



ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΦΥΤΟΧΗΜΙΚΑ ΚΑΙ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΥΓΕΙΑ



Πτυχιακή Μελέτη της Ιωάννα Γιαννουλοπούλου
Εισηγήτρια: Δρ Ελένη Γουμενάκη

ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2008

Περιεχόμενα

1. Περίληψη.....	σελ.4
2. Εισαγωγή.....	σελ.5-9
3. Πηγές των βασικότερων ομάδων φυτοχημικών	
3.1 Φαινολικές ενώσεις.....	σελ.10-14
3.1.1 Φλαβονοειδή.....	σελ.14-18
3.1.2 Ανθοκυανίνες.....	σελ.18-23
3.1.3 Φυτοαλεξίνες.....	σελ.23-26
3.2 Αλκαλοειδή.....	σελ.26-27
3.3 Καροτενοειδή.....	σελ.27-37
3.4 Σαπωνίνες.....	σελ.37-38
3.5 Φυτοστερόλες.....	σελ.38-43
4 Επίδραση καλλιεργητικών τεχνικών στη συγκέντρωση των φυτοχημικών.....	σελ.43-73
5 Η επίδραση της κλιματικής αλλαγής στη συγκέντρωση των φυτοχημικών.....	σελ.73-75
6 Τοξικότητα ουσιών που περιέχονται στα φρούτα και στα λαχανικά.....	σελ.76-79
7 Συμπεράσματα και συζήτηση.....	σελ.79-80
Βιβλιογραφία	

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της πτυχιακής μου, μου δίδεται η ευκαιρία να ευχαριστήσω τους ανθρώπους που με βοήθησαν.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την εισηγήτρια καθηγήτρια μου, Δρ Ελένη Γουμενάκη, η οποία ήταν η κινητήρια δύναμη για την εκπόνηση της πτυχιακής αλλά και για τα κίνητρα για περαιτέρω σπουδές. Ήταν δασκάλα και συνεργάτης καθόλη τη διάρκεια των δραστηριοτήτων.

Ακόμα θα ήθελα να ευχαριστήσω όλα τα άτομα που με στήριξαν και με βοήθησαν για την ολοκλήρωση της πτυχιακής. Τους καθηγητές του εργαστηρίου για τις συμβουλές τους αλλά και τις συμφοιτήτριές μου για την υπομονή τους.

Περίληψη

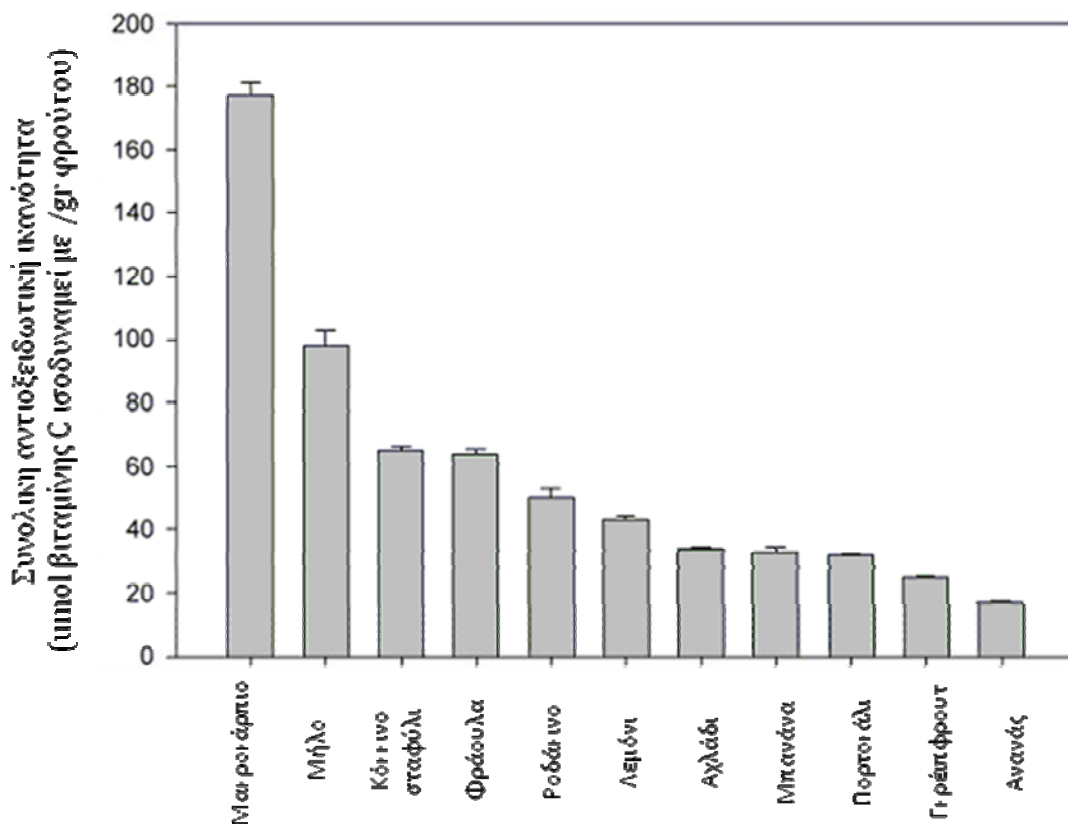
Μεγάλο πλήθος μελετών αποδεικνύει τη συσχέτιση του διαιτολογίου του ανθρώπου με τη λειτουργία του οργανισμού και την ενίσχυση του ανοσοποιητικού συστήματος. Οι ιδιότητες αυτές αποδίδονται σε φυσικές ουσίες, τα φυτοχημικά, που περιέχονται στα τρόφιμα όπως αλκαλοειδή, καροτενοειδή, οργανοσουλφίδια, φλαβονοειδή, φυτοστερόλες, σαπωνίνες, ανθοκυανίνες, μονοτερπένια, ισοφλαβόνες, μονοφερόλες, ξανθοφύλλες που απαντώνται σε υψηλότερες συγκεντρώσεις σε φρέσκα φρούτα και λαχανικά. Απαίτηση της κοινωνίας αποτελεί σήμερα η κατανόηση των μηχανισμών και στη συνέχεια η δημοσιοποίηση των αποτελεσμάτων προς όφελος ευρύτερων κοινωνικών ομάδων.

Η παρούσα μελέτη επιχειρεί ανασκόπηση των πρόσφατα δημοσιευμένων επιστημονικών δεδομένων στην περιοχή. Αναλύονται οι σημαντικότερες ομάδες φυτοχημικών, οι επιδράσεις τους στην ανθρώπινη υγεία και αναλύεται η επίδραση της διαχείρισης της καλλιέργειας και της κλιματικής αλλαγής. Μικρή αναφορά επίσης γίνεται στην ύπαρξη τοξικών ουσιών που συντίθεται από τα φυτά και που εν δυνάμει αποτελούν κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία.

1.Εισαγωγή

Οι αλλαγές που συμβαίνουν στο κόσμο όσον αφορά στην ποιότητα των φρέσκων φρούτων και λαχανικών είναι δραστικές. Ο όρος ποιότητα στη διατροφή μας έχει αλλάξει τα τελευταία χρόνια σαν αποτέλεσμα εθνικών και παγκόσμιων αλλαγών στην αγροτική πολιτική, στον αυξανόμενο ανταγωνισμό και στη συνεχή αύξηση του ενδιαφέροντος για την παραγωγή υγιεινών, ποιοτικών, ασφαλών τροφίμων που έχουν παραχθεί με σεβασμό προς το περιβάλλον. Ξεκινώντας από κάποια συγκεκριμένα ποιοτικά χαρακτηριστικά (εμπορική ποιότητα) πολλές προσπάθειες έχουν γίνει για να καθοριστεί η έννοια της ποιότητας. Τα τελευταία χρόνια ο ορισμός της ποιότητας έχει και άλλη μία διάσταση, την θρεπτική αξία των παραγόμενων προϊόντων. Η συγκέντρωσή των φρέσκων φρούτων και λαχανικών σε ουσίες που ενισχύουν τον ανθρώπινο οργανισμό έχει γίνει πλέον απαίτηση των καταναλωτών (Huyskens-Keil and Schreiner 2003)

Ένα μεγάλο πλήθος μελετών έχουν δείξει τη μεγάλη διατροφική αξία των φρούτων και των λαχανικών και τη σημαντική συμμετοχή τους στην αποτελεσματικότητα του ανοσοποιητικού συστήματος για την αποφυγή ασθενειών όπως καρδιαγγειακών παθήσεων, παθήσεων του νευρικού συστήματος, καρκίνου, διαβήτη, οστεοπόρωσης και προβλημάτων όρασης. Οι ιδιότητες αυτές αποδίδονται σε συστατικά όπως αλκαλοειδή, καροτενοειδή, οργανοσουλφίδια, φλαβονοειδή, φυτοστερόλες, σαπωνίνες, ανθοκυανίνες, μονοτερπένια, ισοφλαβόνες, μονοφερόλες, ξανθοφύλλες που κατά την επιστημονική ορολογία, ονομάζονται φυτοχημικά. Τα φυτοχημικά περιέχονται σε μια ευρεία ποικιλία φυτικών νωπών προϊόντων τα οποία περιέχουν υψηλές συγκεντρώσεις διάφορων κατηγοριών φυτοχημικών, παράγονται από τα φυτά σαν αντίδραση σε βιοτικούς και αβιοτικούς παράγοντες. Η υιοθέτηση μιας ισορροπημένης διατροφής που περιέχει ποικίλα φρούτα και λαχανικά θα βοηθήσει παγκόσμια τον ανθρώπινο πληθυσμό του πλανήτη μας να απολαύσει τα συνδυασμένα οφέλη των φυτοχημικών (Chen et al., 2007).



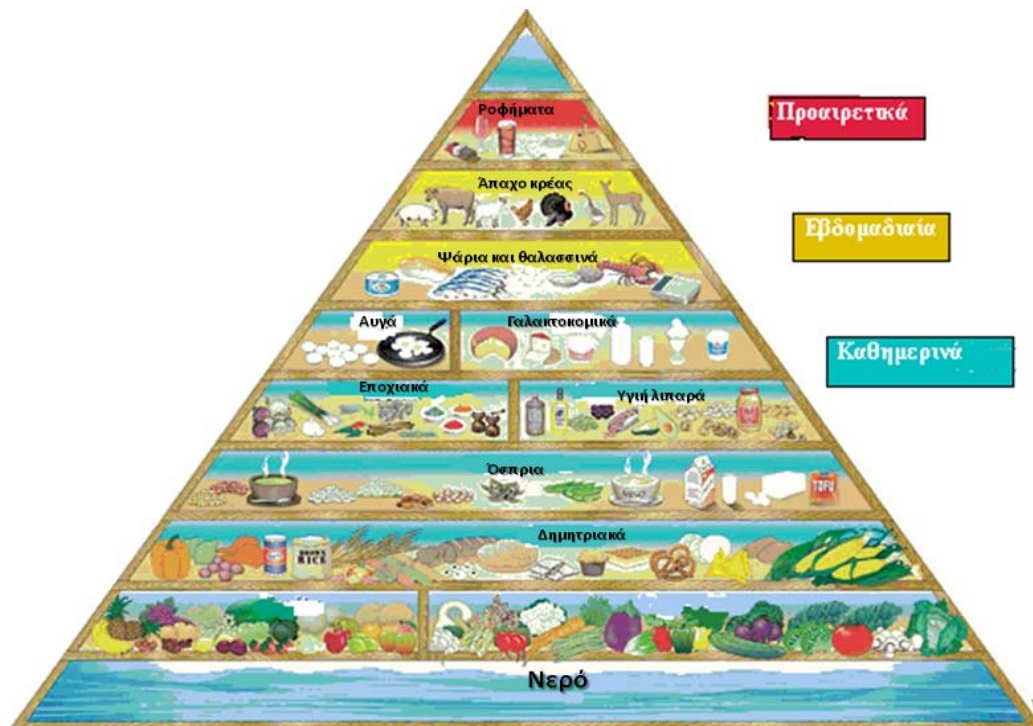
Πίνακας 1: Στον πίνακα αναφέρεται η αντιοξειδωτική δράση διαφόρων φρούτων (μακροκάρπιο, μήλο, κόκκινο σταφύλι, φράουλα, ροδάκινο, λεμόνι, αχλάδι, μπανάνα, πορτοκάλι, γκρειπφρουτ, ανανάς) όπου 1mol βιταμίνης C αντιστοιχεί σε 1 gr νοπού βάρους των φρούτων, όπως έχει σημειωθεί στη μελέτη του Boyer και Liu (Boyer and Liu 2004)

Κάθε χρόνο πολυάριθμες επιστημονικές δημοσιεύσεις εμφανίζουν θετική συσχέτιση ενός φυτοχημικού ή συνδυασμού φυτοχημικών με τη θωράκιση της ανθρώπινης υγείας. Παρόλα αυτά μένει ακόμη αδιερεύνητο το μεγαλύτερο μέρος της δράσης των φυτοχημικών (Chen et al., 2007).

Απο έρευνες για την σωστή κατανάλωση φρούτων και λαχανικών έχουν μελετηθεί πολλά πρότυπα διατροφής σε μία μελέτη του Horn και της ομάδας του η μεσογειακή διατροφή μπορεί να συνεισφέρει στη βελτιώση της φυσικής κατάστασης και την πρόληψη ασθενειών(Van Horn et al.2008).

Υπάρχουν πολλά παραδείγματα απο πολυάριθμες μελέτες που δείχνουν τη θετική επίδραση της ενσωμάτωσης φρέσκων φρούτων και λαχανικών στη δίαιτά μας. Σαν παραδείγματα μπορούμε να αναφέρουμε την επίδραση των φυτοχημικών στο σκελετικό μας σύστημα. Η συνεργιστική ιδιότητα των φρούτων και λαχανικών με άλλους τύπους τροφών όπως υψηλή καθημερινή λήψη ασβεστίου ,μπορεί να αποτελέσουν μεγαλύτερη προστασία της υποβάθμισης των οστών και των αρθρώσεων ακόμα και μία καινούργια κατηγορία τροφών (Hunter et al.,2008).

Η ημερήσια κατανάλωση των φρέσκων φρούτων και λαχανικών ποικίλει ανάλογα με το είδος των φρούτων ή των λαχανικών. Η ποικιλία σε χρωστικές δηλώνει και την ποικιλία φυτοχημικών. Με την κατανάλωση μίας ποικιλίας χρωμάτων έχουμε και τις ευεργετικές ιδιότητες των φυτοχημικών και άλλων συστατικών. Στην εικόνα 1, βλέπουμε τη θέση των φρέσκων φρούτων και λαχανικών στην πυραμίδα των θεραπευτικών τροφών και την κατανάλωση που θα έπρεπε να έχουν (Myklebust 2006).



Εικόνα 1: Απο μελέτη του πανεπιστημίου του Michigan προτείνεται η πυραμίδα της προτεινόμενης κατανάλωσης τροφών. Στη βάση της επικρατεί το νερό και αμέσως επόμενα είναι τα φρούτα και τα λαχανικά (Myklebust 2006).

Μια απο τις γνωστότερες ίσως ιδιότητες των φρέσκων φρούτων και λαχανικών είναι η αντιοξειδωτική δράση, όπως και η αντικαρκινική δράση. Αυτές οι ιδιότητες των φρούτων και των λαχανικών είναι απο τις πιο μελετημένες. Στη συνέχεια ακολουθούν κάποια παραδείγματα μελετών που αναφέρονται σε αυτές τις ιδιότητες.

Η μελέτη του Mark και Mattson το 2008 επιβεβαιώνει την αντιοξειδωτική δράση των φρούτων και των λαχανικών στον ανθρώπινο οργανισμό (Mark and Mattson 2008). Σε κλινική μελέτη που έγινε στην Αμερική, ερευνήθηκε η ύπαρξη συσχέτισης της κατανάλωσης αντιοξειδωτικών, με το κάταγμα λεκάνης σε άτομα με οστεοπόρωση. Τα αποτελέσματα ήταν θετικά (Zhang et al., 2006). Το ρόδι αναφέρεται απο το Zhang και την ομάδα του το 2008 ως ισχυρότερο αντιοξειδωτικό απο ότι ο χυμός πορτοκαλιού ή μήλου (Zhang et al. 2008).

Όσον αφορά τις αντικαρκινικές ιδιότητες των φρούτων και των λαχανικών η μελέτη του Franke και της ομάδας του το 2005 έχει σαν αποτέλεσμα κλινικών μελετών, ότι ο χυμός του πορτοκαλιού επιβραδύνει τα μεταλλαξιγόνα που προκαλούν ανωμαλίες στην αλυσίδα του DNA (Franke et al., 2005).

Υπάρχει λοιπόν σημαντική ανάγκη για περαιτέρω έρευνα σχετικά αφενός με τα πιθανά οφέλη και τους μηχανισμούς δράσης τους και αφετέρου με το σύστημα καλλιέργειας ώστε να βελτιωθεί η συγκέντρωση αλλά και η διατήρηση των φυτοχημικών μέχρι την τελική κατανάλωση. Η παρούσα μελέτη αποτελεί ανασκόπηση των πρόσφατα δημοσιευμένων επιστημονικών δεδομένων στην περιοχή.

2. Πηγές των βασικότερων ομάδων φυτοχημικών

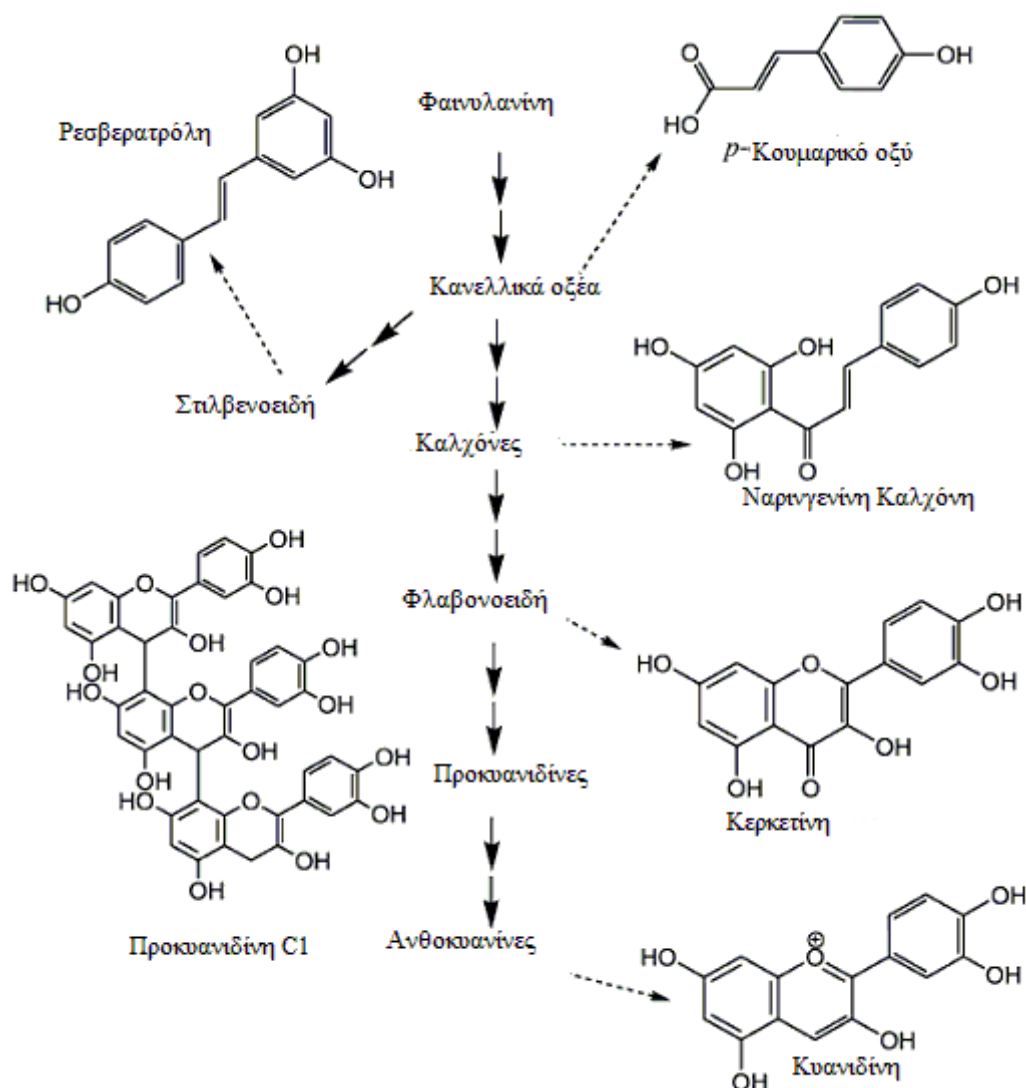
2.1 Φαινολικές ενώσεις

Ένας μεγάλος αριθμός μελετών υποστηρίζει τη σχέση μεταξύ φαινολικών ενώσεων και πρόληψη ασθενειών. Είναι από τις μεγαλύτερες ομάδες φυτοχημικών οι οποίες συντίθενται από τα φυτά. Είναι προϊόντα του μεταβολισμού του μεθυλοπροπανίου. Το 20% του συνολικού CO₂ που δεσμεύεται από τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, πηγαίνει στο μονοπάτι του φαινυλοπροπανίου, έτσι ώστε να παραχθούν οι φαινολικές ενώσεις που βρίσκουμε στη φύση, συμπεριλαμβανομένων των φλαβονοειδών και στιλβενοειδών. (Ververidis et al.,2007).

Χημικά, οι φαινολικές ενώσεις χαρακτηρίζονται ως συστατικά που έχουν ένα ή περισσότερα υδροξύλια συνδεδεμένα με ένα δακτύλιο βενζολίου ή άλλο αρωματικό δακτύλιο. Η ευεργετική δράση τους έχει συνδεθεί με την ικανότητα τους να ανάγουν τις οξειδωτικές ρίζες που παράγονται από τα φυτικά και τα ζωικά κύτταρα από πολλές φυσιολογικές λειτουργίες των κυττάρων καθώς επίσης κάτω από την επίδραση βιοτικών ή/και αβιοτικών παραγόντων. Οι φαινολικές ενώσεις έχουν την ιδανική χημική δομή για αντιοξειδωτική δράση. Οι αντιοξειδωτικές ιδιότητες των φαινολικών ενώσεων προκύπτουν από την ικανότητα τους να δρουν σαν υδρογόνα ή δότες ηλεκτρονίων και έχει αποδειχθεί ότι είναι πιο αποτελεσματικά αντιοξειδωτικά από ότι άλλα φυτοχημικά. (Blokina et al.,2003). Δεν συντίθενται από τον ανθρώπινο οργανισμό και γι' αυτό υπάρχει μεγάλο ενδιαφέρον και γνώση, όσον αφορά στη συγκέντρωση των φαινολών στα φρούτα και λαχανικά και στη συνιστώμενη ημερήσια κατανάλωση (Duthie et al., 2006).

