocopherol content in soybean seeds. *Plant Biology* 11, 1-17.
93. EPA Guidance Manual, 1999.
http://water.epa.gov/lawsregs/rulesregs/sdwa/mdbp/upload/2001_01_12_mdbp_alter_chapt_4.pdf
94. Escribano, S., Sánchez, F.J., Lázaro, A., 2010. Establishment of a sensory characterization protocol for melon (*Cucumis melo* L.) and its correlation with physical–chemical attributes: indications for future genetic improvements. *Eur. Food Res. Technol.* 231, 611-621
95. Lester, G.E., Hallman, G.J., Perez, J.A., 2010a. Gamma-irradiation dose: effects on baby-leaf spinach ascorbic acid, carotenoids, folate, alpha-tocopherol, and phyloquinone concentrations. *J. Agr. Food Chem.* 58, 4901-4906.
96. Compilation of a provisional UK database for the phyloquinone (vitamin K1) content of foods. *Brit. J. Nutr.* 83, 389-399.
97. Booth, S.L., Davidson, K.W., Sadowski, J.A., 1994. Evaluation of an HPLC method for the determination of phyloquinone (vitamin K1) in various food matrices. *J. Agr. Food Chem.* 42, 295-300.
98. Brentlinger, D., 2005. New trends in hydroponic crop production in the US, International Conference and Exhibition on Soilless Culture: ICESC 742, 31-33.
99. Bravo, L., 1998. Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. *Nutr. Rev.* 56, 317-333.
100. Massey, W. E. (1989). Science education in the United States: What the scientific community can do. *Science*, 245, 915–921.
101. Walker, B., & Salt, D. (2006). *Living in a Complex World*. In *Resilience Thinking* (pp. 1–38). Washington, DC: Island Press.
102. Foreman, S. L., & Steen, L. A. (1999).
103. Beyond eighth grade: Functional mathematics for life and work. Research report.

104. Berkeley, CA: National Center for Research in Vocational education.
105. UNESCO. (2003). The United Nations decade for education for sustainable development. United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization.
106. Schultheis, E. H., & Kjellvik, M. K. (2015). Data nuggets: Bringing real data into the classroom to unearth students' quantitative and inquiry skills. *American Biology Teacher*, 77(1), 19–29.
107. Evans, S., Valsecchi, F., Pollastri, S. (2012). Eco-urban agriculture: Design for distributed and networked urban farming in Shanghai. Paper presented at Cumulus, Helsinki, Finland, 24–26 May 2012 (pp. 1–14).
108. AAM (American Academy of Microbiology). (2012). How Microbes Can Help Feed the World: Report on an American Academy of Microbiology Colloquium. Washington, DC.
109. Rickman, J. C., Barrett, D. M., & Bruhn, C. M. (2007). Nutritional comparison of fresh, frozen and canned fruits and vegetables. Part 1. Vitamins C and B and phenolic compounds. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87, 930–944.
110. Opara, L. U. (2003). Traceability in agriculture and food supply chain: A review of basic concepts, technological implications, and future prospects. *Food Agriculture and Environment*, 1(1): 101–106.
111. Able, A. J., Wong, L. S., Prasad, A., & O'Hare, T. J. (2003). The effects of 1-methylcyclopropene on the shelf life of minimally processed leafy Asian vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, 27, 157–161.
112. Agarwal, A., & Gupta, S. D. (2016). Impact of light-emitting diodes (LEDs) and their potential effects on plant growth and development in controlled-environment plant production systems. *Current Biotechnology*, 5, 28–43.
113. Allende, A., Luo, Y., McEvoy, J. L., Artés, F., & Wang, C. Y. (2004). Microbial and quality changes in minimally processed baby spinach leaves stored under super atmospheric oxygen and modified atmosphere conditions. *Postharvest Biology and Technology*, 33, 51–59.
114. Agarwal, A., & Gupta, S. D. (2016). Impact of light-emitting diodes (LEDs) and their potential effects on plant growth and development in controlled-environment plant production systems. *Current Biotechnology*, 5, 28–43.

115. Morrow, R. C. (2008). LED lighting in horticulture. *Horticultural Science*, 43, 1947–1950.
116. Kyriacou, M. C., Roupael, Y., Di Gioia, F., Kyratzis, A., Serio, F., Renna, M., ... Santamaria, P. (2016). Micro-scale vegetable production and the rise of microgreens. *Trends in Food Science and Technology*, 57A, 103–115.