Οι φαινολικές ενώσεις χωρίζονται σε υποκατηγορίες, τα κανελικά οξέα, τις καλχόνες (αρωματική κετόνη), τα φλαβονοειδή, τις προκυανιδίνες, και τις ανθοκυανίνες. Ο διαχωρισμός αυτών των υποκατηγοριών ξεκινά από ένα βασικό άξονα και χωρίζεται στη συνέχεια στις επιμέρους κατηγορίες. Σαν ένα γενικότερο χαρακτηρισμό, το βιοσυνθετικό μονοπάτι ξεκινάει με το αμινοξύ φαινυλανίνη, η οποία μετατρέπεται σε κανελικά οξέα και μετά διαχωρίζονται σε διάφορες άλλες κλάσεις ενώσεων, καταλήγοντας στις ανθοκυανίνες. Υπάρχουν πολλές άλλες μικρότερες κλάσεις ενώσεων

που δημιουργούνται από άλλα βιοσυνθετικά μονοπάτια. Οι πέντε μεγαλύτερες κλάσεις των φαινολικών ενώσεων απεικονίζονται στην εικόνα 2 (Stevenson and Hurst 2007).



Εικόνα 2: Περίληψη του κυριότερου πολυφαινολικού βιοσυνθετικού μονοπατιού με παραδείγματα της δομής κάθε μεγάλης κλάσης ενώσεων (Stevenson and Hurst 2007).

Όσον αφορά την κίνηση των φαινολικών ενώσεων μέσα στον ανθρώπινο οργανισμό και το μεταβολισμό τους, στοιχεία από κλινικές μελέτες που έχουν δημοσιευτεί, δείχνουν σαν κύρια όργανα μεταβολισμού το συκώτι και το έντερο. Και αυτό γιατί και τα δύο όργανα περιέχουν υψηλές συγκεντρώσεις ενζύμων που είναι απαραίτητα για το

μεταβολισμό των φαινολικών ενώσεων. Με τη βοήθεια αυτών των ενζύμων υπολογίζεται ότι μετατρέπεται περίπου το 90-95% των απορροφόμενων φαινολικών ενώσεων σε εναλλασσόμενες δομές μονών και διπλών δεσμών.

Οι φαινολικές ενώσεις απορροφώνται από το ανώτερο γαστρεντερικό σύστημα, από ένα αριθμό μηχανισμών οι οποίοι δεν έχουν ακόμα διευκρινιστεί ακριβώς. Από τη γαστρική οδό αφομοιώνεται το 5-10 % των φαινολικών οξέων, το υπόλοιπο ποσοστό απορροφάται από το εντερικό σύστημα. Η μικροχλωρίδα του εντέρου είναι ικανή να διασπάσει τα φλαβονοειδή και τις προκυανιδίνες σε απλούστερες μορφές. Τα απλούστερα προϊόντα μπορούν με τη σειρά τους να απορροφηθούν από το έντερο και με αυτό το τρόπο αυξάνουν και την απορροφόμενη ποσότητα των φαινολικών οξέων από τη διαίτα. Σε κλινική έρευνα με ανθρώπους, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της ανάλυσης ούρων. Τα άτομα ακολουθούσαν διαίτα πλούσια σε φαινολικές ενώσεις. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι περίπου 98% των μεταβολιτών των φαινολικών ενώσεων, εμφανίστηκε στα δείγματα ούρων.

Υπάρχει μεγάλος αριθμός μελετών για την εκτίμηση της μέγιστης συγκέντρωσης της κάθε φαινολικής ένωσης στο κυκλοφορικό. Ο χρόνος που απαιτείται για να επιτευχθεί το μέγιστο της κυκλοφορίας των φαινολικών ενώσεων στο αίμα, είναι από 1-6 ώρες. Και η συγκέντρωση μπορεί να είναι τόσο χαμηλή όπως για παράδειγμα στις ανθοκυανίνες 0.03 mM (Stevenson and Hurst 2007).

Από επιστημονικές μελέτες είναι γνωστή η αντιοξειδωτική, η αντιβιοτική και η αντιφλεγμονώδης δράση τους, η προστασία του ουροποιητικού συστήματος (Duthie et al., 2006) και η μείωση των πιθανοτήτων καρδιαγγειακών παθήσεων. Επίσης έχει αναφερθεί η θετική δράση τους στη ρύθμιση της υπέρτασης (Kondratyuk and Pezzuto, 2004).

Αποτελέσματα μελετών, αναφέρουν επίσης την πιθανότητα θεραπευτικής δράσης των φαινολικών ενώσεων σε καρδιαγγειακές παθήσεις, οι οποίες αποτελούν ένα από τα βασικότερα προβλήματα υγείας. Έρευνες *in vitro* αναφέρουν την προστασία των ενδοθηλιακών κυττάρων κατά της απόπτωσης (τα ενδοθηλιακά κύτταρα είναι ένα λεπτό στρώμα κυττάρων στο εσωτερικό των αιμοφόρων αγγείων) (Perez-Vizcaino et al., 2006).

Με την επίδραση των φαινολικών ενώσεων στα ενδοθυλιακά κύτταρα, ασχολήθηκε και το Πανεπιστημίο Καρδιολογίας Αθηνών. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν τη θετική επίδραση των φαινολικών ενώσεων από κόκκινα σταφύλια στα ενδοθυλιακά κύτταρα σε ασθενείς με στεφανιαία νόσο(Lekakis et al., 2005).

Τα μήλα προσφέρουν περίπου το 22% των συνολικών φαινολικών ενώσεων στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής. Μία μερίδα μήλου, δηλαδή 100 νωπού βάρους, περιλαμβάνει 400mg των συνολικών φαινολών. Τα αχλάδια και τα σταφύλια μπορούν να προσφέρουν 300 mg των συνολικών φαινολικών ενώσεων, ενώ τα κεράσια και τα μούρα 200-400mg. Λαχανικά όπως το σπανάκι, το μπρόκολο και τα κρεμμύδια, μπορούν επίσης να προσφέρουν σημαντικές ποσότητες πολυφαινόλων στην ανθρώπινη διαίτα. Λαμβάνοντας υπόψη τις ποσότητες των φαινολικών ενώσεων σε φρούτα και λαχανικά, μία ισορροπημένη διαίτα θα ήταν η κατανάλωση εννέα μερίδων φρούτων και λαχανικών αν ημέρα και λογικές ποσότητες καφεΐνης και κόκκινου κρασιού, επίσης πλούσιες πηγές φαινολών (Rossi et al., 2007).

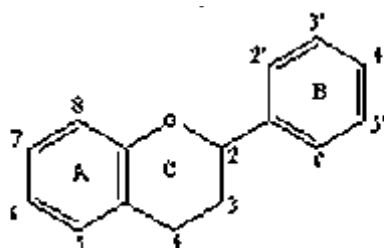
Μία μελέτη από τον Παναμά αποκάλυψε ότι ένας υποπληθυσμός με ιδιαίτερα υψηλή κατανάλωση φλαβονοειδών με πηγή το κακάο, είχαν 10 φορές λιγότερα περιστατικά σε καρδιαγγειακές παθήσεις και καρκίνο, ενώ ο διαβήτης ήταν 4 φορές σπανιότερος, φυσικά θα πρέπει να λάβουμε υπόψη μας και άλλους παράγοντες αυτού του πληθυσμού. Ένα μακροπρόθεσμο ερωτηματολόγιο στην Ιταλία, έδειξε ότι ίσως τα φλαβονοειδή να έχουν σχέση με τη μείωση του καρκίνου των ρινικών κυττάρων. Άλλες μελέτες αποκάλυψαν παρόμοια αποτελέσματα για το καρκίνο του στήθους και για το καρκίνο του εντέρου. Η λήψη ισοφλαβόνων υποκατηγορία των φαινολικών ενώσεων, βοήθησε αρκετά στη μείωση των περιστατικών του καρκίνου του προστάτη, σε άνδρες Γιαπωνέζους στην ηλικία των 60 ετών. Ακόμα μεγάλος αριθμός επιδημιολογικών μελετών αναφέρουν ότι άτομα που καταναλώνουν διαίτα που περιέχει μεγάλο αριθμό φρούτων και λαχανικών μειώνουν τις πιθανότητες για ασθένειες που σχετίζονται με την ηλικία, όπως νευρολογικές ασθένειες(Chanasut and Rattanapanone 2008).

Οι θετικές επιδράσεις των φαινολικών ενώσεων έχουν σημαντικό ρόλο και στο τομέα της νευρολογίας. Η κύρια υπόθεση για τη δράση των φαινολικών ενώσεων είναι ότι δρουν σε συνδυασμό, προστατεύοντας τα κύτταρα του νευρικού συστήματος από το οξειδωτικό στρες. Αυτή η λειτουργία γίνεται μέσω διοχέτευσης αντιοξειδωτικών

μηχανισμών, αποτοκικών διαδικασιών και υποβάθμιση των πεπτιδίων. Σε μακροχρόνιο πείραμα με τρωκτικά, η λήψη χυμού από σταφύλι, έδειξε θετικά αποτελέσματα για τις νευρολογικές ασθένειες που συνδέονται με το γύρας. Ο σχηματισμός συγκεντρώσεων αμυλοειδών στον εγκέφαλο είναι η αιτία για αρκετές νευρολογικές ασθένειες, όπως το Alzheimer. Οι φαινολικές ενώσεις μπορούν να επιβραδύνουν το σχηματισμό τέτοιων συσσωματωμάτων σε *in vitro* συνθήκες. Έγχυμα από μούρο εμφάνισε νευροπροστατευτική δράση σε *in vivo* συνθήκες σε περιπτώσεις εγκεφαλικής βλάβης (Stevenson and Hurst 2007).

2.1.1 Φλαβονοειδή

Στο μόριο των φλαβονοειδών υπάρχουν τρεις δακτύλιοι συνδεδεμένοι με μία ομάδα καρβοξυλίου και ένα οξυγόνο με διπλό δεσμό όπως βλέπουμε στην εικόνα 3. Στα φλαβονοειδή κατατάσσονται οι ουσίες: Επικατεχίνη, εσπεριδίνη, καεμφορόλη, ναρινγίνη, νοβιλετίνη, προανθοκυανιδίνη, κερκετίνη, ρεσβερατρόλη, τανγερετίνη.



Εικόνα 3: Βασική δομή των φλαβονοειδών (Πηγή: Ververidis et al., 2007)

Παρόλο που είναι γνωστά γύρω στα 6500 φλαβονοειδή έχουν αναγνωρισθεί σαν δευτερογενείς μεταβολίτες σε διάφορα φυτά, πιστεύεται ότι στη φύση ο αριθμός τους μπορεί να ξεπερνάει τα 8000. Τα περισσότερα φλαβονοειδή βρίσκονται στη μορφή των γλυκοζιτών με αποτέλεσμα να είναι πολύ σημαντικά για αποταμιευτικούς λόγους στα φυτά. Ακόμα η αποθήκευση τους σ' αυτή τη μορφή, είναι μια καλή μέθοδος των φυτών έτσι ώστε να μην 'εμπλέκονται' αυτές τις ουσίες με άλλες ζωτικής σημασίας λειτουργίες του φυτού. Στις σημαντικές ιδιότητες των φαινολικών ενώσεων που ερευνώνται είναι και η αντικαρκινική τους δράση.

Τα φλαβονοειδή είναι γνωστά και ως χρωστικές ουσίες από τις αρχές του προηγούμενου αιώνα και ανήκουν στη μεγάλη ομάδα φαινολικών ενώσεων που απαντώνται ευρέως σε όλα τα τρόφιμα φυτικής προέλευσης. (Ibbotson, 2002). Είναι συστατικά των φρούτων, των λαχανικών, των ξηρών καρπών, ποτών όπως το τσάι και το κρασί, και των παραδοσιακών φαρμάκων όπως το biloba Ginkgo στην Ασία. Παραδείγματα φρούτων και λαχανικών είναι τα μήλα, τα δαμάσκηνα, τα μούρα, οι φράουλες, τα σταφύλια. Από λαχανικά, το κρεμμύδι, το μπρόκολο, οι τομάτες, το λάχανο. Διάφορες ευεργετικές ιδιότητες έχουν αποδοθεί σε αυτές τις ενώσεις, συμπεριλαμβανομένων των αντιοξειδωτικών, αντιφλεγμονωδών, και αντικαρκινικών αποτελεσμάτων. Τα φλαβονοειδή μπορούν να παρέμβουν σε αρκετά από τα βήματα που οδηγούν στην ανάπτυξη των κακοήθων όγκων, συμπεριλαμβανομένης της προστασίας του DNA από την οξειδωτική ζημιά και της παρεμπόδισης της ενεργοποίησης της καρκινογένεσης (Min et al., 2008).

Τα ποσά των αντιοξειδωτικών φλαβονοειδών που βρίσκονται σε φρούτα και λαχανικά και συγκαταλέγονται στην ανθρώπινη διαίτα, είναι σε πολύ υψηλότερα ποσοστά συγκέντρωσης, από ότι είναι άλλα αντιοξειδωτικά όπως οι βιταμίνες C και E και τα καροτενοειδή. Φρέσκα φρούτα και οι χυμοί του σ έχουν τη μεγαλύτερη συγκέντρωση πολυφαινόλων(Rossi et al., 2007).

Παρόλο που τα φλαβονοειδή είναι δύσκολο να απορροφηθούν, είναι πολύ εύκολο να μεταβολιστούν από το σκύωτι και το έντερο. Η ικανότητα των φλαβονοειδών να αποτοξινώνουν ένζυμα, είναι ένας σημαντικός μηχανισμός των φλαβονοειδών να προστατεύουν από τα μεταλλαξιογόνα και τις καρκινογόνες ουσίες, δηλαδή, ενεργούν ως χημοπροστατευτικοί παράγοντες του καρκίνου. Επιπλέον, είναι πιθανό τα χαμηλά επίπεδα φλαβονοειδών και των μεταβολιτών τους να ασκούν άλλα βιολογικά αποτελέσματα με θετική επίδραση, για παράδειγμα αλλαγή στα σήματα των κυττάρων και στην έκφραση γονιδίων. Στη χλωρίδα του εντέρου τα φλαβονοειδή υποβιβάζονται σαν δομή από τα βακτήρια και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία προϊόντων τα οποία μπορεί να έχουν βιολογική δράση μέσω αντιοξειδωτικών ή όχι μηχανισμών(Lotito and Frei 2006)

Ο μεταβολισμός των φλαβονοειδών *in vitro*, βασίζεται στη χαμηλή τους οξειδοαναγωγική ικανότητα μεταξύ ατόμων υδρογόνου. Παρόλη τη δυνατή τους

αντιοξειδωτική ικανότητα, τα φλαβονοειδή *in vivo*, επηρεάζονται αρνητικά από πολλούς παράγοντες. Επιβραδυντικός παράγοντας είναι η απορρόφηση των φλαβονοειδών από τον ανθρώπινο οργανισμό, όπου είναι πιο αργή διαδικασία από ότι είναι στις βιταμίνες C και E. Η μέγιστη συγκέντρωση πλάσματος συνήθως φτάνει το μέγιστο σημείο στις 1 με 3 ώρες μετά την κατανάλωση τροφών πλούσιων σε φλαβονοειδή και οι τιμές τις βρίσκονται μεταξύ 0.06 και 7.6 μM και λιγότερο από 0.15 μM για τις ανθοκυανιδίνες. Επιπλέον η μικρή διάρκεια ζωής των φλαβονοειδών στο πλάσμα, μειώνει αισθητά την ικανότητα τους να δράσουν σε *in vivo* καταστάσεις, ειδικά όταν συγκριθούν με άλλα αντιοξειδωτικά που βρίσκονται στο πλάσμα σε υψηλότερες συγκεντρώσεις.

Η χρόνια ή η μακρόχρονη κατανάλωση φλαβονοειδών δεν έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της συγκέντρωσης στο πλάσμα. Για παράδειγμα, η συγκέντρωση της κερκετίνης στο πλάσμα του αίματος έχει μία σταθερή σχετικά τιμή με τη μακροχρόνια ή τη χρόνια κατανάλωσή της και η τιμή της κυμαίνεται γύρω στο 1 μM . Δεν υπάρχει μεγάλο σώμα πληροφοριών για τη δράση των φλαβονοειδών και για τη συγκέντρωσή τους σε ανθρώπινους ιστούς, αλλά είναι πιθανό να έχουν σημαντική συμβολή στην αντιοξειδωτική άμυνα των κυττάρων και των ιστών (Lotito and Frei 2006)

Η μελέτη αυτή επιβεβαιώνεται επιβεβαιώνεται και ένα χρόνο αργότερα από τον Stevenson και Hurst. Στη μελέτη τους ερευνήσαν την κερκετίνη, τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν ότι το ανώτερο των συγκεντρώσεων της τάξης του $\sim 1 \text{ mM}$, επιτεύχθηκε 30 min μετά την κατανάλωση και μειώθηκε σχεδόν στο 0, μετά την πάροδο $\sim 6 \text{ h}$. Αντιθέτως σε πείραμα με τρωκτικά με την εφαρμογή ανθοκυανών σε δόση, επιτεύχθηκε γρηγορότερα και μεγαλύτερη συγκέντρωση όχι μόνο στο πλάσμα αλλά και στον εγκέφαλο. Αυτό ίσως να είναι και αποτέλεσμα καλύτερων τεχνικών ή πιο εξελιγμένων μέσων (Stevenson and Hurst 2007).

Τα στοιχεία από τις *in vitro* και *in vivo* εργαστηριακές μελέτες, τις επιδημιολογικές έρευνες, και τις ανθρώπινες κλινικές δοκιμές δείχνουν ότι τα φλαβονοειδή έχουν σημαντικά αποτελέσματα στη χημική παρεμπόδιση και τη θεραπεία καρκίνου. Επιπλέον, η εργαστηριακή έρευνα και ο αυξανόμενος αριθμός επιδημιολογικών μελετών δίδουν ενδείξεις για μειωμένο κίνδυνο καρκίνου του μαστού σε ομάδες που στη δίαιτα τους υπάρχουν αυξημένες ποσότητες φλαβονοειδών (Fink et al., 2007).

Επίσης μελέτες έχουν διεξαχθεί στον τομέα του καρκίνου του φάρυγγα και της στοματικής κοιλότητας και δείχθηκε ότι υπάρχει περίπτωση τα φλαβονοειδή να συνδέονται με τη μείωση αυτών των ασθενειών. Η μελέτη πραγματοποιήθηκε στην Ιταλία μεταξύ 1992 και 2005 και στο πρόγραμμα πήραν μέρος άνθρωποι με καθορισμένη δίαιτα σε λαχανικά και φρούτα, με βάση τη συγκέντρωσή τους σε φλαβονοειδή (Rossi et al., 2007).

Η πιο μελετημένη ουσία των φλαβονοειδών είναι η κερκετίνη λόγω των σημαντικών ιδιοτήτων της. Τα κρεμμύδια, τα μήλα το κρασί είναι οι κύριες πηγές της κερκετίνης στην ανθρώπινη δίαιτα. Σε αυτά τα τρόφιμα η κερκετίνη είναι παρούσα με εναλλασσόμενους διπλούς και μονούς δεσμούς, δηλαδή σαν γλυκοζίτης. Η φύση των υπολειμμάτων της ζάχαρης στους γλυκοζίτες επηρεάζει την διάρκεια της απορρόφησης τους. Για παράδειγμα η κερκετίνη γλυκοζίτης στα κρεμμύδια είναι περισσότερο βιοδιασπώμενη από ότι της κερκετίνης στα μήλα. Όταν οι μεταβολίτες της κερκετίνης βρεθούν στο αίμα, μπορούν να κυκλοφορούν σ'αυτό μέχρι και 10 ώρες, το οποίο συγκριτικά με άλλα φλαβονοειδή όπως ανθοκυανιδίνες και κατεχίνες. Αυτή η ιδιότητα οφείλεται στην εντεροπατιτική ανακύκλωση των μεταβολιτών της κερκετίνης. Συγκεντρώσεις που έχουν αναφερθεί για τους μεταβολίτες της κερκετίνης μετά από κατανάλωση φρέσκων φρούτων και λαχανικών, πλούσιων σε κερκετίνη είναι από 0.7 μέχρι 7.6 μM . Αντιθέτως η κερκετίνη και η κατεχίνη τα κύρια των φλαβονοειδών στη σοκολάτα και στο τσάι, στη φύση δεν βρίσκονται σε γλυκοζιτική μορφή άρα και μπορούν να απορροφηθούν κατευθείαν από την κυκλοφορία του αίματος (Lotito and Frei. 2006)

Σαν παράδειγμα των ιδιοτήτων της κερκετίνης αναφέρουμε τη μελέτη του Perez-Vizcaino και της ομάδας του το 2006, η οποία αναφέρει στα αποτελέσματα της ότι τα φλαβονοειδή και συγκεκριμένα η κερκετίνη αποτρέπουν τη δυσλειτουργία των ενδοθηλιακών κυττάρων και μειώνουν την πίεση του αίματος και την οξειδωτική καταπόνηση. Η πλειοψηφία των ενδοθηλιακών δυσλειτουργιών συνδέεται με την μη έγκαιρη διάγνωση, τα φλαβονοειδή σύμφωνα με έρευνες μπορούν να δράσουν προληπτικά. Η πρόληψη μπορεί να γίνει με τη κατανάλωση των φλαβονοειδών (Perez-Vizcaino et al., 2006).

Επίσης σε μελέτη του Hunter και της ομάδας του το 2006 αναφέρεται στην κερκετίνη και στη δράση της στην διαφοροποίηση και ενεργοποίηση των οστεοκλάστων(κύτταρα που προσκολλούνται στο οστό και αποδομούν τον οστικό ιστό). Αρκετά φυτοχημικά έχουν συσχετιστεί με θετικές ιδιότητες στα οστά και αρθρώσεις. Αυτά τα αποτελέσματα έχουν επιτευχθεί με το συνδυασμό αρκετών φυτοχημικών Σίγουρα σημαντικός παράγοντας αποτελεί η απώλεια βάρους, η οποία βοηθά στην κινητικότητα όπως και πλήθος άλλων παραγόντων είναι επίσης υπεύθυνο για την υγεία των οστών και των αρθρώσεων(Hunter et al.2008).

Οι ισοφλαβόνες επίσης σημαντικές ουσίες των φλαβονοειδών ανήκουν στα φλαβονοειδή και ονομάζονται επίσης φυτοιστρογόνα. Η ονομασία αυτή δικαιολογείται από το γεγονός της παρόμοιας δομής που έχουν τα φυτοιστρογόνα με τη δομή των οιστρογόνων στα θηλαστικά. Αυτή τους η ομοιότητα τα καθιστά να μπορούν να γίνουν υποδοχείς οιστρογόνων στο ανθρώπινο σώμα. Καθώς δεσμεύονται με τους υποδοχείς των οιστρογόνων, μπορούμε να τα κατηγοριοποιήσουμε σε οιστρογόνα προωθητές και οιστρογόνα μη προωθητές. Οι ισοφλαβόνες είναι παρούσες σε φυτά του γένους Leguminous. Η μελέτη είχε σκοπό τη συσχέτιση των ισοφλαβόνων και της απώλειας οστικής μάζας στην μετεμμηνορριακή περίοδο στις γυναίκες. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η κατανάλωση των φρέσκων φρούτων και λαχανικών πλούσια σε φυτοιστρογόνα, έχει σαν επίδραση τη αύξηση της οστικής μάζας σε προσωρινό επίπεδο σε γυναίκες κατά την περίοδο της εμμηνόπαυσης.

Οι ισοφλαβόνες όμως δεν είναι τα μόνα φυτοχημικά της ομάδας των φλαβονοειδών που έχουν θετική επίδραση στην οστική μάζα των γυναικών σε μετεμμηνορριακό στάδιο. Αποτελέσματα σε in vivo πειράματα, δείχνουν ότι τα φλαβονοειδή, κερκετίνη και καεμφερόλη, είναι ενεργά μόρια, τα οποία μπορεί να είναι ικανά να αλληλεπιδρούν με επιβλαβείς ενέργειες που παίρνουν μέρος στα οστά κατά την έλλειψη οιστρογόνων στη περίοδο της εμμηνόπαυσης(Habauzit and Horcajada.2008).

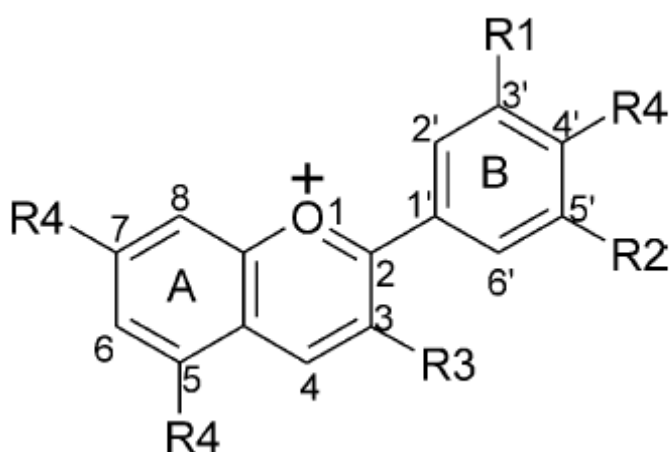
2.1.2 Ανθοκυανίνες

Οι ανθοκυανίνες είναι παρούσες σε διαφορετικά μέρη του φυτού, όπως είναι τα άνθη, οι στήμονες, τα φύλλα, και οι ρίζες. Αυτές οι χρωστικές βρίσκονται συνήθως διαλυμένες ομοιόμορφα στα χυμοτόπια των επιδερμικών κύτταρων. Είναι υπεύθυνα για

το χρώμα σε φρούτα και λαχανικά Παρόλα αυτά σε κάποια είδη, εντοπίζονται σε συγκεκριμένες περιοχές των χυμοτοπίων του κυττάρου, τους ανθοκυανοπλάστες (De Pascual and Sanchez-Ballesta 2008).

Φρούτα και λαχανικά πλούσια σε ανθοκυανίνες είναι τα είδη που ανήκουν στο γένος *Vaccinium*, όπως για παράδειγμα το μύρτιλλο, το μαύρο σμέουρο και το βατόμουρο. Πλούσια σε ανθοκυανίνες είναι επίσης το κεράσι, η μελιτζάνα, τα κόκκινα σταφύλια, το κόκκινο κρασί, το κόκκινο λάχανο, η φράουλα, το παντζάρι και πολλά άλλα φρούτα και λαχανικά.

Η χημική δομή της ομάδας εμφανίζεται στην Εικόνα 3. Ουσίες που ανήκουν στην ομάδα των ανθοκυανών είναι η κυανιδίνη, δελφινίνη, καψεσινιδίνη, πελαργονιδίνη και άλλες (De Pascual & Sanchez-Ballesta, 2008). Είναι από τις σημαντικότερες ομάδες ορατών χρωστικών ουσιών στα φυτά μετά τη χλωροφύλλη. Οι ανθοκυανίνες είναι διαλυτές στο νερό και σε οργανικούς διαλύτες. Η σταθερότητα των ανθοκυανών σε διαλύματα εξαρτάται και από διάφορους παράγοντες όπως το PH, και η θερμοκρασία. Οι ανθοκυανίνες είναι σχετικά ασταθείς και οξειδώνονται εύκολα.



Εικόνα 3: απεικόνιση του χημικού τύπου των ανθοκυανών. Στη θέση R1 και R2 βρίσκονται H₂OH ή OCH₃, η θέση R3, είναι γλυκοζίτης ή H και η R4 είναι OH είτε γλυκοζίτης (Πηγή: Kong et al., 2008).

Πρόσφατες μελέτες έχουν υπολογίσει την ημερήσια κατανάλωση ανθοκυανών αν και η διακύμανση ποικίλει σε πολλές μελέτες. Αν υπολογιστεί μόνο η κατανάλωση των ατόμων στη Φιλανδία, μπορεί να φτάσει και τα 82 mg/ημέρα. Παρόλες τις μελέτες και τα ποικίλα αποτελέσματα η κατανάλωση των ανθοκυανών θα πρέπει να βρίσκεται μεταξύ των 100 mg/ημέρα.

Οι ανθοκυανίνες απορροφούνται με γρήγορο ρυθμό από τον ανθρώπινο οργανισμό με τη μέγιστη συγκέντρωση του πλάσματος στο αίμα 1.4 και 200 nM για δόσεις των 10–720 mg ανθοκυανών. Το μέγιστο σημείο συγκέντρωσης πλάσματος, επιτυγχάνεται μεταξύ 45 λεπτών και 4 ωρών στο ανθρώπινο σώμα μετά την κατανάλωση τους. Όταν οι ανθοκυανίνες εισαχθούν μεμονωμένα στον οργανισμό και όχι μέσω τροφής, το μέγιστο σημείο συγκέντρωσης πλάσματος επιτυγχάνεται μετά από 1 ώρα. Παρόλα αυτά όταν οι ανθοκυανίνες λαμβάνονται μέσω τροφής, η απορρόφηση επιβραδύνεται κατά 1.5 ώρα ή ακόμα και 4 ώρες στην περίπτωση που η τροφή είναι πλούσια σε λιπαρά (De Pascual and Sanchez-Ballesta 2008).

Αντιθέτως σε πείραμα με τρωκτικά με την εφαρμογή ανθοκυανών σε δόση, επιτεύχθηκε γρηγορότερα και μεγαλύτερη συγκέντρωση όχι μόνο στο πλάσμα αλλά και στον εγκέφαλο. Αυτό ίσως να είναι και αποτέλεσμα καλύτερων τεχνικών ή πιο εξελιγμένων μέσων (Stevenson and Hurst 2007).

Όπως αναφέρθηκε, υπάρχει μεγάλο μέρος μελέτης στο τομέα των ανθοκυανών μέχρι τώρα. Μια από τις δυσκολίες που αντιμετωπίζει η έρευνα στις ανθοκυανίνες είναι η έλλειψη σταθερότητας της δομής τους. Αυτή η δυσκολία μπορεί να έθετε όρια στην έρευνα της βιοσύνθεσης και του μεταβολισμού των ανθοκυανών. Είναι απαραίτητο να γίνουν μελέτες γύρω από την απορρόφηση τους και την κατανομή τους στον ανθρώπινο οργανισμό. Η μακρόχρονη έκθεση ενός οργανισμού στις ανθοκυανίνες δεν είναι ακριβώς γνωστό τι επιπτώσεις θα μπορούσε να έχει. Η υπάρχουσα βιβλιογραφία στις βιολογικές ικανότητες, δίνει αρκετά στοιχεία να πιστεύουμε ότι τα φρούτα και λαχανικά πλούσια σε ανθοκυανίνες, μπορεί να έχουν κάποια προστατευτικά αποτελέσματα σε κάποιες μορφές καρκίνου και σε καρδιαγγειακές παθήσεις (De Pascual-Teresa and Sanchez-Ballesta 2008).

Στα οφέλη που προσφέρουν οι ανθοκυανίνες είναι και η προστασία που προσφέρουν ενάντια στην οξειδωση του DNA, των πρωτεϊνών, των λιπιδίων και άλλων

μακρομορίων. Έχει αναφερθεί ότι οι ανθοκυανίνες ενεργούν σε δύο επίπεδα. Κατά πρώτον έχουν μία συστηματική δράση από τη στιγμή που απορροφούνται και κυκλοφορούν στο αίμα και κατα δεύτερον την μορφή που δρα συγκεκριμένα σε ιστούς του ανθρώπινου σώματος.

Μπορούν επίσης να δράσουν τοπικά σε ιστούς όπως για παράδειγμα στην προστασία του δέρματος από την ακτινοβολία UV. Η δράση των φρούτων και λαχανικών πλούσιων σε ανθοκυανίνες και ανθοκυανιδίνη, θα μπορούσε να ερευνηθεί σε πολλά επίπεδα. Όπως είναι η πρόληψη των καρδιαγγειακών παθήσεων. Η ιδιότητα τους αυτή συγκεντρώνει μεγάλο μέρος ερευνών και από το οποίο μεγάλο μέρος έχει επιβεβαιωθεί. Οι ανθοκυανίνες είναι ικανές να δρουν σε διαφορετικά κύτταρα που εμπλέκονται στην πρόοδο της αρτηριοσκλήρωσης μίας σημαντικής αιτίας για τις καρδιαγγειακές παθήσεις. Επιπλέον οι ανθοκυανίνες έχουν επίδραση στη διανομή της χοληστερόλης στον ανθρώπινο οργανισμό, προστατεύοντας έτσι τα ενδοθηλιακά κύτταρα τα οποία αποτελούν το λεπτό στρώμα των αιμοφόρων αγγείων (Garcia-Alonso et al., 2004)

Σημαντική επίσης δράση είναι η αντικαρκινική και αντιμεταλλαξιογόνος, η αντιφλεγμονώδης και χημοανασταλτική δράση των ανθοκυανών. Έχει αποδειχθεί ότι η ανθοκυανίνη που περιέχεται σε κομμάτια ιστών από σταφύλι, είναι ικανή να επιβραδύνει ή ακόμα να σταματήσει τον πολλαπλασιασμό των HCT-15 ανθρώπινων κυττάρων τα οποία είναι υπεύθυνα για το καρκίνο του εντέρου και του γαστρικού αδενοκαρκινώματος. Γενικότερα οι μελετητές δείχνουν ότι εξαρτάται από τη δομή του δακτυλίου των ανθοκυανών από το πώς θα επιδράσουν με την ανάπτυξη των κυττάρων (Shih et al. 2005).

Οφέλη επίσης έχουν και άτομα με διαβήτη από τη κατανάλωση φρέσκων φρούτων και λαχανικών. Οι ανθοκυανίνες δρουν σε δύο επίπεδα. Στη μία περίπτωση μπορούν επηρεάσουν την απορρόφηση της γλυκόζης, ενώ στην άλλη περίπτωση ενδείκνυται να έχουν προστατευτική ιδιότητα μεταξύ των κυττάρων του πάγκρεας. Κλινική μελέτη σε ινδικά χοιρίδια, έδειξε ότι η καθημερινή κατανάλωση ανθοκυανών από κόκκινο κρασί σε συνδυασμό με διαβητογενής ενώσεις, μείωσε τη συγκέντρωση γλυκόζης στα ούρα και στον ορό του αίματος. Επιπλέον η ανθοκυανίνη από κόκκινο κρασί μείωσε την αναγέννηση ελεύθερων ριζών και μείωσε την λιπιδική υπεροξειδωση (είναι η δράση των

ελεύθερων ριζών σε κύτταρα και ιστούς). Άλλη μελέτη έδειξε την ικανότητα των ανθοκυανών να ενεργοποιούν την έκκριση ινσουλίνης από τα παγκρετικά κύτταρα τρωκτικών(Jayaprakasam et al. 2005).

Η αντιμικροβιακή και αντιβιοτική δράση των ανθοκυανών δεν έχει ερευνηθεί από πολλούς μελετητές μέχρι σήμερα. Είδη μούρων έχουν βρεθεί να έχουν δράση κατά του *Staphylococcus and Salmonella*, ενώ γενικότερα σε φαινολικές ενώσεις, *Helicobacter pylori and Bacillus cereus*. Αντιβιοτικές ιδιότητες υπάρχουν σε διαφορετικούς γλυκοζίτες της κυανιδίνης στους Α και Β ιούς και στον ιό του έρπητα. (De Pascual and Sanchez-Ballesta 2008).

Οι μελέτες αυτές συνδυασμένες με παλαιότερες δοκιμές, δηλώνουν μεγάλη συσχέτιση με την πρόληψη των καρδιοαγγειακών παθήσεων και καρκίνου, δύο από τις σημαντικότερες ασθένειες. Σε κλινική μελέτη στην Ιταλία η λήψη ανθοκυανών συνδέθηκε με τον κίνδυνο εμφράγματος του μυοκαρδίου. Καμία συγκεκριμένη συσχέτιση δεν παρατηρήθηκε με άλλα φλαβονοειδή. Το μη αλκοολούχο κόκκινο κρασί και όχι το κανονικό κόκκινο κρασί, ήταν ικανό να μειώσει την σκληρότητα και την ακαμψία των αρτηριών σε μετεμμηνοπαυστικές γυναίκες με υψηλά επίπεδα χοληστερίνης (Chanasut and Rattanapanone 2008)

Στο σπαράγγι ερευνήθηκε αν οι ανθοκυανίνες που περιέχει μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη γενετική. Μελετήθηκαν τρεις συγκεκριμένες ανθοκυανίνες. Τα αποτελέσματα του πειράματος έδειξαν ότι οι ανθοκυανίνες θα ήταν χρήσιμες στην γενετική βελτίωση του σπαραγγιού(Sakaguchi et al.2008).

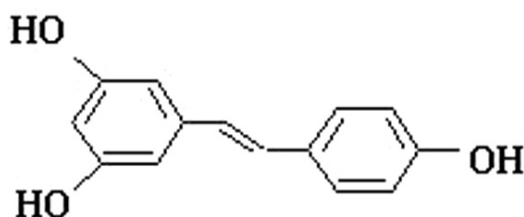
Η κυανιδίνη είναι η πλέον διαδεδομένη ανθοκυανίνη και πιστεύεται ότι παίζει σημαντικό ρόλο στην προάσπιση της ανθρώπινης υγείας. Είναι υπεύθυνη για το κόκκινο, το πορτοκαλί και το μπλε χρώμα στα φρούτα και λουλούδια. Ως φυσικό συστατικό ευρέος φάσματος φρούτων και λαχανικών εκτιμάται ότι είναι παρούσα στη δίαιτα του ανθρώπου, σε μεγάλο βαθμό (Galvano et.al., 2005).

Πολλές μελέτες των τελευταίων χρόνων έχουν επικεντρωθεί στις θετικές επιδράσεις που έχουν οι ανθοκυανίνες στην ανθρώπινη υγεία. Θα πρέπει όμως να σημειώσουμε τη διαβάθμιση που υπάρχει στα επίπεδα των ανθοκυανών σε φρούτα και λαχανικά ανάλογα με τα διαφορετικά στάδια της επεξεργασίας. Αυτές οι διαβαθμίσεις μπορούν

για παράδειγμα να επέλθουν σκόπιμα η όχι από αγρονομικής και περιβαλλοντολογικής πλευράς. Για παράδειγμα, η ρύθμιση της φωτοπεριόδου, το είδος του εδάφους , η υγρασία, είναι παράγοντες, οι οποίοι μπορούν να επηρεάσουν την συγκέντρωση των ανθοκυανών σε φρούτα και λαχανικά. (De Pascual and Sanchez-Ballesta 2008).

2.1.3 Φυτοαλεξίνες

Οι φυτοαλεξίνες είναι μια επίσης σημαντική κατηγορία των φαινολικών ενώσεων αφού έχουν ομοιότητες στη χημική δομή με την χοληστερόλη.(Paniagua-Pérez et al., 2007) Οι φυτοαλεξίνες βρίσκονται στο σταφύλι, στο αράπικο φυτόκι, στα βατόμουρα, στον αρακά. Σημαντικότερη φυτοαλεξίνη και απο τις πλέον μελετημένες είναι η ρεσβερατρόλη. Μία ουσία που βρίσκεται κυρίως στα σταφύλια. Η δομή της ρεσβερατρόλης απεικονίζεται στην εικόνα 4.



Εικόνα 4: Απεικόνιση της χημικής δομής της ρεσβερατρόλης (3,5,49-τριυδροξυστιλβενιο) Chemical structure of resveratrol (3,5,49-trihydroxystilbene in classical nomenclature)(fanelos phytoalexins resveratrol preventing properties against Πηγή: Delmas et al.2005)

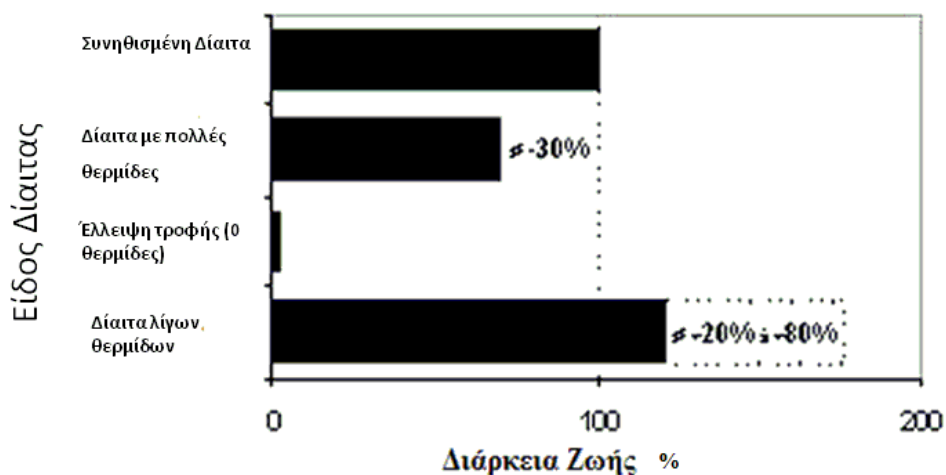
Η ρεσβερατρόλη είναι γνωστή κατα κύριο λόγο για τις θετικές ιδιότητες που διαθέτει για την πρόληψη των καρδιαγγειακών παθήσεων. Εχοντας αυτές τις ιδιότητες συνδέεται με τα μειωμένα περιστατικά καρδιαγγειακών παθήσεων στη Γαλλία απο την κατανάλωση κόκκινου κρασιού. Αυτό είναι γνωστό και σαν γαλλικό παράδοξο λόγω της αυξημένης διαίτατας των Γάλλων σε λιπαρά (Delmas et al., 2005).

Πολλές μελέτες εκτιμούν τη ρεσβερατρόλη σαν προστατευτικό παράγοντα σε ασθένειες που σχετίζονται με τη γήρανση. Η ρεσβερατρόλη κατέχει πολλές ευεργετικές ιδιότητες που δρουν σε πολλά επίπεδα, όπως το σήματα στα κύτταρα, μονοπάτια ενζύμων, στην απόπτωση και στην έκφραση γονιδίων. Για πολλές δεκαετίες πολλές έρευνες έχουν γίνει για να προσδιοριστούν τους παράγοντες για τις καρδιαγγειακές

ασθένειες, όπως γενετικοί παράγοντες, υπέρταση και ηλικία. Τα χαρακτηριστικά της ρεσβερατρόλης οφείλονται στην αντιοξειδωτική δράση τους και στη προστασία των αγγειακών τοιχωμάτων από την οξειδωση, τις φλεγμονές, τη συσσώρευση αιμοπεταλίων και το σχηματισμό θρόμβων. Η ακαμψία των αγγειακών τοιχωμάτων αυξάνεται και με την ηλικία λόγω της οξειδωσης (Delmas et al., 2005).

Ο κύριος λόγος για τις αλλοιώσεις της στεφανιαίας αρτηρίας και του οξέος εμφράγματος του μυοκαρδίου, είναι η αρτιοσκλήρωση. Συνοπτικά η αρτιοσκληρωτική διαδικασία είναι αποτέλεσμα της διαταραχής της φυσιολογικής λειτουργίας του αίματος(πλασματικές πρωτεΐνες, λιποπρωτεΐνες, ηλικιακοί παράγοντες, αιμοπετάλια) και φυσιολογικών κυτταρικών στοιχείων του τοιχώματος των αγγείων. Διαφορετικές ουσίες μπορούν να λειτουργήσουν σε διαφορετικά κυτταρικά επίπεδα και να επιβραδύνουν ή και να καταστρέψουν το σχηματισμό πλάκας, μεταξύ των ουσιών που μπορούν να παρεμποδίσουν την αρτηριοσκλήρωση είναι και η ρεσβερατρόλη, η οποία μπορεί να δράσει σε συγκεκριμένα επίπεδα της αρτιοσκληρογένεσης.(λιπιδική συσσώρευση, και μείωση χοληστερίνης και άλλα). Η δεύτερη σημαντικότερη αιτία για το σχηματισμό πλακών στις αρτηρίες είναι η χοληστερίνη, η οποία συγκεκριμένα προκαλεί την οξειδωση των εσωτερικών ενδοθυλιακών κυττάρων των φλεβών(Delmas et al.,2005).

Η γήρανση είναι μία διαδικασία που δεν μπορεί να αποφευχθεί σε όλους τους οργανισμούς. Η διάρκεια της ζωής είναι σχετική για κάθε ζωντανό οργανισμό. Μέχρι τώρα οι βιοχημικοί μηχανισμοί που σχετίζονται με τη ζωή δεν είναι απόλυτα κατανοητοί. Σημαντικός παράγοντας στην καλή ποιότητα της ζωής είναι η σωστή διατροφή και η κληρονομικότητα. Σαν παράδειγμα αναφέρουμε μία παρατήρηση κάποιων κοινωνικών ομάδων. Άνθρωποι από την Ιαπωνία ή ακόμα και οικογένειες ζουν ιδιαίτερα πολλά χρόνια. Παρόλα αυτά όταν τέτοιου είδους οικογένειες μετανάστευσαν στην Βραζιλία, παρατηρήθηκε μία σταδιακή αλλαγή στις διατροφικές τους συνήθειες, από μια διατροφή πλούσια σε ψάρι και λαχανικά, σε μία διατροφή με επιπλέον 30% υψηλότερες θερμίδες και κρέας πλούσιο σε λιπαρά. Συνεπώς η διάρκεια ζωής τους μειώθηκε. Στον πίνακα 2 υπάρχουν τα αποτελέσματα των παρατηρήσεων(Howitz et al., 2003).