117. Alrifai, O., Hao, X., Marcone, M. F., & Tsao, R. (2019). Current review of the modulatory effects of LED lights on photosynthesis of secondary metabolites and future perspectives of microgreen vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 67, 6075–6090.
118. Samuolienė, G., Viršilė, A., Brazaitytė, A., Jankauskienė, J., Sakalauskienė, S., Vaštakaitė, V., ... Duchovskis, P. (2017). Blue light dosage affects carotenoids and tocopherols in microgreens. *Food chemistry*, 228, 50–56.
119. Brazaitytė, A., Viršilė, A., Jankauskienė, J., Sakalauskienė, S., Samuolienė, G., Sirtautas, R., ... Vaštakaitė, V. (2015b). Effect of supplemental UV-A irradiation in solid-state lighting on the growth and phytochemical content of microgreens. *International Agrophysics*, 29, 13–22.
120. Carvalho, S. D., & Folta, K. M. (2016). Green light control of anthocyanin production in microgreens. In: C. J. Currey, R. G. Lopez, & E. S. Runkle (Eds.), *Proceedings of the VIII International Symposium on Light in Horticulture*. *Acta Horticulturae*, 1134, 13–18.
121. Kyriacou, M. C., Roupael, Y., Di Gioia, F., Kyratzis, A., Serio, F., Renna, M., ... Santamaria, P. (2016). Micro-scale vegetable production and the rise of microgreens. *Trends in Food Science and Technology*, 57A, 103–115.
122. Alrifai, O., Hao, X., Marcone, M. F., & Tsao, R. (2019). Current review of the modulatory effects of LED lights on photosynthesis of secondary metabolites and future perspectives of microgreen vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 67, 6075–6090.
123. Samuolienė, G., Viršilė, A., Brazaitytė, A., Jankauskienė, J., Sakalauskienė, S., Vaštakaitė, V., ... Duchovskis, P. (2017). Blue light dosage affects carotenoids and tocopherols in microgreens. *Food chemistry*, 228, 50–56.
124. Brazaitytė, A., Viršilė, A., Jankauskienė, J., Sakalauskienė, S., Samuolienė, G., Sirtautas, R., ... Vaštakaitė, V. (2015b). Effect of supplemental UV-A irradiation in solid-state lighting on the growth

- and phytochemical content of microgreens. *International Agrophysics*, 29, 13–22.
125. Carvalho, S. D., & Folta, K. M. (2016). Green light control of anthocyanin production in microgreens. In: C. J. Currey, R. G. Lopez, & E. S. Runkle (Eds.), *Proceedings of the VIII International Symposium on Light in Horticulture. Acta Horticulturae*, 1134, 13–18.
 126. Sangwan, N. S., Farooqi, A. H. A., Shabih, F., & Sangwan, R. S. (2001). Regulation of essential oil production in plants. *Plant Growth Regulation*, 34, 3–21.
 127. Samuolienė, G., Brazaitytė, A., Sirtautas, R., Sakalauskienė, S., Jankauskienė, J., Novičkovas, A., & Duchovskis, P. (2012). The impact of supplementary short-term red LED lighting on the antioxidant properties of microgreens. *Acta Horticulturae*, 956, 649–655.
 128. Samuolienė, G., Urbonavičiūtė, A., Brazaitytė, A., Šabajevienė, G., Sakalauskaitė, J., & Duchovskis, P. (2011). The impact of LED illumination on antioxidant properties of sprouted seeds. *Central European Journal of Biology*, 6, 68–74.
 129. Brazaitytė, A., Vaštakaitė, V., Viršilė, A., Jankauskienė, J., Samuolienė, G., Sakalauskienė, S., ... Duchovskis, P. (2018). Changes in mineral element content of microgreens cultivated under different lighting conditions in a greenhouse. *Acta Horticulturae*, 1227, 507–516.
 130. Brazaitytė, A., Viršilė, A., Jankauskienė, J., Sakalauskienė, S., Samuolienė, G., Sirtautas, R., ... Vaštakaitė, V. (2015b). Effect of supplemental UV-A irradiation in solid-state lighting on the growth and phytochemical content of microgreens. *International Agrophysics*, 29, 13–22.
 131. Brazaitytė, A., Sakalauskienė, S., Samuolienė, G., Jankauskienė, J., Viršilė, A., Novičkovas, A., ... Duchovskis, P. (2015a). The effects of LED illumination spectra and intensity on carotenoid content in Brassicaceae microgreens. *Food Chemistry*, 173, 600–606.