Πίνακας 2 :Στον πίνακα υπάρχει η συσχέτιση που έκανε η ομάδα του Chen το 2004 για τη διάρκεια ζωής ανάλογα με τη διατροφή που ακολουθείται. Αυτές οι παρατηρήσεις ενδυνάμωσαν την ιδέα της ωφέλειας του θερμιδικού περιορισμού(Chen et al.2004).

Άλλες παθήσεις στις οποίες λαμβάνει μέρος η ρεσβερατρόλη είναι και το νευροβλάστωμα. Το νευροβλάστωμα αποτελεί έναν από τους κύριους καρκίνους της παιδικής ηλικίας. Σε αυτό το θέμα, ομάδα ερευνητών, μελέτησε τη δράση της ρεσβερατρόλης στα κύτταρα του καρκίνου. Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν, ότι μετά τη εφαρμογή της ρεσβερατρόλης σε τροφικά , αυξήθηκε ο ρυθμός απόπτωσης των καρκινικών κυττάρων. Στην κλινική έρευνα, η επιβίωση, αυξήθηκε κατά 70 %. Τα αποτελέσματα ατά δίνουν ελπίδες για δράση της ρεσβερατρόλης ενάντια στο σχηματισμό όγκων(Chen et al., 2004).

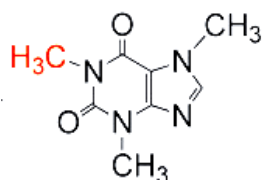
Η αντικαρκινική ιδιότητα της ρεσβερατρόλης, έχει μελετηθεί εργαστηριακά και για τον καρκίνο του στήθους. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι στις in vitro συνθήκες η ρεσβερατρόλη είχε ανασταλτική δράση για το καρκίνο του στήθους. Σε in vitro συνθήκες δεν είχαν κάποια σημαντικά αποτελέσματα και αυτό ίσως να οφείλεται σύμφωνα με τους ερευνητές στην εφαρμογή δόσεων που παλαιότερα είχαν αποτελέσματα αλλά πλέον θα πρέπει να αλλάξουν(Bove et al., 2002).

Αντικαρκινική ιδιότητα έχει και σε ένα τύπο καρκίνου του εγκεφάλου το γλοίωμα(ο καρκίνος αυτός εμφανίζεται στα νευρογλοία κύτταρα (μια κατηγορία νευρικών κυττάρων που βρίσκονται στον εγκέφαλο.)ή στην σπονδυλική στήλη.)(Tseng et al., 2004). Γενικότερη αντικαρκινική δράση και ενάντια στο σχηματισμό όγκων παραθέτουν κλινικές μελέτες πανεπιστημίου Αμερικής(Aggarwal et al., 2004).

Σε πανεπιστήμιο της Ισπανίας, μελετήθηκε επίσης η αντικαρκινική και αντιφλεγμονώδης δράση της ρεσβερατρόλης και των φαινολικών ενώσεων ενάντια στο σχηματισμό φλεγμονής του παχέος εντέρου σε τρωκτικά. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η ρεσβερατρόλη έχει χημική δράση ενάντια στην ανάπτυξη φλεγμονών και καρκίνων(Martín et al., 2004)

2.2 Αλκαλοειδή

Τα αλκαλοειδή είναι δευτερογενείς μεταβολίτες προερχόμενοι από τα νουκλεοτίδια και έχουν βρεθεί σε τουλάχιστον 100 είδη του φυτικού βασιλείου. Στα γνωστότερα αλκαλοειδή συμπεριλαμβάνονται η καφεΐνη, η θεοβρωμίνη, η θεοφυλλίνη, η σολανίνη, η καψικίνη. (Εικόνα 3).



Εικόνα 3. Δομή της καφεΐνης (Friedman, 2007).

Η οικογένεια των Solanaceae, περιέχει πολλά φρούτα και λαχανικά πλούσια σε αλκαλοειδή και γλυκοαλκαλοειδή. Τα αλκαλοειδή όπως για παράδειγμα η καψικίνη περιέχεται στην πιπεριά, την τομάτα, την πατάτα. Τα γλυκοαλκαλοειδή έχουν ευεργετικές ιδιότητες, όπως μείωση της χοληστερόλης, αντιαλλεργικές, αντιτυρετικές και αντιφλεγμονώδεις. Εφαρμογή με σολανίνη σε 32 ασθενείς είχε σαν αποτέλεσμα τη βελτίωση των αλλεργικών συμπτωμάτων σε δημητριακά (Friedman 2006).

Σε κλινικές μελέτες για την ανάπτυξη του καρκίνου του οισοφάγου, μεταξύ άλλων αποτελεσμάτων ήταν για τους κάτοικους της Ιαπωνίας και πώς η πλούσια διαίτα τους

σε φρούτα και λαχανικά μείωσε τον κίνδυνο καρκίνου του οισοφάγου (Lambert and Hainaut 2007).

Τα αλκαλοειδή παρουσιάζουν επίσης χαμηλή κυτταροτοξικότητα στα κύτταρα των όγκων. Αυτό θα μπορούσε να λύσει τη συμβατική χημειοθεραπεία καρκίνου, δρουν στην μεμβράνη των καρκινικών κυττάρων και τα κάνουν πιο δεκτικά στην εφαρμογές κατά του καρκίνου (Reddy et al.2003).

Αυτές οι ουσίες συναντώνται στο τσάι, τον καφέ, σε άλλα μη αλκοολούχα ροφήματα και στη σοκολάτα. Η καφεΐνη απομονώθηκε από τον καφέ και το τσάι το 1820 αλλά η πλήρης βιοσυνθετική και καταβολική της δράση δεν έχει γίνει ακόμα γνωστή (Gomez-Ruiz et al., 2007).

Η καφεΐνη είναι φυσικό διεγερτικό που αυξάνει την εγρήγορση και διατηρεί την αυτοσυγκέντρωση. Αυτές οι ιδιότητες την καθιστούν μια από τις ευρύτερα καταναλισκόμενες ουσίες παγκοσμίως με διακύμανση από 80 με 400 mg ανά άτομο και ημέρα. Επιπλέον χρησιμοποιείται στην φαρμακευτική ως συστατικό αναλγητικών, αντιπυρετικών και διουρητικών, φαρμάκων για την καρδιά, το νευρικό και το αναπνευστικό σύστημα. Αποτελέσματα από πρόσφατες έρευνες αποδίδουν στην καφεΐνη αντικαρκινικές ιδιότητες (Viola, 2005). Όμως η καθημερινή πρόσληψη καφεΐνης σε ποσότητες μεγαλύτερες των 150 mg έχει αρνητικές επιδράσεις στην οστική μάζα ιδιαίτερα στις γυναίκες (Dash & Gummadi, 2006).

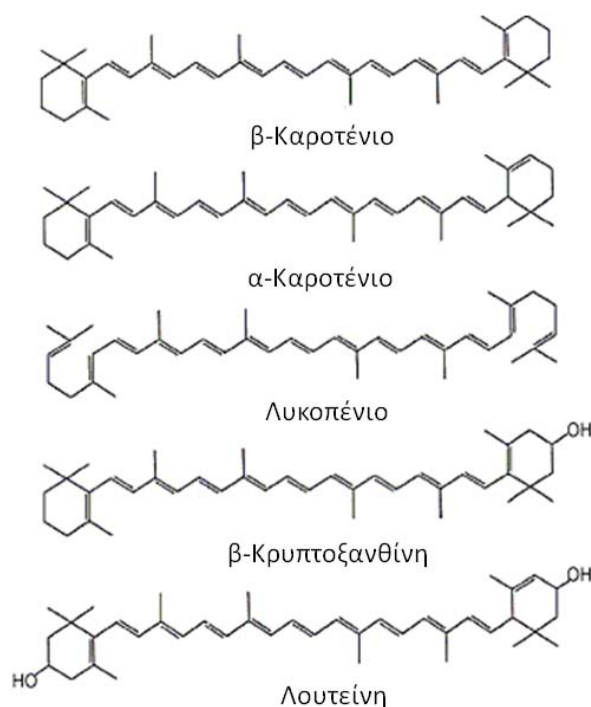
2.3 Καροτενοειδή

Τα καροτενοειδή είναι οικογένεια χρωστικών ουσιών και συνθέτονται από τα φυτά και μικροοργανισμούς. Στα φυτά συνεισφέρουν στο φωτοσυνθετικό μέρος του φυτού και το προστατεύουν από τις αρνητικές επιδράσεις της ακτινοβολίας. Τα φρούτα και τα λαχανικά αποτελούν την κύρια πηγή καροτενοειδών στην ανθρώπινη διαίτα. Είναι παρόντα σαν μικρο-συστατικά σε φρούτα και λαχανικά και αποτελούν μία από τις σημαντικότερες κατηγορίες χρωστικών, είναι υπεύθυνα για το κίτρινο, πορτοκαλί, και κόκκινο χρώμα. Τα καροτενοειδή πιστεύεται ότι είναι υπεύθυνα για τις ευεργετικές ιδιότητες των φρούτων και των λαχανικών για την πρόληψη, καρδιοαγγειακών, καρκίνου και άλλων χρόνιων παθήσεων. Τα τελευταία χρόνια τα καροτενοειδή έχουν

συγκεντρώσει μεγάλο αριθμό ερευνών. Περισσότερα από 600 καροτενοειδή έχουν ταυτοποιηθεί μέχρι σήμερα στη φύση. Παρόλα αυτά μόνο 40 από αυτά είναι παρόντα στην ανθρώπινη δίαιτα. Από τα 40 μόνο τα 20 έχουν αναγνωριστεί στο ανθρώπινο αίμα και ιστό. Σχεδόν το 90 % των καροτενοειδών αποτελείται από την καροτεΐνη, το λυκοπένιο, τη λουτεΐνη και την κρυπτοξανθίνη (Hunter et al., 2008). Εννέα από αυτά συναντώνται σε φρέσκους ή επεξεργασμένους καρπούς τομάτας με κυρίαρχο το λυκοπένιο(Rao and Rao 2007).

Τα καροτενοειδή είναι μια κατηγορία ενώσεων που ουσιαστικά αποτελούν τους προδρόμους των βιταμινών και των αντιοξειδωτικών. Στην ομάδα των καροτενοειδών ανήκουν επίσης ενώσεις όπως: β-κρυπτοξανθίνη, φουκοξανθίνη, ασταξανθίνη, καψανθίνη, ζεαξανθίνη, το α- και β-καροτένιο. Συναντώνται σε λαχανικά όπως για παράδειγμα οι τομάτες, ο μαιντανός, τα πορτοκάλια, τα ρόζ γκρέιπφρουτς, στις κόκκινες πιπεριές, στα μήλα, στα ροδάκινα, στις πατάτες, στο καρπούζι, στο σπανάκι, στο καρότο και άλλα πολλά.

Όλα τα καροτενοειδή κατέχουν, μία μακριά εναλλασσόμενη αλυσίδα διπλού δεσμού και μία συμμετρική γύρω από το κεντρικό διπλό δεσμό. Διαφορετικά καροτενοειδή μπορούν να προκληθούν από μεταλλαγές στη βασική δομή τους, εισάγοντας οξυγονούχες λειτουργίες, τους δίνονται χαρακτηριστικά όπως το χρώμα και η αντιοξειδωτική ικανότητα. Δομές κάποιων καροτενοειδών δίνονται στην εικόνα 5.



Εικόνα 5: Χημική δομή των κυριότερων καροτενοειδών, του β-καροτενίου, του α-καροτενίου, του λυκοπενίου, του λυκοπενίου, της β-κρυπτοξανθίνης και της λουτεΐνης (Rao and Rao 2007).

Παρόλο που τα καροτενοειδή είναι παρόντα σε πολλά ευρέως καταναλισκόμενα τρόφιμα, έντονα χρωματισμένα φρούτα, χυμούς και λαχανικά, απορροφώνται διαφορετικά από άλλα φυτοχημικά και από διαφορετικούς ιστούς. Δεν γνωρίζουμε πολλά για το μηχανισμό απορρόφησης των ιστών για τα καροτενοειδή. Πιστεύεται όμως ότι ο κύριος ιστός αποθήκευσης των καροτενοειδών είναι ο λιπαρός ιστός (Hunter et al., 2008).

Η απορρόφηση του λυκοπενίου από τον ανθρώπινο οργανισμό επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες όπως οι θερμοκρασίες κατά την επεξεργασία της τομάτας, το μαγείρεμα, η παρουσία λιπιδίων, λιποδιαλυτά συστατικά και άλλα καροτενοειδή. Η απορρόφηση του λυκοπενίου είναι παρόμοια με άλλων λιποδιαλυτών συστατικών και απορροφάται κατά μήκος του γαστροεντερικού συστήματος. (Rao and Rao 2007).

Τα καροτενοειδή είναι ισχυρά αντιοξειδωτικά που προστατεύουν τα κύτταρά μας από τα καταστρεπτικά αποτελέσματα των ελεύθερων ριζών και μπορεί να βελτιώσει τη λειτουργία του ανοσοποιητικού συστήματος(Catharine et al., 2001).

Τα αποτελέσματα δείχνουν τα καροτενοειδή, και ποικιλία φλαβονοειδών σε *in vitro* συνθήκες μπορούν να επιδράσουν στους οστεοβλάστες οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για σχηματισμό νέου ιστού στα οστά. Συγκεκριμένα οι κατεχίνες σε φυσιολογικές συγκεντρώσεις, ενισχύουν αλλά και παρατείνουν τη επιβίωση των κυττάρων, ενώ συνδέεται επίσης με τη μείωση κυτοκινίνων οι οποίες προωθούν την απορρόφηση του ασβεστίου στο αίμα και την απόπτωση των οστεοβλαστών(Hunter et al., 2008).

Αρκετά πειράματα *in vitro* έχουν δείξει την αντιοξειδωτική δράση των καροτενοειδών, όπως για παράδειγμα καροτεΐνη και λυκοπένιο. Όταν τα ανθρώπινα δερματικά κύτταρα εκτίθενται σε ακτίνες UVA, η καροτεΐνη έχει προστατευτική δράση στα κύτταρα. Παρόμοια σε άλλη έρευνα βρέθηκε ότι την αύξηση του οξειδωτικού στρες στον οργανισμό τρωκτικού, η καροτεΐνη προκάλεσε αύξηση της δραστηριότητας των ενζύμων της φάσης I στο συκώτι, τα νεφρά και το έντερο. Τα επιστημονικά στοιχεία βασισμένα σε εργαστηριακές και κλινικές μελέτες έχουν συνδέσει τα καροτενοειδή με την αποτελεσματικότερη άμυνα των οργανισμών κατά του καρκίνου (Ibbotson, 2002).

Στα οφέλη που αποκομούμε από τη κατανάλωση φρούτων και λαχανικών πλούσιων σε καροτενοειδή, συγκαταλέγεται και η θετική επίδραση που έχουν διάφορες παθήσεις όρασης. Για τα καροτενοειδή υπάρχει σχετική έρευνα η οποία αναφέρει τη συσχέτιση του καταρράκτη και άλλων παθήσεων της όρασης σε άτομα μεταξύ των ηλικιών 66-75 με την ποσότητα των καροτενοειδών στον οργανισμό τους (Rao and Rao 2007).

Το λυκοπένιο ένα καροτενοειδές που έχει μελετηθεί απο μεγάλο μέρος της επιστημονικής κοινότητας, αποτελεί περίπου το 80-90% της συνολικής περιεκτικότητας σε καροτενοειδή της τομάτας στο στάδιο της πλήρους ωρίμανσης. Στα προϊόντα των καρπών της τομάτας βασίζεται το 85% όλων σχεδόν των πηγών του λυκοπενίου. Επίσης συγκαταλέγεται στα αποδοτικότερα αντιοξειδωτικά της ομάδας. Το λυκοπένιο είναι μία ακόρεστη ανοιχτή ίσια αλυσίδα υδρογονανθράκων που αποτελείται από 11 εναλλασσόμενους μονούς και διπλούς δεσμούς και 2 μη εναλλασσόμενους διπλούς δεσμούς. Είναι υπεύθυνο για το κόκκινο χρώμα σε πολλά φρούτα και λαχανικά.

Σε αντίθεση με άλλα καροτενοειδή το λυκοπένιο δεν έχει την τελική ομάδα του ιονικού δακτυλίου στη δομή του και δράση σαν προβιταμίνη Α. Μελέτες έχουν δείξει ότι το λυκοπένιο είναι σταθερό κάτω από συνθήκες θερμοκρασιών και αποθήκευσης και θεωρείται το ισχυρότερο αντιοξειδωτικό.

Βασιζόμενοι σε επιδημιολογικές μελέτες υπάρχει μια θετική συσχέτιση μεταξύ υψηλότερης κατανάλωσης καροτενοειδών και μεγαλύτερης συγκεντρώσεις τους στους ιστούς με την αποφυγή χρόνιων ασθενειών. Τα καροτενοειδή και συγκεκριμένα το λυκοπένιο έχει αποδειχθεί ότι συνδέεται με τις καρδιαγγειακές παθήσεις και κάποια είδη καρκίνου. Πρόσφατες έρευνες δείχνουν ότι τα καροτενοειδή μπορούν να εισάγουν τις ιδιότητές τους μέσω άλλων μηχανισμών όπως ο έλεγχος ανάπτυξης των κυττάρων, μεταλλαγές στην έκφραση γονιδίου, ένζυμα μεταβολισμού φαρμάκων. Παρόλα αυτά τα καροτενοειδή, όπως η καροτεΐνη και η κρυπτοξανθίνη έχουν το επιπλέον πλεονέκτημα να σχετίζονται με τη βιταμίνη Α και αυτό γιατί συνδέονται με την ανάπτυξη για την πρόληψη χρόνιων ασθενειών και τον βιολογικών τους ενεργειών(Rao and Rao 2007).

Γενικότερα το 10–30% του καταναλισκόμενου λυκοπενίου, απορροφάται από τον ανθρώπινο οργανισμό και απορροφάται ισόποσα από διάφορες πηγές λυκοπενίου, όπως οι χυμοί τα φρούτα και τα λαχανικά. Το απορροφημένο λυκοπένιο διανέμεται κατά μήκος όλου του σώματος μέσω του κυκλοφορικού συστήματος. Το λυκοπένιο είναι το κυρίαρχο καροτενοειδές στο ανθρώπινο πλάσμα, με διάρκεια ζωής 2-3 μέρες. Κλινικές μελέτες στους αδένες του επινεφριδίου, του προστάτη, του συκωτιού και του στήθους, έδειξαν ότι εκεί υπάρχουν τα υψηλά επίπεδα λυκοπενίου στους ανθρώπους(Rao and Rao 2007).

Η τομάτα είναι μια από τις σημαντικότερες πηγές καροτενοειδών. Όταν το χρώμα του καρπού της τομάτας γίνεται από πορτοκαλί σε κόκκινο, η συγκέντρωση του λυκοπενίου βρίσκεται μεταξύ 32 και 43mg/kg νωπού βάρους. Για να εξελιχθεί ένα ικανοποιητικό χρώμα στο καρπό της τομάτας απαιτείται μια συνολική συγκέντρωση, πάνω από 55mg/kg νωπού βάρους. Σ' εκείνο το σημείο το λυκοπένιο είναι περίπου το 90% των συνολικών καροτενοειδών. Στο φρέσκο καρπό τομάτας το λυκοπένιο μπορεί να ποικίλει μεταξύ των τιμών 43 με 181mg/kg νωπής, ενώ οι περισσότερες τιμές των υπολοίπων κυμαίνονται στο 55 και 80mg/kg νωπού βάρους. Ο φλοιός του καρπού της τομάτας μπορεί να περιέχει μέχρι και πέντε φορές περισσότερο λυκοπένιο, από ότι η

ψίχα του καρπού της τομάτας που κυμαίνεται στο 64.6 με 107mg/kg. Αυτές οι τιμές εξαρτώνται κατά μεγάλο βαθμό από την ποικιλία της τομάτας. Το γεγονός αυτό δείχνει ότι το λυκοπένιο βρίσκεται σε μεγαλύτερη συγκέντρωση στα αδιάλυτα μέρη και στις ίνες του καρπού της τομάτας (Dumas et al. 2003).

Τα στοιχεία που υπάρχουν από επιδημιολογικές, κλινικές μελέτες, και ιστοκαλλιέργεια ανθρώπινων καρκινικών κυττάρων υποστηρίζουν τη συσχέτιση του λυκοπενίου με την πρόληψη χρόνιων παθήσεων. Από όλα τα είδη καρκίνου ο ρόλος του λυκοπενίου στην πρόληψη του καρκίνου του προστάτη είναι ο πιο μελετημένος. Το λυκοπένιο παρουσιάστηκε ως το πιο ευεργετικό συστατικό που υπάρχει στις τομάτες. Μια μελέτη που ακολούθησε 72 διαφορετικών ερευνών το 1999, έδειξε ότι η λήψη λυκοπενίου ήταν άρρηκτα συνδεδεμένη με αρκετά είδη καρκίνου, συμπεριλαμβανομένου του καρκίνου, του προστάτη, του στήθους του αυχένα, των ωοθηκών, του συκωτιού και άλλων οργάνων. Αρκετές έρευνες έδειξαν ότι η αύξηση της δόσης λυκοπενίου μειώνει αρκετά το κίνδυνο καρκίνων (Ribaya-Mercado et al., 2004).

Σε πιο πρόσφατες έρευνες, ασθενείς λάμβαναν 15 mg λυκοπενίου καθημερινά για 3 εβδομάδες πριν από τη προστεκτομή, τα αποτελέσματα έδειξαν μείωση της αύξησης του καρκίνου του προστάτη στα αρχικά στάδια. Σε παρόμοια κλινική μελέτη, με λήψη 30 mg λυκοπενίου από κατεργασμένο καρπό τομάτας για 3 εβδομάδες, είχε σαν αποτέλεσμα τη μείωση της οξειδωτικής ζημίας στο DNA. Παρόλο που οι μετρήσεις δεν είχαν μεγάλες διαφορές, πιστεύεται ότι το λυκοπένιο δεν συνδέεται μόνο με την πρόληψη του καρκίνου αλλά και στην θεραπεία του. Όσον αφορά τους τύπους άλλων καρκίνων, όπως του στήθους, των πνευμόνων, του γαστροεντερικού, του αυχενικού, των ωοθηκών και των καρκίνων του πάγκρεας, συνεχίζονται ακόμα οι μελέτες για να βρεθεί η δράση του λυκοπενίου. Ιστοκαλλιέργειες χρησιμοποιώντας ανθρώπινα καρκινικά κύτταρα, δείχνουν τη μείωση των καρκινικών κυττάρων με την παρουσία λυκοπενίου. Η λήψη μεγαλύτερων ποσοτήτων λυκοπενίου θα επιδράσει σε αύξηση των συγκεντρώσεων σε κυκλοφορικό και ιστούς. Και αυτό έχει σαν θετική επίδραση, την ικανότητα του λυκοπενίου να δρα σαν αντιοξειδωτικό και να προστατεύει τα κύτταρα από την οξειδωτική επίδραση και κατ'επέκταση τη μείωση αρκετών καρκίνων (Rissanen 2006).