 132. Samuolienė, G., Brazaitytė, A., Jankauskienė, J., Viršilė, A., Sirtautas, R., Novičkovas, A., ... Duchovskis, P. (2013). LED irradiance level affects growth and nutritional quality of Brassica microgreens. *Central European Journal of Biology*, 8, 1241–1249.
 133. Ying, Q., Kong, Y., Jones-Baumgardt, C., & Zheng, Y. (2020). Responses of yield and appearance quality of four Brassicaceae microgreens to varied blue light proportion in red and blue light-emitting diodes lighting. *Scientia Horticulturae*, 259, 108857.

134. Sangwan, N. S., Farooqi, A. H. A., Shabih, F., & Sangwan, R. S. (2001). Regulation of essential oil production in plants. *Plant Growth Regulation*, 34, 3–21.
135. 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, 96–99.
136. Lin, K. H., Huang, M. Y., Huang, W. D., Hsu, M. H., Yang, Z. W., & Yang, C. M. (2013). The effects of red, blue, and white light-emitting diodes on the growth, development, and edible quality of hydroponically grown lettuce (*Lactuca sativa* L. Var. Capitata). *Scientia Horticulturae*, 150, 86–91.
137. Loedolff, B., Brooks, J., Stander, M., Peters, S., & Kossmann, J. (2017). High light bio-fortification stimulates de novo synthesis of resveratrol in *Diplotaxis tenuifolia* (wild rocket) microgreens. *Functional Foods in Health and Disease*, 7, 859–872.
138. Sangwan, N. S., Farooqi, A. H. A., Shabih, F., & Sangwan, R. S. (2001). Regulation of essential oil production in plants. *Plant Growth Regulation*, 34, 3–21.
139. Herath, H. M. W., & Ormrod, D. P. (1979). Photosynthetic rates of citronella and lemongrass. *Plant Physiology*, 63, 406–408.
140. Farooqi, A. H. A., Sangwan, N. S., & Sangwan, R. S. (1999). Effect of different photoperiodic regimes on growth, flowering and essential oil in mentha species. *Plant Growth Regulation*, 29, 181–187.
141. Barak, J. D., & Schroeder, B. K. (2012). Interrelationships of food safety and plant pathology: The life cycle of human pathogens on plants. *Annual Reviews in Phytopathology*, 50, 241–266.
142. Warriner, K., Ibrahim, F., Dickinson, M., Wright, C., & Waites, W. M. (2003). Internalization of human pathogens within growing salad vegetables. *Biotechnology and Genetic Engineering Reviews*, 20, 117–136.
143. Dong, Y., Iniguez, A. L., Ahmer, B. M. M., & Triplett, E. W. (2003). Kinetics and strain specificity of rhizosphere and endophytic colonization by enteric bacteria on seedlings of *Medicago sativa* and *Medicago truncatula*. *Journal of Applied and Environmental Microbiology*, 69, 1783–1790.
144. Warriner, K., Ibrahim, F., Dickinson, M., Wright, C., & Waites, W. M. (2003). Internalization of human pathogens within growing

- salad vegetables. *Biotechnology and Genetic Engineering Reviews*, 20, 117–136.
145. Gyaneshwar, P., James, E. K., Mathan, N., Reddy, P. M., Reinhold-Hurek, B., & Ladha, J. K. (2001). Endophytic colonization of rice by a diazotrophic strain of *Serratia marcescens*. *Journal of Bacteriology*, 183, 2634–2645.
 146. Jablasone, J., Warriner, K., & Griffiths, M. (2005). Interactions of *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella Typhimurium* and *Listeria monocytogenes* plants cultivated in a gnotobiotic system. *International Journal of Food Microbiology*, 99, 7–18.
 147. Solomon, E. B., Yaron, S., & Matthews, K. R. (2002). Transmission of *Escherichia coli* O157:H7 from contaminated manure and irrigation water to lettuce plant tissue and its subsequent internalization. *Applied and Environmental Microbiology*, 68, 397–400.
 148. Fett, W. F. (2006). Interventions to ensure the microbial safety of sprouts. In G. M. Sapers, J. R. Gorny, & A. E. Yousef (Eds.), *Microbiology of fruits and vegetables* (pp. 187–209). Boca Raton, FL: CRC Press.