Αρκετές αναφορές υπάρχουν στη μέχρι τώρα βιβλιογραφία που συνδέουν το ρόλο του λυκοπενίου με την πρόληψη των καρδιοαγγειακών παθήσεων. Το πιο μεγάλο και αξιόπιστο μέρος των αποτελεσμάτων προέρχεται από πείραμα που διεξήχθη από 662 αντικείμενα και 717 περιπτώσεις από 10 διαφορετικές ευρωπαϊκές χώρες. Στο πείραμα αυτό βρέθηκε η σχέση της συγκέντρωσης του λυκοπενίου και του εμφράγματος του μυοκαρδίου. Σχετική έρευνα συνδέει το λυκοπένιο με τη μείωση παθήσεων της στεφανιαίας νόσου. Το λυκοπένιο έχει βρεθεί επίσης ότι μειώνει αισθητά τα επίπεδα του οξειδωμένου LDL σε ανθρώπους υποκείμενα, οι οποίοι κατανάλωναν επεξεργασμένο καρπό τομάτας και άλλα προϊόντα του(Rissanen 2006).

Το οξειδωτικό στρες και τα αντιοξειδωτικά μπορούν να συνεισφέρουν στη παθογένεια του σκελετικού συστήματος, συμπεριλαμβανομένης και της οστεοπόρωσης της επικρατέστερης πάθησης των οστών. Πρόσφατες έρευνες αναφέρουν ότι τα αντιοξειδωτικά από φυσικές πηγές, όπως το λυκοπένιο στους καρπούς της τομάτας, μπορεί να δράσει με τις καταστροφικές ενέργειες του οξειδωτικού στρες. Τα ευρήματα ότι το λυκοπένιο έχει διεγερτική δράση στους οστεοβλάστες άλλα και των οστεοβλαστών. Αυτή του η ιδιότητα δηλώνει τη σχέση του λυκοπενίου στην υγεία των οστών. Κλινικές μελέτες έχουν δείξει ότι το οξειδωτικό στρες είναι συνδεδεμένο με την οστεοπόρωση και ότι τα αντιοξειδωτικά μπορούν να επιβραδύνουν αυτή τη διαδικασία. Συγκεκριμένα αντιοξειδωτικά όπως η βιταμίνη C, E και το β-καροτένιο μπορούν να μειώσουν το κίνδυνο της οστεοπόρωσης και να αντιστρέψουν τις επιπτώσεις του οξειδωτικού στρες που προκαλούνται κατά τη διάρκεια σωματικής καταπόνησης και μεταξύ καπνιστών. Σε γυναίκες με οστεοπόρωση μειώθηκαν τα επίπεδα αντιοξειδωτικών βιταμινών και ενζύμων. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα τη μείωση της αντιοξειδωτικής άμυνας του οργανισμού τους(Rao 2006)

Μια πρόσφατα δημοσιευμένη μελέτη δείχνει την άμεση σχέση μεταξύ ορού του λυκοπενίου και τη μείωση του κινδύνου οστεοπόρωσης μεταξύ γυναικών σε εμμηνόπαυση. Στους ανθρώπους που συμμετείχαν στο πείραμα, ζητήθηκε να κρατήσουν ένα αρχείο της καθημερινής τους λήψης για 7 ημέρες και δείγματα αίματος. Τα αποτελέσματα έδειξαν τον άμεσο συσχετισμό μεταξύ λυκοπενίου και ορού του λυκοπενίου με την αύξηση της άμεσης μείωσης των πρωτεϊνών της οξείδωσης.

Μια πρόσφατη έρευνα έδειξε τη δράση του λυκοπενίου σε άλλες ομάδες ασθενειών. Με καθημερινή λήψη 15 mg καθημερινά και για με διάρκεια 8 εβδομάδων μείωσε σε σημαντικό βαθμό τη συστολική πίεση του αίματος. Σε άλλη έρευνα σημαντική μείωση της υπέρτασης σημειώθηκε σε ασθενείς, σε σύγκριση με υγιείς ανθρώπους. Σε οι ασθενείς με κύρωση ήπατος, μια ασθένεια που συνδέεται με την υπέρταση, δόθηκε μία συγκεκριμένη ημερήσια ποσότητα λυκοπενίου, άλλων καροτενοειδών και βιταμινών. Αποτέλεσμα αυτής της έρευνας ήταν η μείωση των επιπέδων ουσιών που βοηθούν στη διαδικασία της ασθένειας. Η ανδρική στειρότητα είναι μία συνήθης δυσλειτουργία, η οποία συνδέεται τα τελευταία χρόνια με την οξειδωτική υποβάθμιση του σπέρματος το οποίο οδηγεί στην απώλεια ποιότητας και λειτουργικότητας. Σημαντικά υψηλά επίπεδα του οξειδωτικού στρες σημειώθηκαν στο σπέρμα μη γόνιμων ανδρών, ενώ οι γόνιμοι άνδρες δεν είχαν σημαντικά επίπεδα στο σπέρμα τους. Μεγάλος αριθμός ερευνών, συνδέει τη δράση των βιταμινών C και E και άλλων αντιοξειδωτικών, συμπεριλαμβανομένης της ταυρίνης, γλουταθείου στη ποιότητα του σπέρματος. Ερευνητές έχουν ξεκινήσει να ερευνούν το ρόλο του λυκοπενίου στη προστασία του σπέρματος από την οξειδωτική ζημία η οποία οδηγεί σε στειρότητα. Σε έρευνα, μη γόνιμοι άνδρες κατανάλωσαν σε ημερήσια βάση 8mg λυκοπενίου μετά την πάροδο 12 μηνών η συγκέντρωση του λυκοπενίου είχε αυξηθεί και υπήρχε βελτίωση στην κινητικότητα, στην μορφολογία, στην συγκέντρωση και την λειτουργικότητα του σπέρματος. Η θεραπεία του λυκοπενίου οδήγησε σε 36% επιτυχών εγκυμοσύνων. Άλλες μελέτες είναι τώρα υπό εξέλιξη και τα αποτελέσματά τους θα προωθήσουν περαιτέρω τη γνώση μας του ευεργετικού ρόλου του λυκοπενίου όσον αφορά την αρσενική στειρότητα.

Ένα πρόσφατο άρθρο διαμορφώνει τον πιθανό ρόλο του λυκοπενίου στις νευρολογικές ασθένειες συμπεριλαμβανομένης της ασθένειας του Alzheimer. Ο εγκέφαλος αντιπροσωπεύει ένα τρωτό όργανο για την οξειδωτική ζημία. Αν και ο ρόλος των αντιοξειδωτικών βιταμινών σε νευρολογικές ασθένειες που έχει ήδη αναφερθεί στη βιβλιογραφία, είναι μόνο ένα μικρό μέρος των ερευνών, υπάρχουν μελέτες οι οποίες έχουν επικεντρωθεί στο λυκοπένιο. Για το λυκοπένιο έχει αναφερθεί η ιδιότητα να κυκλοφορεί μέσω του αίματος στον εγκέφαλο και να είναι παρόν στο κεντρικό νευρικό σύστημα σε χαμηλές συγκεντρώσεις. Σημαντική μείωση των επιπέδων του λυκοπενίου

έχει αναφερθεί σε ασθενείς με την ασθένεια Parkinson. Επίσης οι συγκεντρώσεις του λυκοπενίου και της τοκοφερόλης έχουν σχέση με την μικροαγγειοπάθεια (όπου μικρά αιμοφόρα αγγεία του σώματος σπάνε από την δυσλειτουργική πάχυνση και ευθραυστότητα των αγγείων) το λυκοπένιο προτάθηκε επίσης για την προστασία ενάντια αμυοτροφική πλευρική αναταραχή σκλήρυνσης (νόσος του Alzheimer) στους ανθρώπους. Όταν ένας πληθυσμός των ηλικιωμένων ανθρώπων εξετάστηκε για τη λειτουργική τους ικανότητα συμπεριλαμβανομένης και της δυνατότητας τους να εκτελέσουν πράγματα για την προσωπική τους φροντίδα, παρατηρήθηκε ένας σημαντικός θετικός συσχετισμός μεταξύ του λυκοπενίου και λειτουργικής ικανότητας των ατόμων. Βάσει της σχέσης μεταξύ της οξειδωτικής πίεσης, των νευρολογικών ασθενειών και τις ισχυρές αντιοξειδωτικές ιδιότητες του λυκοπενίου είναι λογικό να αναμένονται περαιτέρω μελέτες να πραγματοποιηθούν στο μέλλον για να εξετάσει αυτήν την σημαντική περιοχή(Rao and Balachandran 2003).

Περιστατικά για το εμφύσημα, μίας δυσλειτουργίας των πνευμόνων, είναι σε υψηλά ποσοστά σε συγκεκριμένες χώρες του κόσμου. Μια πρόσφατη μελέτη παρουσίασε προστατευτικό ρόλο του λυκοπενίου στην πρόληψη του εμφυσήματος σε ένα πείραμα που έγινε σε τρωκτικά. Σε μια πρόσφατη διάσκεψη σχετικά με το ρόλο των επεξεργασμένων ντοματών στην ανθρώπινη υγεία, τα στοιχεία που παρουσιάστηκαν δείχνουν τον προστατευτικό ρόλο του λυκοπενίου στην πρόληψη του εμφυσήματος σε έναν ιαπωνικό πληθυσμό. Αναμφισβήτητα, μελλοντική έρευνα θα εξερευνήσει επίσης το ρόλο του λυκοπενίου και σε άλλες ανθρώπινες ασθένειες συμπεριλαμβανομένων των αναταραχών του διαβήτη, των οφθαλμολογικών και δερματικών δυσλειτουργιών, της ρευματοειδούς αρθρίτιδας, των περιοδοντικών ασθενειών και των φλεγμονωδών δυσλειτουργιών(Rao and Rao 2007).

Μελετητές ερεύνησαν την επίδραση του ηλεκτρικού πεδίου στη συγκέντρωση του λυκοπενίου και της βιταμίνης C. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι όσο μεγαλύτερο ήταν η δύναμη του ηλεκτρικού πεδίου, τόσο μειωνόταν η συγκέντρωση της βιταμίνης C και αυξανόταν η συγκέντρωση του λυκοπενίου(Odriozola-Serrano et al.2008).

Θετικές επιδράσεις έχει αναφερθεί και για το λυκοπένιο, με τη συσχέτισή του στη μείωση κυττάρων που επιδρούν στην απώλεια οστικής μάζας σε γυναίκες στη περίοδο

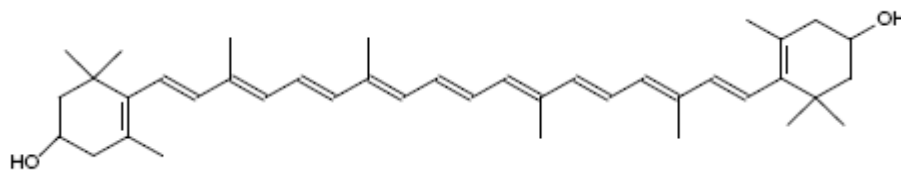
της εμμηνόπαυσης και μεγαλύτερης οστικής μάζας των οσφυϊκών σπονδύλων σε άνδρες(Hunter et al.2008)

Οι εκθέσεις για τα καθημερινά επίπεδα κατανάλωσης λυκοπενίου, ποικίλουν σημαντικά λόγω των διαφορετικών μεθόδων εκτίμησης που χρησιμοποιούνται. Γενικά κυμαίνονται από 3.7 έως 16.2 mg στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής, 25.2 mg στον Καναδά, 1.3 mg στη Γερμανία, 1.1 mg σε Ηνωμένο Βασίλειο και 0.7 mg στη Φινλανδία. Εντούτοις, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι σχεδόν ο μισός πληθυσμός στη Βόρεια Αμερική έχει υπολογιστεί ότι καταναλώνει λιγότερο από 2mg λυκοπενίου την ημέρα. Είναι εμφανές ότι τα μέσα επίπεδα κατανάλωσης του λυκοπενίου είναι χαμηλότερα από τα απαιτούμενα που χρειάζονται για να παρέχει τα ευεργετικά αποτελέσματά του. Αν και τα ευεργετικά αποτελέσματα του λυκοπενίου στην πρόληψη των ανθρώπινων ασθενειών είναι καλά τεκμηριωμένα δεν αναγνωρίζεται ακόμα ως ουσιαστική θρεπτική ουσία. Κατά συνέπεια δεν υπάρχει καμία επίσημη συνιστώμενη ημερήσια κατανάλωση που ορίζεται από τις ιατρικές υπηρεσίες, και την κυβέρνηση. Εντούτοις, βασισμένη σε μελέτες ένα καθημερινό επίπεδο κατανάλωσης των 5-7 mg σε υγιείς ανθρώπους μπορεί να είναι επαρκής για τη διατήρηση ικανοποιητικών επιπέδων του λυκοπενίου στον οργανισμό για την καταπολέμηση την οξειδωτική πίεση και την αποτροπή χρόνιων ασθενειών. Όταν τίθεται θέμα ασθένειας όπως ο καρκίνος και οι καρδιαγγειακές παθήσεις, η ημερήσια κατανάλωση λυκοπενίου κυμαίνεται σε πιο υψηλά επίπεδα λυκοπενίου από 35 ως 75 mg(Rao and Rao 2007).

Έρευνες έχουν δείξει ότι η καλύτερη απορρόφηση του λυκοπενίου γίνεται από κατανάλωση επεξεργασμένης τομάτας και από τροφές πλούσιες σε λίπη (Long et al., 2006). Το β-καροτένιο είναι πρόδρομος της βιταμίνης Α, και αποτελεί περίπου το 7% της περιεκτικότητας σε καροτινοειδών στις ντομάτες.

Στα σημαντικά καροτενοειδή ανήκει και η ζεαξανθίνη με σημαντική συμβολή στην προστασία της όρασης και στην επιβράδυνση του εκφυλισμού ατόμων με συγκεκριμένες παθήσεις της όρασης (Gale et al., 2001).

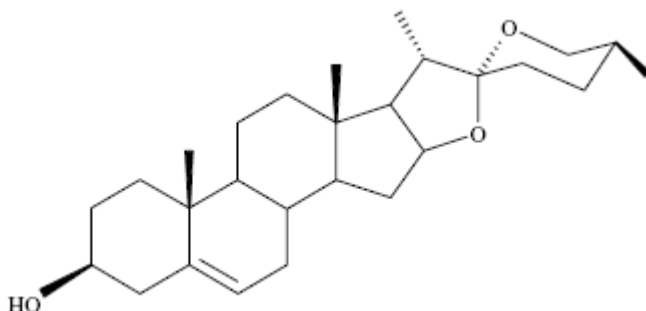
Ο χημικός τύπος της ζεαξανθίνης απεικονίζεται στην εικόνα 6.



Εικόνα 6: Χημικός τύπος της ζεαξανθίνης (Πηγή: Melendez-Martinez et al., 2008)

2.4 Σαπωνίνες

Στη δομή τους περιλαμβάνουν μια διαφορετική ομάδα ενώσεων που χαρακτηρίζεται από ένα τριτερπενιο ή α-γλυκόνη και μια ή περισσότερες αλυσίδες ζακχαρόζης όπως βλέπουμε στην εικόνα 7. Οι φυσικοχημικές και βιολογικές ιδιότητές τους, λίγες από τις οποίες είναι κοινές για όλα τα μέλη αυτής της ομάδας, χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο στα τρόφιμα, τα καλλυντικά και τους φαρμακευτικούς τομείς.



Εικόνα 7: Χημικός τύπος των σαπωνίνων. (Πηγή: Guclu & Mazza, 2007).

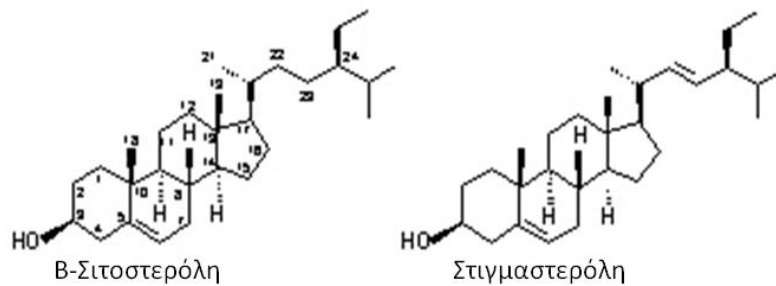
Οι σαπωνίνες είναι ευρέως διαδεδομένοι στο βασίλειο των φυτών. Η παρουσία των σαπωνίνων έχει αναφερθεί σε περισσότερες από 100 οικογένειες φυτών. Οι κυριότερες διαιτητικές πηγές για την πρόληψη των σαπωνίνων είναι τα όσπρια όπως σόγια, ρεβίθια, φασόλια, φιστίκια, φακές. Οι σαπωνίνες είναι επίσης παρόντα, στη βρώμη, στο πράσο, στο σκόρδο, στο σπαράγγι, στο τσάι, στο σπανάκι, και στο σακχαρότευτλο. Η περιεκτικότητα των φυτικών ιστών σε σαπωνίνες, επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες όπως το είδος, την ποικιλία, τις συνθήκες ανάπτυξης και τη

μετασυλλεκτική μεταχείριση. Οι σαπωνίνες στα τρόφιμα έχουν θεωρηθεί παραδοσιακά ως "αντιθρεπτικοί παράγοντες" και σε μερικές περιπτώσεις η χρήση τους έχει περιοριστεί λόγω της πικρής τους γεύσης. Αρχικά το μεγαλύτερο μέρος των επιστημονικών ερευνών στόχευε στην αφαίρεσή τους προκειμένου να διευκολυνθεί η κατανάλωση τους. Στις σαπωνίνες αποδίδονται ιδιότητες όπως η ρύθμιση της χοληστερόλης και η θωράκιση εναντίον του καρκίνου (Guclu & Mazza, 2007).

Παραδείγματα μελετών στις οποίες αναφέρονται οι ευεργετικές ιδιότητες των σαπωνίνων είναι η μελέτη του Chin και Garrison το 2008. Στη συγκεκριμένη μελέτη το σπαράγγι και η πλούσια ποικιλία φυτοχημικών που διαθέτει μεταξύ αυτών και σαπωνίνες, οι οποίοι βρίσκονται στους τρυφερούς βλαστούς των σπαραγγιών. Η πρωτοδιοσκίνη είναι σαπωνίνας ο οποίος μετά από πολλές μελέτες σε κύτταρα και τρωκτικά, έχει δείξει ότι διαθέτει δυνατές κυτοτοξικές δραστηριότητες ενάντια σε πολλά καρκινικά κύτταρα, αυξάνουν τα επίπεδα των ανδρογόνων και ενισχύουν τις σεξουαλικές δραστηριότητες. Η διοσκεδίνη από το ίδιο βιοσυνθετικό μονοπάτι των σαπωνίνων. Η διοσκεδίνη έχει φανεί ότι μειώνει τα επίπεδα χοληστερόλης, όπως επίσης ότι παρεμποδίζει την έναρξη και ανάπτυξη του καρκίνου του εντέρου. Στην αντιοξειδωτική ικανότητα του σπαραγγιού ενισχύεται και από τη ρουτεΐνη ένα φλαβονοειδές και την κερκετίνη σε αρκετή ποσότητα στο φρέσκο σπαράγγι, τα οποία επίσης συνδέονται με την παρεμπόδιση του καρκίνου του εντέρου (Chin and Garrison 2008).

2.5 Φυτοστερόλες

Ο όρος φυτοστερόλες αναφέρεται στις στανόλες και στερόλες των φυτών. Οι στερόλες των φυτών είναι συστατικά των φυτικών ελαίων και οι στανόλες είναι υδρογονωμένες στερόλες. Οι φυτοστερόλες έχουν ομοιότητες με τη δομή της χοληστερόλης στη λειτουργία όπως η σταθεροποίηση των δίπολων των φωσφολιπιδίων στις μεμβράνες, και τη δομή (Εικόνα 8). Ενώ όμως η πλευρική αλυσίδα χοληστερόλης αποτελείται από 8 άτομα άνθρακα οι περισσότερες πλευρικές αλυσίδες των φυτοστερολών, περιέχουν 9 ή 10 άτομα άνθρακα. Περισσότερες από 44 στερόλες είναι παρούσες στα φυτά (Ibbotson, 2002).



Εικόνα 8: Δομή β-σιτοστερόλης και στιγμαστερόλης. (Πηγή: Ibbotson, 2002).

Το 1912 παρουσιάστηκε μια δυσκολία στην απορρόφηση των φυτοστερολών, αυτό φάνηκε από αποτελέσματα της σιτοστερόλης, της στιγματοστερόλης, της εργοστερόλης, και της μπρασικαστερόλης, όταν δεν απορροφούνταν από τρωκτικά πειραματόζωα. Σήμερα με πιο εξελιγμένη τεχνολογία και τη χρήση ισότοπων, γνωρίζουμε ότι οι φυτοστερόλες απορροφώνται αλλά σε μικρό βαθμό και τα πραγματικά επίπεδα της απορρόφησης είναι ακόμα τομέας που ερευνάτε. Μία πρόσφατη μελέτη έδειξε σε διάφορα είδη θηλαστικών την απορρόφηση των φυτοστερολών στον οργανισμό τους. Τα αποτελέσματα κυμαίνονταν από 0% (κουνέλι) το 4% (ποντίκια), και 6% σε (ανθρώπινο όν). Κλινικές μελέτες σε ανθρώπους έδειξε ότι με καθημερινή κατανάλωση 240 mg με 320mg σιτοστερόλης η απορρόφηση κυμαίνεται στο 1.5% με 5%. Σε πιο πρόσφατη κλινική μελέτη, η κατανάλωση δευτερευόντων φυτοστερολών είχε σαν αποτέλεσμα την απορρόφηση σιτοστερόλης και καμπεστερόλης σε επίπεδα των 0.512% με 0.038% και 1.89% με 0.27% αντίστοιχα(Kritchevsky and. Chen 2005).

Η β-σιτοστερόλη (BS) είναι μια ένωση που έχει παρουσιάσει δραστηριότητες χρήσιμες για την ανθρώπινη υγεία. Σε μελέτη, ερευνήθηκε η ιδιότητα της στην καταστολή δημιουργίας καρκινικών κυττάρων σε τρωκτικά, καθώς επίσης και την ικανότητα της στη δέσμευση ελευθέρων ριζών. Τα αποτελέσματα της μελέτης καθιέρωσαν τρεις σχετικές βιολογικές δραστηριότητες των BS που παρουσιάζουν δυνατότητά τους ως αντικαρκινικοί παράγοντες (Kritchevsky and. Chen 2005).

Οι φυτοστερόλες έχουν δείξει πολλές θετικές επιδράσεις στον ανθρώπινο οργανισμό. Παραδείγματα αυτού είναι οι αντιφλεγμονώδεις και οι αντιπυρετικές ιδιότητες.