 149. Yang, Y., Meier, F., Lo, J. A., Yuan, W., Sze, V. L. P., Chung, H. J., & Yuk, H. G. (2013). Overview of recent events in the microbiological safety of sprouts and new intervention technologies. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12, 265–280.
 150. U.S. Food and Drug Administration Center for Food Safety and Applied Nutrition [US FDA CFSAN]. (1999). Guidance for Industry: Reducing microbial food safety hazards for sprouted seeds. *Federal Register*, 64(207), 57893–57902.
 151. Erdozain, M. S., Allen, K. J., Morley, K. A., & Powell, D. A. (2013). Failures in sprouts-related risk communication. *Food Control*, 30, 649–656.
 152. Xiao, Z., Nou, X., Luo, Y., & Wang, Q. (2014c). Comparison of the growth of *Escherichia coli* O157:H7 and O104:H4 during sprouting and microgreen production from contaminated radish seeds. *Food Microbiology*, 44, 60–63.
 153. Berba, K. J., & Uchanski, M. E. (2012). Postharvest physiology of microgreens. *Journal of Young Investigators*, 24, 1–5.
 154. Riggio, G. M., Wang, Q., Kniel, K. E., & Gibson, K. E. (2019b). Microgreens-A review of food safety considerations along the

- farm to fork continuum. *International Journal of Food Microbiology*, 290, 76–85.
155. Wright, K. M., & Holden, N. J. (2018). Quantification and colonisation dynamics of *Escherichia coli* O157:H7 inoculation of microgreen species and plant growth substrates. *International Journal of Food Microbiology*, 273, 1–10.
 156. Reed, E., Ferreira, C. M., Bell, R., Brown, E. W., & Zheng, J. (2018). Plant-microbe and abiotic factors influencing *Salmonella* survival and growth on alfalfa sprouts and Swiss chard microgreens. *Applied and Environmental Microbiology*, 84, 1–11.
 157. Phua, L. K., Neo, S. Y., Khoo, G. H., & Yuk, H. G. (2014). Comparison of the efficacy of various sanitizers and hot water treatment in inactivating inoculated food-borne pathogens and natural microflora on mung bean sprouts. *Food Control*, 42, 270–276.
 158. Taormina, P. J., Beuchat, L. R., & Slutsker, L. (1999). Infections associated with eating seed sprouts: An international concern. *Emerging Infectious Diseases*, 5, 626–634.
 159. Waje, C. K., Jun, S. Y., Lee, Y. K., Kim, B. N., Han, D. H., Jo, C., & Kwon, J. H. (2009). Microbial quality assessment and pathogen inactivation by electron beam and gamma irradiation of commercial seed sprouts. *Food Control*, 20, 200–204.
 160. Wilderdyke, M. R., Smith, D. A., & Brashears, M. M. (2004). Isolation, identification, and selection of lactic acid bacteria from alfalfa sprouts for competitive inhibition of food-borne pathogens. *Journal of Food Protection*, 67, 947–951.
 161. Riggio, G. M., Wang, Q., Kniel, K. E., & Gibson, K. E. (2019b). Microgreens-A review of food safety considerations along the farm to fork continuum. *International Journal of Food Microbiology*, 290, 76–85.
 162. U.S. Food and Drug Administration. (2015). Food Safety Modernization Act final rule on produce safety. *Federal Register*, 80(228), 74353–74672.
 163. Wang, Q. (2016). Interaction between human norovirus and its surrogates with fresh produce (Doctoral dissertation). University of Delaware, Department of Animal and Food Sciences. ProQuest LLC., Ann Arbor, MI 249 p.).
 164. Bari, M. L., Enomoto, K., Nei, D., & Kawamoto, S. (2011). Development of effective seed decontamination technology to

- inactivate pathogens on mung bean seeds and its practical application in Japan. *Japan Agricultural Research Quarterly*, 45, 153–161.
165. U.S. Food and Drug Administration. (2017). Compliance with and recommendations for implementation of the standards for the growing, harvesting, packing, and holding of produce for human consumption for sprout operations: Guidance for industry.
 166. Pająk, P., Socha, R., Gałkowska, D., Rożnowski, J., & Fortuna, T. (2014). Phenolic profile and antioxidant activity in selected seeds and sprouts. *Food chemistry*, 143, 300-306.
 167. V. Radosavljevic, E.-J. Finke, G. Belojevic. (2014) *Escherichia coli* O104:H4 outbreak in Germany--clarification of the origin of the epidemic. *The European Journal of Public Health*.