Επιπλέον επιδημιολογικές έρευνες σε ασθενείς που είχαν υπερπλασία του προστάτη και ήταν κάτω από την θεραπεία των Βήτα σιτοστερολών, αποκάλυψαν βελτίωση σε διάφορα συμπτώματα. Ακόμα σχέση έχει αναφερθεί στη μείωση των καρκινογόνων ουσιών που προκαλούν το καρκίνο του παχέος εντέρου σε τρωκτικά. Μία ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα παρατήρηση είναι η επίδραση ανασταλτικών παραγόντων των Βήτα σιτοστερολών στα κακοήθη κύτταρα παρά τα κανονικά κύτταρα. Αυτό παρατηρήθηκε σε ανθρώπους και στα καρκινικά κύτταρα του παχέος εντέρου. Επίσης, δεδομένα υπάρχουν για τη δράση της στερόλης στο ότι μπορεί να ενεργήσει στα διάφορα βήματα της καρκινογόνου διαδικασίας, όπως η έναρξη όγκων, η προώθηση, η διαφοροποίηση κυττάρων, και η μετάσταση. διάφοροι μηχανισμοί έχουν προταθεί για να εξηγήσουν την αντικαρκινική. Έχουν αναφερθεί άλλες πιθανές εξηγήσεις για μια τέτοια επίδραση, όπως είναι η αλλαγή του κύκλου των καρκινικών κυττάρων, μείωση στη δραστηριότητα των ενζύμων που περιλαμβάνονται στο μεταβολισμό τεστοστερόνης, και την υποκίνηση του ανοσοποιητικού συστήματος στα άτομα που έχουν προσβληθεί από τον καρκίνο (Paniagua-Pérez et al., 2007)

Αρχικά οι φυτοστερόλες χρησιμοποιούνταν στη φαρμακολογία, αλλά με την αναγνώρισή τους ως μέρος της ανθρώπινης διαίτας, προέκυψε η ιδέα της εισαγωγής τους στα προϊόντα τροφίμων. Στην αρχή οι φυτοστερόλες εισάχθηκαν στην μαργαρίνη, αλλά με τις νέες μεθόδους έχουν εισαχθεί σε χυμούς, φρούτα, παγωτά, και άλλα. Μελέτες είχαν δείξει την παρουσία των φυτοστερολών και συγκεκριμένα της σιτοστερόλης στο καλαμπόκι. Τα προϊόντα του καλαμποκιού όπως είναι το καλαμποκέλαιο είχε ιδιότητες όπως η μείωση της χοληστερίνης και αυτή είναι και μία από τις διαφορές του με το ελαιόλαδο.

Η έρευνα των φυτοστερολών όσον αφορά στη μείωση της χοληστερίνης, μελετήθηκε ιδιαίτερα μετά το 1960. Οι μελετητές σε μια προσπάθεια τους να το κάνουν πιο εύκολα προσβάσιμο στους ανθρώπους εισήγαγαν τις φυτοστερόλες στο βούτυρο ενώ υπήρξε κλινική μελέτη με την διαίτα σε ασθενείς με βούτυρο και προϊόντα σόγιας. Έχοντας μία ημερήσια κατανάλωση των 5-7 g. Οι παρατηρήσεις έδειξαν μείωση 11% της χοληστερόλης στο πλάσμα του αίματος. Η κατανάλωση τέτοιων προϊόντων αλλά και φρέσκων φρούτων και λαχανικών πλούσια σε φυτοστερόλες έχουν τα ίδια αποτελέσματα στον ανθρώπινο οργανισμό.

Σε μελέτη, τα αποτελέσματα έδειξαν τη πιθανότητα οι φυτοστερόλες να επιδρούν στη κυκλοφορία των καρωτενοειδών στο αίμα. Τα καρωτενοειδή είναι λιποδιαλυτά και κυκλοφορούν με την LDL(λιποπρωτείνη που μεταφέρει τη χοληστερόλη και τα τριγλυκερίδια από το συκώτι στους περιφερειακούς ιστούς) και οτιδήποτε μειώσει το δεύτερο θα μειώσει και το πρώτο. Πρόσφατη μελέτη έδειξε ότι οι φυτοστερόλες και οι στανόλες μείωσαν και τα επίπεδα πλάσματος των βήτα-καροτινών και α-τοκοφερόλης, επίσης διαπιστώθηκε ότι η φυτοστερόλη με την παρουσία της στη μαργαρίνη χαμήλωσε τα λιπίδια στο πλάσμα του ανθρώπινου οργανισμού. Οι άνθρωποι που συμμετείχαν στη κλινική μελέτη δεν είχαν επιπτώσεις στα επίπεδα καρωτενοειδών ή λιποδιαλυτών βιταμινών. Άλλοι ομάδα ερευνητών επιβεβαίωσε την προηγούμενη κλινική μελέτη για τα αποτελέσματά της άλλοι ερευνητές βρήκαν στα πειράματά τους μία μείωση 15% των καρωτενοειδών του πλάσματος ή στους ορούς των υποκειμένων με λήψη στερολών και στανολών. Συνεχίζοντας την έρευνα σε αυτό τον τομέα, υπήρξαν και άλλα αποτελέσματα τα οποία δείχνουν ότι τα επίπεδα των καρωτενοειδών, μπορούν να διατηρηθούν αν γίνεται ημερήσια κατανάλωση 5 συνιστώμενων μερίδων φρούτων και λαχανικών σε ανθρώπους που καταναλώνουν φυτοστερόλες.

Υπάρχουν εκατοντάδες δημοσιευμένων κλινικών μελετών για τη μείωση χοληστερόλης από τη διατροφή με φυτοστερόλες ή φάρμακα. Πολύ λίγοι έχουν παρουσιάσει στοιχεία όσον αφορά τη συγκέντρωση των καρωτενοειδών και πώς αυτή επηρεάζεται από τα επίπεδα των φυτοστερολών, αν υπήρχαν όμως ανησυχητικά φαινόμενα θα είχαν αναφερθεί. Σε κλινική μελέτη 1906 ασυμπτωματικών ατόμων, έγινε εφαρμογή χολεστηραμίνης για μέσο όρο 7.4 χρόνια. Στα αποτελέσματα βρέθηκε μείωση των επιπέδων χοληστερόλης στο πλάσμα τους 14.9% μετά από 1 έτος και κατά 8.4% μετά από 7 έτη. Παράλληλα τα επίπεδα καρωτενοειδούς ορού υπήρξαν πεσμένα κατά 25.5% μετά από 1 έτος και κατά 11.4% μετά από 7 έτη. Καμία αλλαγή στον ορό των καρωτενοειδών δε παρατηρήθηκε στα 1906 άτομα. Τα στοιχεία σχετικά με τα καρωτενοειδή δημοσιεύθηκαν χωρίς σχόλια από τους ανακριτές ή το γενικό επιστημονικό κοινό. Συνοψίζοντας τα στοιχεία, μελετητές έδειξαν ότι οι μειώσεις των επιπέδων α-τοκοφερόλης και βήτα-καροτινών στο πλάσμα είναι της τάξεως 10% με 25%, το οποίο επηρεάζεται και με τις εποχιακές αλλαγές(Kritchevsky and. Chen 2005).

Οι φυτοστερόλες, συνδέονται και με τις πάθησης τις στεφανιαίας αρτηρίας. Την δεκαετία του 90 ερευνητές μελέτησαν τα επίπεδα φυτοστερολών στους ορούς ανθρώπων με προβλήματα χοληστερίνης, και διαπίστωσαν ότι τα επίπεδα φυτοστερολών συσχετίζονταν σημαντικά με τα επίπεδα του ορού της χοληστερόλης. Τα υψηλά επίπεδα του ορού καμπεστερόλης ή στιγματοστερόλης συσχετίστηκαν με το ιστορικό της καρδιαγγειακής πάθησης. Πρότειναν επίσης τον όρο υπερφυτοστερολέμια να είναι ένας δείκτης για την υπεραπορρόφηση των στερολών. Επόμενη κλινική μελέτη έδειξε ότι μια διατροφή χαμηλή σε κατανάλωση συνολικού λίπους και χοληστερόλης, οι φυτοστερόλες θα μπορούσαν να χαμηλώσουν τη συνολική χοληστερόλη κατά 10% και τα επίπεδα καμπεστερόλης, στιγματοστερόλης, και χοληστερόλης κατά 58%, 97%, και 69%, αντίστοιχα. Πρέπει να σημειωθεί ότι δεν υπάρχει καμία προτεινόμενη τιμή για τον ορό των φυτοστερολών, χωριστά ή ως ομάδα. Ομάδα ερευνητών ανέφεραν ότι τα επίπεδα απορρόφησης χοληστερόλης, καμπεστερόλης και β-σιτοστερόλης είναι 31.2%, 9.6%, και 4.2%, αντίστοιχα. Η καμπεστερόλη είναι πιο εύκολα απορροφήσιμη απ'ότι η σιτοστερόλη ενδεχομένως επειδή έχει ένας λιγότερο άτομο άνθρακα. Κατά συνέπεια, η κατανάλωση φυτοστερολών θα οδηγούσε σε μια μεγαλύτερη αύξηση στον ορό καμπεστερόλης απ'ότι σιτοστερόλης. Σε μελέτη, οι αναλογίες καμπεστερόλης και σιτοστερόλης σε ανθρώπους που έλαβαν μέρος στην μελέτη ήταν 0.68 στα θέματα ελέγχου και 0.95. Όταν 7 άτομα με υπολιπιδικά επίπεδα ακολούθησαν δίαιτα χαμηλής περιεκτικότητας σε λιπαρά και διατροφή χαμηλή σε στερόλες, η αναλογία καμπεστερόλης και σιτοστερόλης ανήλθε από 1.02 έως 1.38. Συνεχίζοντας τις μελέτες των φυτοστερολών αναφέρουμε κλινική μελέτη με πείραμα σε 185 υγιή άτομα για 1 χρόνο. Τα άτομα αυτά ακολούθησαν δίαιτα πλούσια σε φυτοστερόλες (1.6 g/d). Τα αποτελέσματα που πήραν ήταν ότι η αναλογία της καμπεστερόλης και β-σιτοστερόλης στον εργαστηριακό έλεγχο ήταν 1.48 ενώ στην ομάδα των ατόμων 2.15. Κατά τη διάρκεια του έτους, τα επίπεδα του ορού της καμπεστερόλης αυξήθηκαν κατά 48% και τα επίπεδα β-σιτοστερόλης κατά 33%. Σε άλλη έρευνα μελετητές εξέθεσαν μια σχέση μεταξύ των επιπέδων στερολών και μη στερολών με τη στεφανιαία νόσο στις μετεμνηνοπαυστικές γυναίκες (Kritchevsky and. Chen 2005).

Οι φυτοστερόλες έχουν χρησιμοποιηθεί ως παράγοντες που βοηθούν στη μείωση της χοληστερόλης στο αίμα. για τον τελευταίο μισό αιώνα. Έχουν αποδειχθεί ότι είναι

αποτελεσματικές. Οι στανόλες και οι στερόλες εμποδίζουν με κάποιο τρόπο την αύξηση της χοληστερίνης και εξυπηρετούν την απέκκριση της από τον ανθρώπινο οργανισμό. Ο εμπλουτισμός των τροφών με φυτικά συστατικά που περιέχουν στερόλες, είναι μία από τις πρόσφατες κατευθύνσεις στη σύσταση του διαιτολογίου που συμβάλλει στη μείωση της χοληστερίνης (Ibbotson, 2002).

Συνοψίζοντας στον τομέα των φυτοστερολών, ερευνητές από τη δεκαετία του 80, οι ερευνητές έχουν συμπεράνει, ότι η κατανάλωση φυτοστερολών, έχει θετικές επιδράσεις στην μείωση της χοληστερίνης. Εφόσον καταναλώνεται σε χαμηλές δόσεις είναι ασφαλής και αποτελεσματική. Παρόλαυτα η χρήση της σε μεγάλη κλίμακα μπορεί να έχει αρνητικές επιδράσεις στην απορρόφηση της χοληστερίνης και στην σχέση της με καρδιαγγειακά νοσήματα. Μελέτες παρουσίασαν την αποτελεσματικότητα σε πειράματα και καμία τοξικότητα δεν παρουσιάστηκε από την κατανάλωση καθημερινών φυτοστερολών ενός ευρέος φάσματος, που λήφθηκαν από ποικίλες πηγές. Προς το παρόν, οι δόσεις των φυτοστερολών αναλύονται και ελέγχονται. Η ασφάλεια των φυτοστερολών έχει επιβεβαιωθεί από τους κυβερνητικούς οργανισμούς όπως η διοίκηση αμερικανικών τροφίμων και φαρμάκων και η επιστημονική Επιτροπή της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Οι οργανισμοί αυτοί επιβεβαιώνουν τα οφέλη υγείας και την ασφάλεια των φυτοστερολών (Kritchevsky and. Chen 2005).

3. Επίδραση καλλιεργητικών τεχνικών στη συγκέντρωση των φυτοχημικών

Σύγχρονες έρευνες έχουν δείξει ότι η συγκέντρωση των φυτοχημικών σε φρέσκα φρούτα και λαχανικά σχετίζεται όχι μόνο με το σύστημα άσκησης της Γεωργίας (βιολογική, ολοκληρωμένη, συμβατική) και την ποικιλία αλλά και με τις συνθήκες ανάπτυξης των φυτών (π.χ. θερμοκρασία, φωτισμός, συνθήκες ανάπτυξης), τις καλλιεργητικές τεχνικές (π.χ. λίπανση, συστήματα καλλιέργειας) τους εδαφικούς παράγοντες (π.χ. αλατότητα, κομπόστες, λίπανση), το στάδιο συγκομιδής (το καταναλισκόμενο μέρος, το μέγεθος του καρπού) και τους μετασυλλεκτικούς χειρισμούς των παραγωγών αλλά και των καταναλωτών.

Έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί για την συγκέντρωση των ανθοκυανών σε φρέσκα φρούτα και λαχανικά, έχουν δείξει τη συσχέτιση που υπάρχει μεταξύ των

καλλιεργητικών τεχνικών, περιβαλλοντολογικών συνθηκών και του μετασυλλεκτικού χειρισμού για την αύξηση τους.. Είναι ευκαιρία με την σημερινή ανάπτυξη των καλλιεργητικών τεχνικών να μπορέσουμε να αυξήσουμε τα επίπεδα όχι μόνο των ανθοκυανών αλλά και άλλων φυτοχημικών(Chassy et al.2006). Η επιλογή της σωστής ποικιλίας με την υψηλότερη περιεκτικότητα σε φυτοχημικά είναι σημαντικός παράγοντας (Van der Sluis et al.,2001).

Οι συνθήκες περιβάλλοντος (θερμοκρασία, φωτισμός, ακτινοβολία) κατά τη διάρκεια ανάπτυξης των καλλιεργειών φαίνεται να επηρεάζει επίσης τη συγκέντρωση των φυτοχημικών.

Σχετικά πειράματα που αφορούσαν στην επίδραση των συνθηκών περιβάλλοντος στη συγκέντρωση των φυτοχημικών σε τρεις ποικιλίες τομάτας σε θερμοκηπιακή καλλιέργεια έδειξαν ότι το σύνολο των φαινολικών ενώσεων και η αντιοξειδωτική δραστηριότητα στους καρπούς ήταν υψηλότερη στις φυτεύσεις του χειμώνα (Δεκέμβριος – Φεβρουάριος) έναντι των φυτεύσεων του φθινοπώρου (Σεπτέμβριος –Νοέμβριος) ενώ η μέση περιεκτικότητα σε λυκοπένιο ήταν κατά 31% χαμηλότερη στις συγκομιδές που έγιναν τους θερμότερους μήνες της μελέτης (Toor et al 2006b).

Η σύνθεση του λυκοπενίου στους καρπούς της τομάτας έχει αποδειχθεί σύμφωνα με μελέτες ότι εξαρτάται από την θερμοκρασία. Μελέτη αναφέρει ότι οι ιδανικές θερμοκρασίες για τη σύνθεση του λυκοπενίου είναι μεταξύ 12 και 21⁰C. Οι ιδανικές θερμοκρασίες όμως δεν δρουν μόνες τους, σημαντικό ρόλο παίζει ο γονότυπος σε αλληλεπίδραση με το περιβάλλον και τις αγρονομικές τεχνικές. Σε πρόσφατη επίσης μελέτη αναφέρεται ότι παρατηρήθηκε αύξηση του λυκοπενίου κατά το στάδιο ωρίμανσης στους 15 με 20,3 ⁰C, το φθινόπωρο, ενώ την άνοιξη από 18 με 22⁰C(Dorais et al.,2007).

Η αύξηση της θερμοκρασίας δεν έχει πάντα ως αποτέλεσμα την αύξηση των φυτοχημικών. Στην περίπτωση της τεχνητής αφυδάτωσης καρπών τομάτας διαπιστώθηκε η μείωση των φλαβονοειδών όπως και η μείωση του λυκοπενίου απ' ότι στις φρέσκες τομάτες (Toor & Savage 2006b).

Σημαντικός επίσης παράγοντας είναι και οι αρδύσεις για την αύξηση της συγκέντρωση των φυτοχημικών.

Σε πείραμα για τη σημασία της άρδευσης και κατά πόσο επηρεάζει τη συγκέντρωση λυκοπενίου και καροτενοειδών, έγιναν 4 εφαρμογές άρδευσης σε τρεις ποικιλίες τομάτας. Στα αποτελέσματα βρέθηκε μείωση της συγκέντρωσης του λυκοπενίου σε αντίδραση στην αυξανόμενη άρδευση ενώ στους πλήρως ωριμασμένους καρπούς τομάτας, η συγκέντρωση του λυκοπενίου και των καροτενοειδών αυξήθηκε κατά τη μείωση της άρδευσης. Τα αποτελέσματα αυτά θα πρέπει να ερευνηθούν περαιτέρω σε συνδυασμό με τις περιβαλλοντολογικές συνθήκες (Dumas et al., 2003).

Σε μελέτη ερευνήθηκε η σχέση της γραμμικής άρδευσης με τη συγκέντρωση φαινολικών ενώσεων καθώς και φυτοοιστρογόνων στην καλλιέργεια ελιάς. Οι φαινολικές ενώσεις είναι παρούσες στο παρθένο ελαιόλαδο. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι φαινολικές ενώσεις μειώνονται καθώς η άρδευση αυξάνεται. Ενώ τα φυτοοιστρογόνα είχαν μειωθεί στις λιγότερο αρδευόμενες ελιές (Tovar et al., 2001).

Σε μελέτη που αφορά την άρδευση, σύγκριναν τη συγκέντρωση του ασκορβικού οξέος σε καρπούς τομάτας αρδευόμενες σε θερμοκήπιο και καρπούς τομάτας αρδευόμενες στην ύπαιθρο. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι καρποί τομάτας του θερμοκηπίου είχαν 66% υψηλότερα ποσοστά ασκορβικού οξέος από ότι της υπαίθρου (Mahajan and Singh 2006).

Πείραμα από ερευνητές της Ισπανίας, δείχνει τη σημασία της άρδευσης και του φορτίου της καλλιέργειας ροδακινιάς με την συγκέντρωση των φυτοχημικών. Παρατηρήθηκε ότι η εφαρμογή μειωμένης άρδευσης σε καλλιέργεια ροδακινιάς προκαλεί στρες στο φλοιό του καρπού με αποτέλεσμα να χαμηλώνουν τα επίπεδα της βιταμίνης C και των καροτενοειδών, ενώ παράλληλα έχουμε αύξηση των φαινολικών ενώσεων κυρίως των ανθοκυανών. Η μείωση της βιταμίνης C και των καροτενοειδών μπορεί να οφείλεται στην άμεσου ηλιακό φώς. Η αύξηση των ανθοκυανών μπορεί να είναι αποτέλεσμα των προστατευτικών μηχανισμών ενάντια στην ακτινοβολία UV για την αποφυγή του φωτοοξειδωτικού τραυματισμού στους ιστούς. Μικρή αύξηση των αντιοξειδωτικών παρατηρήθηκε στην καλλιέργεια με το μεγαλύτερο φορτίο (Buendía et al. 2008).

Τα επίπεδα του νερού και η ποιότητά του είναι βασικοί παράγοντες σε ποικιλία καλλιεργειών. Ομάδα ερευνητών έχει δείξει ότι η συγκέντρωση του β-καροτένιου αυξανόταν όσο μειωνόταν η ποιότητα του νερού, πιθανόν αυτό συνέβαινε λόγω της

μείωσης του υδατικού περιεχομένου του φυτού. Σε άλλο πείραμα βρέθηκε σημαντική αύξηση της ποιότητας των φρούτων και της συγκέντρωσης του λυκοπενίου με εφαρμογή στα φυτά με ελαφρά αυξημένης αλατότητας νερού. Από το πείραμα αυτό έγινε η υπόθεση της ενεργοποίησης του βιοσυνθετικού μονοπατιού, και των ενζύμων που ενεργοποιούν το λυκοπένιο. Επιπλέον σε πείραμα με εφαρμογή μεγάλης ποσότητας άρδευσης. Τα αποτελέσματα έδειξαν μείωση του λυκοπενίου. Παρόλα αυτά σε κόκκινες και ροζ τομάτες Chery αυξήθηκε το συνολικό καροτένιο σε ώριμους καρπούς, ενώ το λυκοπένιο αυξήθηκε σαν αντίδραση στην έλλειψη νερού. Στις κόκκινες και ροζ καρπούς τομάτας κανονικού μεγέθους, η έλλειψη νερού οδήγησε στα ίδια αποτελέσματα αλλά δεν είχε καμία επίδραση στο β-καροτένιο και στις ξανθοφύλλες. Για τα παραπάνω ευρήματα θα μπορούσαμε να συμπεράνουμε, ότι η μειωμένη άρδευση μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση των φυτοχημικών. Αυτή η υπόθεση ενισχύεται και από άλλα πειράματα που έχουν δείξει μέχρι τώρα την ευαισθησία των αντιοξειδωτικών ουσιών στην ποσότητα του νερού στο χώμα και την αύξησή τους από τα φυτά όταν καταπονούνται κατά αυτό το τρόπο. Στο μπρόκολο, η μειωμένη άρδευση προκάλεσε την αύξηση των γλυκοσινολατς στο διπλάσιο. Αύξηση φαινολικών ενώσεων και ανθοκυανών προκάλεσε επίσης και στο σταφύλι. Η μείωση των αρδεύσεων στο σωστό επίπεδο είναι ένα καινούργιο εργαλείο για τη διαχείριση της ανάπτυξης, της βελτίωσης της ποιότητας των φρούτων και τη διατήρηση των αποδόσεων. Μία από αυτές της μεθόδους ονομάζεται RDI(Regulated Deficit Irrigation). Η μέθοδος αυτή αναφέρεται στη μετακίνηση η μείωση της άρδευσης για συγκεκριμένες περιόδους του βιολογικού κύκλου, όπως για παράδειγμα η εποχή διαφοροποίησης των σταφυλιών με σκοπό την καλύτερη μετακίνηση των ανθοκυανών παρόλο που σημειώνεται μία μείωση της ανάπτυξης. Βασισμένη σε αυτό το γεγονός αναπτύχθηκε και μία τεχνική που ονομάζεται μερική ξήρανση της ριζικής ζώνης(partial root-zone drying (PRD)). Η μέθοδος αυτή έχει μελετηθεί από πολλούς ερευνητές. Σ' αυτή τη τεχνική η άρδευση είναι σχεδιασμένη να διατηρεί ένα μέρος του ριζικού συστήματος χωρίς νερό, ενώ ένα άλλο μέρος του ριζικού καλά αρδευόμενο. Αυτός ο μηχανισμός φαίνεται ότι λειτουργεί με σήματα που στέλνονται από το ένα μέρος του ριζικού μέσω του ξυλώδους ενεργοποιώντας όλο το φυτό να κάνει αποδοτική διαχείριση του νερού. Σε πρόσφατο πείραμα στην ελιά και την άρδυσή της, παρατηρήθηκε ότι με μικρές δόσεις νερού

καθόλη τη διάρκεια του χρόνου, μείωσε τις φαινολικές ενώσεις στους καρπούς της ελιάς, δηλώνοντας τη σημασία της άρδευσης κατά τη διάρκεια των εποχών. Επίσης τα δέντρα που ποτιζόταν από τη βροχή και άλλες μορφές φυσικής άρδευσης είχαν αισθητή μείωση κατά τη διάρκεια του έτους (Gil- Izquierdo et al., 2004).

Μελέτες αναφέρουν και την επίδραση της ακτινοβολίας ως εργαλείο για την αύξηση των φυτοχημικών. Η συγκεκριμένη μελέτη αναφέρει ότι έχει σημασία το ηλιακό φως που δέχονται οι καρποί τομάτας κατά την περίοδο ωρίμανσης αλλά και τη θερμοκρασία. Καρποί τομάτας που εκτίθενται σε άμεσο ηλιακό φως στην ύπαιθρο, συχνά αναπτύσσουν φτωχό χρωματισμό, γιατί οι καρποί που εκτίθενται σε υψηλές θερμοκρασίες έχουν χαμηλές περιεκτικότητες λυκοπενίου. Ο ρυθμός σύνθεσης του λυκοπενίου στους 32 C⁰ παρεμποδίστηκε τελείως, ενώ στους 26 C⁰ και θερμοκρασίες 30 C⁰ υπήρξε δραστική μείωση του λυκοπενίου αλλά όχι και του β-καροτένιου.

Σε ιδανικές θερμοκρασίες οι ρυθμοί της βιοσύνθεσης του λυκοπενίου και του καροτένιου μπορούν να αυξηθούν με το φωτισμό των φυτών της τομάτας κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης του καρπού. Οι καρποί που εκτίθενται σε άμεσο ηλιακό φως έχουν μεγαλύτερες συγκεντρώσεις από ότι οι καρποί που σκιάζονται. Συγκρίθηκαν τα επίπεδα καροτένιου σε καλλιέργεια θερμοκηπίου, πλαστικών τούνελ και στην ύπαιθρο. Οι καρποί που αναπτύχθηκαν σε θερμοκήπιο ή πλαστικά τούνελ είχαν χαμηλότερες συγκεντρώσεις β-καροτένιου από ότι στην ύπαιθρο. Η συγκέντρωση του λυκοπενίου αυξήθηκε κατά σειρά προτεραιότητας στο θερμοκήπιο, στο πλαστικό τούνελ και στην ύπαιθρο. Το επίπεδο του φωτός που περνάει από το θερμοκήπιο ή το πλαστικό τούνελ, μπορεί να επηρεάσει την συγκέντρωση λυκοπενίου, ενώ αλληλεπιδράσεις μπορεί να έχουν και οι υψηλές θερμοκρασίες που αναπτύσσονται κάτω από τις προστατευμένες συνθήκες ανάπτυξης. Το φαινόμενο του ανομοιόμορφου χρωματισμού στους ώμους του καρπού οι στις πλευρές του, ήταν συχνότερο σε καρπούς που ήταν εκτεθειμένοι στον ήλιο παρά στους καρπούς κάτω από τη σκιά του φυλλώματος ενώ φαίνεται να επηρεαζόταν από την υπέρυθη και μικρού μήκους ακτινοβολία. Το κόκκινο φως και η ένταση του έχει θετική επίδραση στη σύνθεση των καροτενοειδών και αυτό το φαινόμενο δεν εξαρτάται από τη θερμοκρασία. Πρόσφατα έγινε γνωστό ότι η εφαρμογή σύντομου κόκκινου φωτισμού σε συλλεγμένους πράσινους καρπούς ενίσχυσε το σχηματισμό λυκοπενίου 2 με 3 φορές παραπάνω κατά την ανάπτυξη των καρπών, σε

σύγκριση με την εφαρμογή σκότους σε άλλους καρπούς. Το φως προερχόταν από εντοπισμένα στο καρπό φυτοχρώματα (χρωστικές, αποδέκτες των υπέρυθρων ακτινοβολιών) και ήταν ανεξάρτητο με την παραγωγή αιθυλενίου. Η διαδικασία της συσσώρευσης του λυκοπενίου παρεμποδίστηκε από την άμεση ακτινοβολία. Το λυκοπένιο είναι από τα πιο ευαίσθητα καροτενοειδή όσον αφορά την έκθεσή του σε άμεση ηλιακή ακτινοβολία. (Dumas et al.2003).

Ο καρπός της τομάτας περιέχει το πιο διαδεδομένο καροτενοειδές, το λυκοπένιο, το γεγονός αυτό το καθιστά ένα από τα πιο μελετημένα φυτοχημικά. Μελετητές, έκαναν πείραμα για την επίδραση, της θερμοκρασίας, της ακτινοβολίας, του σταδίου ωρίμανσης στην ποιότητα του καρπού της τομάτας. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι η αύξηση της ακτινοβολίας αύξησε τα επίπεδα αντιοξειδωτικών. Κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης τα καροτένια, το ασκορβικό οξύ το λυκοπένιο, το καφεϊκό οξύ αυξήθηκαν. Οι εποχιακές θερμοκρασίες από 21 to 26 °C μείωσαν τη συνολική συγκέντρωση του καροτένιου, ενώ το λυκοπένιο δεν είχε κάποια σημαντική αλλαγή. Από 27 to 32 °C, μειώθηκε το ασκορβικό οξύ, το λυκοπένιο, αυξήθηκαν όμως η ρουτεΐνη, το καφεϊκό οξύ και τα επίπεδα των γλυκοζιτών (Gautier et al.2008).

Μελέτη που αφορά την ηλιακή ακτινοβολία σε μηλοειδή έδειξε ότι η κάλυψη του εδάφους του οπωρώνα με φύλλα αλουμινίου και μεταλλοποιημένο φιλμ, οδήγησε στην αύξηση της διείσδυσης του φωτός στο θόλο του δέντρου. Σαν αποτέλεσμα είχαμε την αύξηση των ανθοκυανών στο φλοιό. Επιπλέον σε φρούτα πολλών καλλιεργειών όπως το σταφύλι, το βερίκοκο, η φράουλα, η μελιτζάνα, το λύτσι, η σύνθεση των ανθοκυανών ενισχύεται από το ηλιακό φως. Αναλύοντας την επίδραση του ηλιακού φωτός θα μπορούσαμε να αναφέρουμε την επίδραση που έχει στους καρπούς ανάλογα με τη θέση τους πάνω στο φυτό. Ο φλοιός των καρπών της μηλιάς που βρίσκονταν στην κορυφή του δέντρου είχαν μεγαλύτερη συγκέντρωση απ' ότι η καρποί στη βάση του, είτε στο εσωτερικό του δέντρου. Επίδραση του ηλιακού φωτός έχουμε και στο αμπέλι και συγκεκριμένα στη ποικιλία Cabernet Sauvignon. Στη ποικιλία Shiraz και Pinot, τοποθετήθηκαν αδιαφανή κιβώτια, πριν το στάδιο της άνθησης, με σκοπό να επηρεαστεί η συγκέντρωση των ανθοκυανών στο στάδιο της ωρίμανσης. Στα αποτελέσματα δεν σημειώθηκε σημαντική αύξηση όλων των ανθοκυανών αλλά

συγκεκριμένων όπως η πεονιδίνη και οι γλυκοζίδες, αντιθέτως κάποιες ανθοκυανίνες μειώθηκαν.

Η επίδραση της θερμοκρασίας έχει μελετηθεί και στην περίπτωση των ανθοκυανινών. Οι χαμηλές θερμοκρασίες θεωρούνται για πολλά χρόνια, ότι προωθούν την αύξηση των ανθοκυανινών, ενώ οι υψηλές θερμοκρασίες ότι τη μειώνουν. Σε μηλοειδή εξετάστηκε η επίδραση της θερμοκρασίας στη συγκέντρωση των ανθοκυανών, και βρέθηκε ότι οι καρποί που είχαν αναπτυχθεί σε χαμηλές θερμοκρασίες, είχαν μεγαλύτερη συγκέντρωση ανθοκυανών από ότι οι καρποί με ανάπτυξη σε υψηλότερες θερμοκρασίες(Chassy et al.2006)

Σύμφωνα με μελέτες η διάρκεια του φωτισμού παίζει σημαντικό ρόλο στη συγκέντρωση των φυτοχημικών ακόμα και αν το φως δεν είναι απαραίτητο για την ωρίμανση του καρπού της τομάτας. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι καρπός τομάτας ο οποίος συλλέχθηκε σε πρώιμο στάδιο και εκτέθηκε σε 8 ώρες ακτινοβολίας απέτυχε στο σχηματισμό φυτοχημικών από ότι ο καρπός τομάτας με 24 ώρες έκθεση σε ακτινοβολία(Cox et al.,2003). Παρόλα αυτά καρποί τομάτας καλλιεργήθηκαν σε τούνελ με άφθονο ηλιακό φως και συγκρίθηκαν με καρπούς τομάτας με εφαρμογή UV ακτινοβολίας. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι καρποί τομάτας από τούνελ είχαν υψηλότερη περιεκτικότητα σε φαινολικές ενώσεις κατά 20% από ότι οι καρποί τομάτας με την εφαρμογή UV ακτινοβολίας(Luthria et al. 2006).

Το μπρόκολο, το κουνουπίδι και το ραδίκι αποτελούν επίσης πλούσιες πηγές φυτοχημικών. Ο προγραμματισμός της περιόδου καλλιέργειας ετησίως, σε συνδυασμό με την επιλογή των ποικιλιών και το στάδιο συγκομιδής είναι σημαντικά για την συγκέντρωση των φυτοχημικών. Ειδικότερα αύξηση της λουτεΐνης, της καροτίνης και του ασκορβικού οξέος στο μπρόκολο παρατηρήθηκε σε σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες (περίπου 14°C) και σε ένταση φωτισμού 450 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Αντίθετα υψηλότερες θερμοκρασίες (πάνω από 20°C) οδήγησε σε μια μείωση αυτών των αντιοξειδωτικών (Schreiner, 2005).

Την επίδραση φωτός μελέτησαν ερευνητές στο σπαράγγι. Στην ανοιξιάτικη συγκομιδή εξωτερικής καλλιέργειας το χρώμα των σπαραγγιών έγινε ανοιχτότερο μετά από σκίαση της καλλιέργειας με μαύρο δίχτυ. Επίσης η σκίαση οδήγησε σε μείωση της

φωτοσυνθετικής ικανότητας και στη γενικότερη μείωση των πολυφαινολικών οξέων, του ασκορβικού και της χλωροφύλλης στο πράσινο και στο μωβ σπαράγγι(Kohmura et al.,2008)

Ερευνητές έκαναν πείραμα για τη συσχέτιση αύξησης της θερμοκρασίας με χαμηλή ακτινοβολία και την επίδρασή του στη συγκέντρωση των φυτοχημικών σε μπρόκολο θερμοκηπίου. Τα αποτελέσματα του πειράματος έδειξαν ότι τα επίπεδα της λουτεΐνης, των γλυκοζιτών, αυξήθηκαν με την αύξηση της θερμοκρασίας μεταξύ 7–13 °C σε συνδυασμό με μέτρια ακτινοβολία. Μόνο τα επίπεδα της γλυκοβρασικίνης μειώθηκαν, ενώ τα επίπεδα του β-καροτένιου και της χλωροφύλλης δεν επηρεάστηκαν. Άρα η παράταση της καλλιέργειας μέχρι τα τέλη φθινοπώρου προωθεί την ποιότητα των προϊόντων παραγωγής του μπρόκολου και αυξάνει τα επίπεδα φυτοχημικών(Schonhof et al.,2007).

Σε πείραμα με φυτά πιπεριάς μελετήθηκε η συγκέντρωση των φλαβονοειδών και καροτενοειδών σε διαφορετικά περιβάλλοντα. Οι πιπεριές του θερμοκηπίου είχαν τις υψηλότερες συγκεντρώσεις φυτοχημικών σε σύγκριση με της υπαίθρου. (Lee et al.,2005).

Μπρόκολα καλλιεργήθηκαν κάτω από διάφορα μήκη κύματος φθορίζουσα ακτινοβολίας σε εσωτερικό χώρο και μηχανήματα επιπλέον φωτός που κατασκεύασαν οι ερευνητές. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το επιπλέον λευκό φως σε συνδυασμό με UV-A φως, δημιουργούν μία αύξηση των πολυφαινόλων και της αντιοξειδωτικής ικανότητας με μικρό μειονέκτημα τη βράχυνση των υποκοτύλων(Maeda et al.,2008a).

Στο μεγάλο πληθος μελετών που σχετίζονται με τις καλλιεργητικές τεχνικές έχουμε εκτενή αναφορά στη σύσταση του εδάφους και τη χρήση καλλιέργειας εκτός εδάφους και πώς αυτο επιδρά στη συγκέντρωση των φυτοχημικών.

Σε μελέτη αναφέρεται η επίδραση που έχουν οι θρεπτικές ανεπάρκειες στη συγκέντρωση των ανθοκυανινών. Όπως για παράδειγμα του Φωσφόρου (F) και του νατρίου (N) τα οποία προκαλούν την αύξηση της συγκέντρωσης των ανθοκυανινών σε πολλά είδη φυτών. Συγκεκριμένα στο καρπό της τομάτας, η μείωση των επιπέδων νατρίου στο έδαφος είχε σαν αποτέλεσμα την αύξηση της συγκέντρωσης των φλαβονοειδών, επίσης έχει επίδραση στην έκφραση των γονιδίων που κωδικοποιούν τα βιοσυνθετικά ένζυμα των ανθοκυανών. Σε αντίθεση τα αυξημένα επίπεδα νατρίου σε

φυτά βατόμουρου είχε σαν αποτέλεσμα τη μείωση της συγκέντρωσης των κόκκινων χρωστικών (De Pascual-Teresa and Sanchez-Ballesta 2008).

Όσον αφορά την αζωτούχα λίπανση, ομάδα επιστημόνων, έδειξε ότι η εφαρμογή αζωτούχας λίπανσης θα πρέπει πάντα να γίνεται σε συνδυασμό με τη ποσότητα θειούχου λιπάσματος για καλύτερες συγκεντρώσεις φυτοχημικών. Έτσι λοιπόν τα φυτά θα μπορούν να έχουν ένα ιδανικό επίπεδο παροχής αζώτου όταν υπάρχει διαθέσιμη ποσότητα θείου για να γίνει οι θειούχες ενώσεις και να παραχθούν τα φυτοχημικά προϊόντα όπως των γλυκοζιτών (Martínez-Ballesta et al. 2008).

Παρόλο που τα αποτελέσματα στα προϊόντα θείου ήταν θετικά, τα φλαβονοειδή δεν είχαν την ίδια αντίδραση, αντιθέτως είχαμε μείωση της συγκέντρωσής τους. Έχει σημειωθεί ότι η αζωτούχος λίπανση σε μηλιές δεν είχε μεγάλη διαφοροποίηση στις φαινολικές ενώσεις στους καρπούς.

Στο αμπέλι η εφαρμογή μεγάλων ποσοτήτων αζωτούχας λίπανσης μπορεί να μειώσει την ποιότητα του κρασιού. Αυτό έχει αποδειχθεί από μελέτες της δράσης και της διαθεσιμότητας του αζώτου κατά την περίοδο της άνθησης μέχρι και την ωρίμανση. Ακόμα σύμφωνα με μελέτη, η υψηλή εφαρμογή αζώτου καθυστερεί την μετακίνηση των φαινολικών ενώσεων. Σε περιπτώσεις φλαβονοειδών και μεμονομένων ανθοκυανινών, οι συγκεντρώσεις ήταν χαμηλές όπως και τα επίπεδα του αζώτου. Γι αυτό το λόγο το ανεπάρκεια αζώτου μπορεί να αυξήσει τα επίπεδα των φαινολικών ενώσεων. Οι πολυφαινόλες κατέχουν την ιδανική χημική δομή για την δράση εναντίων των ελεύθερων ριζών. Θεωρούνται καλύτερα αντιοξειδωτικά από ότι οι τοκοφερόλες και το ασκορβικό οξύ. Το αβιοτικό στρες έχει φανεί ότι προκαλεί αύξηση των μεταβολικών δυσλειτουργιών, οδηγώντας σε μία αύξηση των φαινολικών ενώσεων. Στη φράουλα τα χαμηλότερα επίπεδα λιπάσματος οδηγούν σε αύξηση των συγκεντρώσεων των φλαβονοειδών και του ελλαγικού οξέος από 19 με 57 %. Η επίδραση του λιπάσματος με μικροσυστατικά έχει επίσης μελετηθεί. Ο ψευδάργυρος επηρεάζει τα επίπεδα γλυκοζιτών στο είδος Brassicae. Ο επιδράσεις του ψευδαργύρου μπορούν να συσχετισθούν με τις αλλαγές των φυτοχημικών που επηρεάζουν τη γεύση. Επίσης προσπάθεια έχει γίνει και για το τρόπο δράσης του σεληνίου, στους γλυκοζίτες και στις φαινολικές ενώσεις στο μπρόκολο. Ομάδα ερευνητών μελέτησαν διαφορετικές ποικιλίες μπρόκολου και πως αντιδρούσαν στην καταπόνηση σεληνίου. Τα

αποτελέσματα έδειξαν ότι παράλληλα μειώθηκαν και τα επίπεδα των ουσιών που μελετήθηκαν ανεξαρτήτως άλλων παραμέτρων(Martínez-Ballesta et al. 2008).

Η ανάλυση του εδάφους (ανόργανη και οργανική), η λίπανση και οι αγρονομικές συνθήκες είναι σημαντικοί παράγοντες, οι οποίοι δεν επηρεάζουν μόνο την παραγωγή, αλλά πάνω από όλα την ποιότητα. Οι συγκεντρώσεις των φυτοχημικών είναι ένας ποιοτικούς παράγοντες που επηρεάζονται από τη σύσταση του εδάφους. Παρόλο που αυτό είναι γνωστό, αυτός ο τομέας δεν έχει ερευνηθεί αρκετά. Πρόσφατες έρευνες αναφέρουν τη σημασία του θείουχου λιπάσματος για τη συγκέντρωση των φλαβονοειδών, και τη συνολική συγκέντρωση των γλυκοζιτών στις διάφορες καλλιέργειες του μπρόκολου(Martínez-Ballesta et al. 2008)

Πρόσφατη μελέτη στο μπρόκολο, αναφέρει την επίδραση της λίπανσης αζώτου και θείου στους γλυκοζίτες καθώς επίσης και της αλατότητας του εδάφους. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η εφαρμογή αζώτου και θείου δεν είχε κάποια σημαντικά αποτελέσματα στη συγκέντρωση των γλυκοζιτών ενώ ίσως να λειτούργησε και ανασταλτικά στη δημιουργία τους. Αντιθέτως η ελαφρά αυξημένη αλατότητα οδήγησε στην αύξηση τους(Aires et al., 2006).

Άλλη μία μελέτη που αφορά στην εφαρμογή του αζώτου έγινε από ερευνητές σε καλλιέργεια κατσαρού λάχανου. Η καλλιέργεια έγινε σε θερμοκήπιο ενώ συγκεκριμένα εξετάστηκε η σχέση του αζώτου με τη συγκέντρωση των καροτενοειδών. Η αύξηση του αζώτου και έπειτα η σταθεροποίηση του σε κάποια συγκέντρωση, οδήγησε στην αύξηση των καροτενοειδών, αυξάνονταν έτσι και τη θρεπτική αξία του κατσαρού λάχανου και το άζωτο σαν ένα στοιχείο στο οποίο θα πρέπει να δίνεται βαρύτητα κατά το σχεδιασμό της καλλιέργειας(Kopsell et al., 2007).

Η εφαρμογή αζώτου και θείου σε καλλιέργεια μπρόκολου οδήγησε σε ενδιαφέροντα αποτελέσματα. Η δοσολογία του αζώτου και του θείου μπορεί να επηρεάσει την συγκέντρωση γλυκοζιτών και την συνολική απόδοση της καλλιέργειας. Μια αναλογία η οποία είχε πολύ καλά αποτελέσματα ήταν η 10:1. αζώτου, θείου. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η ιδανική ποσότητα αζώτου δεν θα μπορούσε να λειτουργήσει χωρίς τη συμβολή του θείου για να γίνουν οι ενώσεις και να δημιουργηθούν γλυκοζίτες. Γι' αυτό η καλλιέργεια του μπρόκολου δεν θα μπορούσε να επωφεληθεί από μία ιδανική ποσότητα αζώτου χωρίς το απαραίτητο θείο στο έδαφος(Schonhof et al., 2007).

Την επίδραση της λίπανσης στην περιεκτικότητα του λυκοπενίου σε καρπούς τομάτας μελέτησε μια ομάδα επιστημόνων στη Νέα Ζηλανδία (Toor et al., 2006a). Η μελέτη έδειξε ότι η χρήση οργανικής ουσίας αυξάνει την περιεκτικότητα σε φαινόλες και σε λυκοπένιο. Η ίδια ομάδα ερευνητών σε άλλες μελέτες έδειξε τη σημασία της κατανάλωσης ολόκληρου του καρπού της τομάτας. Σύμφωνα λοιπόν με τα αποτελέσματα, οι σπόροι του καρπού της τομάτας και ο φλοιός της περιείχαν 53% των συνολικών φαινολικών ενώσεων, 52% των συνολικών φλαβονοειδών, το 48% του συνολικού λυκοπενίου, το 43% του συνολικού ασκορβικού οξέος και το 52% των συνολικών αντιοξειδωτικών ενώσεων (Toor et al 2005).