 168. C Frank, A Milde-Busch, D Werber. (2014) Results of surveillance for infections with Shiga toxin-producing *Escherichia coli* (STEC) of serotype O104:H4 after the large outbreak in Germany, July to December 2011. *Eurosurveillance* 19:14, 20760.
 169. Bayer, C., Bernard, H., Prager, R., Rabsch, W., Hiller, P., Malorny, B., ... & Stark, K. (2014). An outbreak of *Salmonella* Newport associated with mung bean sprouts in Germany and the Netherlands, October to November 2011
 170. (1) (PDF) The Safety of Sprouts and Microgreens. Available from: https://www.researchgate.net/publication/343084246_The_Safety_of_Sprouts_and_Microgreens [accessed Feb 27 2022].
 171. Reed, E., Ferreira, C. M., Bell, R., Brown, E. W., & Zheng, J. (2018). Plant-microbe and abiotic factors influencing *Salmonella* survival and growth on alfalfa sprouts and Swiss chard microgreens. *Applied and Environmental Microbiology*, 84, 1–11.
 172. Wright, K. M., & Holden, N. J. (2018). Quantification and colonisation dynamics of *Escherichia coli* O157:H7 inoculation of microgreen species and plant growth substrates. *International Journal of Food Microbiology*, 273, 1–10.
 173. 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, 1785–1790.
 174. Di Gioia, F., De Bellis, P., Mininni, C., Santamaria, P., & Serio, F. (2017). Physicochemical, 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*, 97, 1212–1219.
175. Wang, Q., & Kniel, K. E. (2016). Survival and transfer of murine norovirus within a hydroponic system during kale and mustard microgreen harvesting. *Applied and Environmental Microbiology*, 82, 705–713.
 176. Kim, M. J., Mikš-Krajnik, M., Kumar, A., & Yuk, H. G. (2016). Inactivation by 405 ± 5 nm light emitting diode on *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* Typhimurium, and *Shigella sonnei* under refrigerated condition might be due to the loss of membrane integrity. *Food Control*, 59(SC), 99–107.
 177. Maclean, M., MacGregor, S. J., Anderson, J. G., & Woolsey, G. (2009). Inactivation of bacterial pathogens following exposure to light from a 405-nanometer light-emitting diode array. *Applied and Environmental Microbiology*, 75, 1932–1937.
 178. McKenzie, K., Maclean, M., Timoshkin, I. V., MacGregor, S. J., & Anderson, J. G. (2014). Enhanced inactivation of *Escherichia coli* and *Listeria monocytogenes* by exposure to 405 nm light under sub-lethal temperature, salt and acid stress conditions. *International Journal of Food Microbiology*, 170(SC), 91–98.
 179. Park, H. K., Kushad, M. M., & Feng, H. (2013). Survival of *Escherichia coli* O157:H7 strain 87-23 on arugula, kale, lettuce and mizuna microgreens, and comparison of leaf surface morphology for mature greens and microgreens. Presented at Poster session, IAFP Annual Meeting, Charlotte, NC.
 180. Phua, L. K., Neo, S. Y., Khoo, G. H., & Yuk, H. G. (2014). Comparison of the efficacy of various sanitizers and hot water treatment in inactivating inoculated food-borne pathogens and natural microflora on mung bean sprouts. *Food Control*, 42, 270–276
 181. Kurian, M.S.; Megha, P.R. Assessment of variation in nutrient concentration and antioxidant activity of raw seeds, sprouts and microgreens of *Vigna radiata* (L.) Wilczek and *Cicer arietinum* L. In *AIP Conference Proceedings*; AIP Publishing LLC.: Melville, NY, USA, 2020; Volume 2263, 030005p. [CrossRef]
 182. Zhang, Y.; Xiao, Z.; Ager, E.; Kong, L.; Tan, L. Nutritional quality and health benefits of microgreens, a crop of modern agriculture. *J. Future Foods* 2021, 1, 58–66. [CrossRef]
 183. Shaheen, S., Nasee, S., Ashraf, M. (2013) Salt Stress Affects Water Relations, Photosynthesis, And Oxidative Defense Mechanisms In *Solanum Melongena* L. *J Plant Interactions* 8, 85-96.

184. Tyson, R.V., Treadwell, D.D., Simonne E.H. (2011)
Opportunities and Challenges to Sustainability in Aquaponic Systems.
Hort-Technol 21, 6-13.