Σε βιβλιογραφική μελέτη για τον καρπό του μήλου αναφέρεται στην επίδραση των θρεπτικών στοιχείων και της επίδρασης τους στην συγκέντρωση των φαινολικών ενώσεων και άλλων φυτοχημικών. Η εφαρμογή αζώτου σε καλλιέργειες μηλιάς, βρέθηκε ότι προκαλεί μείωση στις ανθοκυανίνες, στις κατεχίνες, και στο σύνολο των φλαβονοειδών. Σε ποικιλία μηλιάς η λίπανση με ασβέστιο οδήγησε στην αύξηση των ανθοκυανών και των συνολικών φλαβονοειδών. Επίσης η εφαρμογή ρυθμιστών ανάπτυξης όπως είναι το etheerphon μπορεί να αυξήσει την παραγωγή ανθοκυανινών, αλλά δεν επηρέασε την παραγωγή άλλων φυτοχημικών. Η γιβρερελίνες και άλλοι ρυθμιστές ανάπτυξης αυξάνουν την παραγωγή ανθοκυανών αλλά όχι άλλα φυτοχημικά που εξετάστηκαν (Boyer and Liu 2004).

Το μπρόκολο ένα λαχανικό που έχει μελετηθεί από πολλούς ερευνητές για της συγκεντρώσεις του σε φυτοχημικά και πώς αυτές επηρεάζονται, έγινε αντικείμενο μελέτης για τη σχέση μεταξύ θειούχου λιπάσματος και της συγκέντρωσης των φυτοχημικών. Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν τη θετική δράση του θειούχου λιπάσματος στην αύξηση του θείου στα όργανα του φυτού και στην αύξηση συγκεκριμένων φυτοχημικών. Η αύξηση των φυτοχημικών παρατηρήθηκε ιδιαίτερα στις κεφαλές (Rangkadilok et al., 2004).

Η προσθήκη αζωτούχας λίπανσης δε φάνηκε να επηρεάζει τη συγκέντρωση, αυτό σημαίνει ότι η παραγωγή του κρεμμυδιού μπορεί να γίνει με μικρές ποσότητες αζωτούχας λίπανσης και να έχει την ίδια παραγωγή και συγκέντρωση αντιοξειδωτικών (Mogren et al., 2008).

Σε μελέτη στο σέλινο για την εφαρμογή αζώτου και άρδευσης, τα αποτελέσματα έδειξαν, ότι η μείωση του αζώτου οδήγησε σε μείωση της παραγωγής αλλά αυξήθηκε η συγκέντρωση σε βιταμίνη C. Η άρδευση σε συνδυασμό με άζωτο είχε σαν αποτέλεσμα την αύξηση της παραγωγής με το αυξημένο άζωτο από ότι με το μειωμένο άζωτο, η άρδευση όμως μείωσε τη συγκέντρωση της βιταμίνης C. Η άρδευση λοιπόν μπορεί να επιφέρει μικρή μείωση στα επίπεδα α και β- καροτένιου(Evers et al., 1997).

Σε πέντε ποικιλίες φράουλες μελετήθηκε η συγκέντρωση των φαινολικών ενώσεων σε δύο είδη υδροπονικής καλλιέργειας. Στη μία υδροπονική καλλιέργεια υπήρχε ανακύκλωση των θρεπτικών στοιχείων ενώ στην άλλη εφαρμόστηκε ανοιχτό σύστημα θρεπτικών στοιχείων. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η καλλιέργεια φράουλας στο κλειστό υδροπονικό σύστημα είχε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις σε ανθοκυανίνες, φλαβονοειδή ως εκ τούτου μεγαλύτερη συγκέντρωση φαινολικών ενώσεων(Hernanz et al.,2007)

Σε πείραμα που έγινε στην Ισπανία, ερευνήθηκε η συγκέντρωση των φυτοχημικών σε καλλιέργειες φράουλας σε ανοιχτό και κλειστό σύστημα υδροπονίας και σε χώμα. Όλα τα χαρακτηριστικά των υποστρωμάτων είχαν καθοριστεί. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το υπόστρωμα με το χώμα είχε την πιο πλούσια καλλιέργεια σε μεταλλικά στοιχεία και φυτοχημικά σε αντίθεση με την εφαρμογή της υδροπονικής καλλιέργειας(Recamales et al.2007).

Μελέτη που αφορά στην καλλιέργεια σε ελεγχόμενο περιβάλλον, έδειξε ότι η εφαρμογή μέτριας καταπόνησης από αλατότητα σε φυτά τομάτας αυξάνει τη συγκέντρωση λυκοπενίου. Επίσης η επίδραση χαμηλής θερμοκρασίας ως μετασυλλεκτική μεταχείριση είχε σαν αποτέλεσμα την αύξηση της συνολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας των καρπών της τομάτας, ενώ δεν είχε καμιά επίδραση στη συγκέντρωση του λυκοπενίου (Kubota et al., 2006).

Οι καλλιεργητικές τεχνικές είναι ένα εργαλείο για την αύξηση των φυτοχημικών κατά το βιολογικό τους κύκλο, παράλαυτα δεν είναι τα μόνα στάδια που μπορούμε να παρέμβουμε, σημαντικό ρόλο παίζει η μετασυλλεκτική μεταχείριση των φρέσκων φρούτων και λαχανικών για τη διατήρηση ή ακόμα και την αύξηση των φυτοχημικών. Αυτό επιτυγχάνεται με τεχνικές που αναφέρονται σε επιστημονικές μελέτες.

Μετασυλλεκτικά υπάρχουν τεχνικές τις οποίες θα μπορούσαμε να εφαρμόσουμε για την διατήρηση ή και αύξηση των ανθοκυανών. Όπως η εφαρμογή χαμηλών θερμοκρασιών, υψηλές συγκεντρώσεις CO₂. Το πακετάρισμα ελεγχόμενης ατμόσφαιρας, επιβραδύνει την ταχύτητα πολλών μεταβολικών διαδικασιών οι οποίες καταλήγουν σε φυσική επιδείνωση και απώλεια ποιότητας. Είναι γνωστό ότι η σύνθεση της ανθοκυανίνης συνεχίζεται και μετασυλλεκτικά, αλλά παρεμποδίζεται από τις υψηλές συγκεντρώσεις CO₂. Έχει αναφερθεί αύξηση της συγκέντρωσης των ανθοκυανών σε χαμηλές θερμοκρασίες σε διαφορετικά φρούτα, όπως οι φράουλες, τα βατόμουρα, τα κεράσια, τα πορτοκάλια, τα σταφύλια. Παρόλα αυτά τα επίπεδα ανθοκυανών σε μηλοειδή δε φαίνεται να επηρεάζονται από τις χαμηλές θερμοκρασίες αποθήκευσης. (Chassy et al., 2006).

Αποτελέσματα μελέτης στις μετασυλλεκτικές συνθήκες σε καινούργιο είδος εσπεριδοειδούς, έδειξαν ότι υπήρξε σημαντική διαφορά στην ανθρώπινη υγεία με την ποιότητα των φυτοχημικών μετά την αποθήκευσή της καινούργιας ποικιλίας εσπεριδοειδών, επίσης βρέθηκε σχέση μεταξύ των αντιοξειδωτικών επιπέδων και τη μείωση της λιπιδικής υπεροξειδωσης κατά τη διάρκεια χαμηλών θερμοκρασιών στην αποθήκευση (Lester and Hodges 2008).

Επίσης όσον αφορά τη θερμοκρασία αποθήκευσης έχει δειχθεί ότι όταν καρποί τομάτας αποθηκεύτηκαν 15 και 25⁰C για 10 ημέρες η συγκέντρωση του λυκοπενίου διπλασιάστηκε σε σχέση με καρπούς που είχαν αποθηκευτεί στους 7⁰C (Toor & Savage 2006a).

Σε μέρη του περικαρπίου, ανάλογα με τη θερμοκρασία που έχουν αποθηκευτεί οι καρποί, οι βιοσυνθετικοί ρυθμοί και η συσσώρευση του λυκοπενίου ήταν πολλή γρήγορη, ενώ του β-καροτένιου ήταν αργή στους 20⁰C. Στους 30⁰C οι ρυθμοί και για το λυκοπένιο και για το β-καροτένιο ήταν γρήγοροι. Στους 35⁰C οι ρυθμοί του β-καροτένιου ήταν γρήγοροι αλλά πιο αργοί από ότι στους 30⁰C ενώ τα επίπεδα του λυκοπενίου ήταν πολύ χαμηλά. Συμπερασματικά θα μπορούσαμε να πούμε ότι σχηματισμός του λυκοπενίου εξαρτάται από τη θερμοκρασία και κυρίως μεταξύ 12 και 32⁰C. Σ' αυτή τη διαδικασία υπάρχει ένα βέλτιστο όριο για το σχηματισμό λυκοπενίου και αυτό είναι μεταξύ 16–18 και 26⁰C (Dumas et al. 2003).

Η θερμοκρασία όπως έχουμε προαναφέρει είναι σημαντικός παράγοντας για τη διατήρηση ή την αύξηση και μείωση των επιπέδων. Για παράδειγμα, κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης συμβαίνουν μεγάλες αλλαγές στα επίπεδα καροτενίων στα αρχικά στάδια ωρίμανσης των φρούτων και λαχανικών. Από μελέτες έχει φανεί η αύξηση του καροτενίου κατά την ωρίμανση ή μία μείωση κατά την γήρανση. Αυτές οι αλλαγές μπορεί να προωθηθούν ή να ανασταλούν από τις θερμοκρασίες. Το β-καροτένιο στους καρπούς της τομάτας, έχει παρατηρηθεί η αύξηση του κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης όταν οι καρποί βρίσκονται στο στάδιο της ωρίμανσης. Αυτή η αύξηση παρατηρήθηκε κυρίως στις θερμοκρασίες των 25 °C, ενώ σε ποικιλία γλυκοπατάτας δεν υπήρξε καμία αύξηση του β-καροτενίου κατά τη διάρκεια αποθήκευσης γιατί η βιοσύνθεσή του είχε ολοκληρωθεί από το στάδιο συγκομιδής. Ο συνδυασμός θερμοκρασίας και ωριμότητας έχει επίσης επίδραση στο πεπύνο, εξωτικό φρούτο της Κολομβίας και η μεγαλύτερη αύξηση β-καροτένιο παρατηρήθηκε στους 18°C στα άγουρα πεπύνο, ενώ τα ώριμα δεν είχαν καμία επίδραση από τη θερμοκρασία (Schreiner and Huyskens-Keil 2006).

Στην περίπτωση του λυκοπενίου όπως έχει παρατηρηθεί σε διάφορα φρούτα και λαχανικά, τα επίπεδά του αυξάνονται στη θερμοκρασία περίπου των 25 °C, ενώ γύρω στους 30 °C δεν έχει παρατηρηθεί κάποια αύξηση. Επιπλέον άλλα πρόδρομοι του β-καροτενίου και του λυκοπενίου δείχνουν αύξηση στους 20°C συγκρινόμενοι με τους 30°C, αυτό δείχνει ότι τα ένζυμα για την ενεργοποίηση της παραγωγής του λυκοπενίου και του β-καροτενίου, παράγονται κυρίως κατά το στάδιο ωρίμανσης και μπορεί να επηρεάζονται από τη θερμοκρασία. Επιπλέον η δράση των γλυκοζιτών και η σύνθεσή τους εξαρτάται από το στάδιο ανάπτυξης του προϊόντος. Για αποθήκευση στους 5°C στο λάχανο, το επίπεδο των γλυκοζινολιτών αυξανόταν μέχρι το στάδιο της γήρανσης όπου από εκεί και μετά μειωνόταν. Μεγάλη μείωση γλυκοζιτών, παρατηρήθηκε στο μπρόκολο σε θερμοκρασία αποθήκευσης 4 °C όταν οι κεφαλές άρχισαν να μαραίνονται. Αυτό μπορεί να συνέβη γιατί με τη γήρανση τα κύτταρα χάνουν την ακεραιότητα/δομή άρα και στη μείωση των γλυκοζιτών (Schreiner and Huyskens-Keil 2006).

Μούρα διαφόρων ειδών εάν αποθηκευτούν σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 15°C, έχουν υψηλότερα ποσοστά ανθοκυανών και φαινολικών ενώσεων συγκρινόμενα με αυτά χαμηλότερων θερμοκρασιών (0 με 6°C). Σε αντίθεση, φρούτα που δεν είναι

ευπαθή σε χαμηλές θερμοκρασίες (όπως τα μήλα), τα επίπεδα των φλαβονοειδών έχουν μεγάλη αύξηση στις χαμηλές θερμοκρασίες, επίσης οι χαμηλές θερμοκρασίες ενεργοποιούν την αύξηση των ανθοκυανών σε κάποια είδη μήλου. Στα αχλάδια οι χαμηλές θερμοκρασίες ενισχύουν το κόκκινο χρώμα. Οι χαμηλές θερμοκρασίες μείωσαν τις αλλαγές των γλυκοζιτών κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης. Παρόλα αυτά αυξάνοντας τη θερμοκρασία αυξάνονται και τα επίπεδα των γλυκοζιτών, όπως για παράδειγμα στο μπρόκολο με θερμοκρασία αποθήκευσης 10 °C. Οι ισοφλαβόνες από πειράματα δεν έχουν δείξει κάποια σημαντική αύξηση μέχρι τους 4, ενώ από τους 20 με 30 υπήρξε σημαντική μείωση. Παρόλα αυτά οι ισοφλαβόνες από κάποια είδη σόγιας δεν έχουν κάποια σημαντική αντίδραση στις θερμοκρασίες. Τα σουλφίδια επίσης επηρεάζονται από τις θερμοκρασίες. Σε θερμοκρασία δωματίου δεν διατηρήθηκαν τα επίπεδα σουλφιδίων λόγω της αποσύνθεσής τους. Έχει αναφερθεί ότι η αύξηση της θερμοκρασίας μειώνει την αντιμικροβιακή ικανότητα στο σκόρδο η οποία συνδέεται με τη μείωση των επιπέδων των σουλφιδίων. Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι οι θερμοκρασίες αποθήκευσης θα πρέπει να είναι ανάλογες με η φυσιολογία του φρούτου και λαχανικού, της καταγωγής του, του γονότυπου στο κατώφλι των χαμηλών θερμοκρασιών του και φυσικά στα επίπεδα των φυτοχημικών του (Schreiner and Huyskens-Keil 2006).

Σε πανεπιστήμιο της Αμερικής μελέτησαν την επίδραση της ποικιλίας και των θερμοκρασιών αποθήκευσης. Η μελέτη έγινε σε δέκα διαφορετικές ποικιλίες του είδους μούρου. Από τις δέκα ποικιλίες μεγαλύτερη αντιοξειδωτική ικανότητα έδειξε η Early Black, Crowley, και η Franklin. Ενώ στις θερμοκρασίες αποθήκευσης, η αντιοξειδωτική ικανότητα διατηρήθηκε καλύτερα στους 15 °C. Σε αυτό το πείραμα βρέθηκε η θετική συσχέτιση της θερμοκρασίας αποθήκευσης και της ποικιλίας. (Wang and Stretch 2001).

Σε βιβλιογραφική μελέτη βρέθηκαν στοιχεία για τις θερμοκρασίες αποθήκευσης και πώς αυτή επηρεάζει την συγκέντρωση των φυτοχημικών. Βασικές κατηγορίες φυτοχημικών δεν επηρεάστηκαν κατά πολύ από την αποθήκευση 52 εβδομάδων σε ελεγχόμενη ατμόσφαιρα. Στη μελέτη επίσης αναφέρθηκε η περιεκτικότητα στο φλοιό του καρπού του μήλου. Και βρέθηκε ότι σε θερμοκρασίες 0°C για 9 μήνες υπήρξε μία αλλαγή στις φαινολικές ενώσεις. Ενώ σε αποθήκευση σε κρύο για 60 μέρες άλλη έρευνα αναφέρει ότι η συνολική συγκέντρωση των φαινολικών ενώσεων αυξήθηκε ,

μετά από 100 μέρες άρχισε η μείωση ενώ μετά από 200 μέρες οι φαινολικές ενώσεις ήταν στα ίδια επίπεδα με την εποχή συγκομιδής(Boyer and Liu 2004).

Ερευνητές έκαναν πείραμα για τη διατήρηση των φαινολικών ενώσεων στα σταφύλια κατά τους μετασυλλεκτικούς χειρισμούς και συγκεκριμένα για τις θερμοκρασίες. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η μετασυλλεκτική διάρκεια του καρπού και η αντιοξειδωτική ικανότητα μπορούν να διατηρηθούν σε καλά επίπεδα σε χαμηλές θερμοκρασίες χρησιμοποιώντας συσκευασίες χωρίς τη παροχή αέρα(Doshi and Adsule 2008).

Πείραμα που έγινε στο σπαράγγι, ερεύνησαν την συγκέντρωση της βιταμίνης C και της συνολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας κατά τη διάρκεια αποθήκευσης σε φρέσκα σπαράγγια. Οι μετρήσεις πάρθηκαν την πρώτη μέρα της συγκομιδής και μετά την αποθήκευση 3 εβδομάδων. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η συγκέντρωση της βιταμίνης C κατά τη συγκομιδή ήταν 79-94 mg/100g νωπού βάρους και 50 % υψηλότερη στο χαμηλότερο μέρος του βλαστού. Την πρώτη εβδομάδα αποθήκευσης η μείωση ήταν μεγάλη ενώ μειώθηκε για τις επόμενες 2 εβδομάδες. Η συνολική αντιοξειδωτική δράση ήταν σχεδόν διπλάσια σε σχέση με το χαμηλότερο κομμάτι του βλαστού. Μετά την αποθήκευση έπεσε κατά 15 % την πρώτη εβδομάδα και μετά μειώθηκε στο 10 % για τις επόμενες 2 εβδομάδες(Rodkiewicz 2008).

Διαδικασίες οι οποίες επηρεάζουν τη συγκέντρωση των φυτοχημικών στα φρέσκα φρούτα και λαχανικά πραγματοποιούνται και κατά το μαγείρεμα ή ακόμα και κατά την προετοιμασία του.

Μια από αυτές είναι το βράσιμο για λίγα λεπτά και μετά αμέσως εφαρμογή κρύου νερού. Αυτή η διαδικασία του μη ολοκληρωμένου ψησίματος χρησιμοποιείται και πριν τη κατάψυξη λαχανικών γιατί ενεργοποιεί τα ένζυμα. Η διαδικασία αυτή στα καρότα με καυτό νερό, ατμό ή μικροκύματα, είχε σαν αποτέλεσμα το χρώμα να ξεθωριάσει σε κίτρινο. Αυτό το αποτέλεσμα οφείλεται στον ισομερισμό των τρανς-καροτενοειδών και λιγότερο στην υποβάθμιση των χρωμοπλαστών και των διαλυμάτων των καροτενοειδών σε άλλα κυτταρικά λιπίδια. Το ίδιο συμβαίνει και στο μπρόκολο αλλά η ενεργοποίηση των ενζύμων σταματά την περαιτέρω απώλεια. Η διαδικασία λοιπόν αυτή έχει δείξει θετικά αποτελέσματα στη διατήρηση της συγκέντρωσης των καροτενοειδών, άρα είναι καλύτερη μέθοδος από ότι να τα καταψύχουμε ωμά. Το β-καροτένιο βρέθηκε

να είναι 1.9 φορές πιο ευαίσθητο στη θερμοκρασία από ότι το α-καροτένιο κατά τη διάρκεια του μαγειρέματος και της διαδικασίας που αναφέραμε (Ruiz-Rodriguez et al.2008).

Μεγάλη μελέτη σε 33 τύπους φυλλωδών λαχανικών, 16 άλλων λαχανικών και 6 φρούτων, συγκρίθηκαν για την συγκέντρωση τους σε καροτενοειδή. Χρησιμοποιήθηκαν φρέσκα και επεξεργασμένα λαχανικά. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα φυλλώδη λαχανικά γενικότερα είχαν τα υψηλότερα ποσοστά καροτενοειδών από ότι άλλα φρούτα και λαχανικά και οι απώλειες εκφρασμένες σε δραστηκότητα βιταμίνη Α, ήταν χαμηλότερη κατά τη διάρκεια βρασίματος από ότι άλλες διαδικασίες μαγειρέματος. Η συγκέντρωση του λυκοπενίου δεν επηρεάστηκε κατά τη διάρκεια 4, 8 και 16 min στους 100 °C (Ruiz-Rodriguez et al.2008).

Διαφοροποιήσεις όμως στη συγκέντρωση των φυτοχημικών έχουμε και σε ήδη επεξεργασμένους καρπούς τομάτας όπως είναι η σάλτσα μαρινάρα. Μελέτη πραγματοποιήθηκε για την συγκέντρωση σε φλαβονοειδή, καροτενοειδή και βιταμίνη C, σε σάλτσα τομάτας μαρινάρα συμβατικής και βιολογικής καλλιέργειας. Τα αποτελέσματα όμως που προέκυψαν δεν είχαν κάποια σημαντική διαφοροποίηση στα δύο είδη σάλτσας. Η βιολογικής προέλευσης σάλτσα μαρινάρα είχε υψηλότερη συγκέντρωση σε τρανς β-καροτένιο. Είναι δύσκολη η διαφοροποίηση σε αυτό το στάδιο μετασυλλεκτικού χειρισμού των καρπών της τομάτας για τον καταναλωτή, διότι οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται απο κάθε εταιρεία ποικίλουν, και δεν μπορούμε να τους ελέγξουμε(Koh et al., 2008).

Σύγκριση μεταξύ πολλών μεθόδων μαγειρέματος, έδειξε ότι το βράσιμο με νερό (21 λεπτά βράσιμο) χωρίς πίεση, διατήρησε τη συγκέντρωση στο 72.4% των συνολικών καροτενοειδών (78% α-καροτένιο και το 89% του β-καροτένιου). Ήταν η καλύτερη διαδικασία σε σύγκριση με το μαγείρεμα με πίεση (με νερό για 17 λεπτά) η το μαγείρεμα στον ατμό (15 λεπτά)με συγκέντρωση 64% και 76% των συνολικών καροτενοειδών. Μία ακόμη παράμετρος που διευκρινιστική , ήταν η ποσότητα του νερού που χρησιμοποιείτε κατά το μαγείρεμα και πόσο επηρεάζει τη συγκέντρωση των καροτενοειδών. Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις διατηρήθηκαν στα λαχανικά που μαγειρευτήκαν σχεδόν χωρίς νερό, ενώ η μεγαλύτερη απώλεια καροτενοειδών συνδέθηκε με τη χρήση μεγάλης ποσότητας νερού. Η χρήση μπαχαρικών όπως για

παράδειγμα σκόνη κρεμμυδιού στο νερό που βράζει, επηρέασε θετικά τη συγκέντρωση του β-καροτένιου στα καρότα σε σημαντικό βαθμό από 84% μέχρι και 97,5%. Συνδυασμός άλλων μπαχαρικών στο βράσιμο κολοκύθας αύξησε τη συγκέντρωση του β-καροτένιου. Μελέτες ερευνητών έχουν βρει ότι ο τεμαχισμός του κρεμμυδιού και η διαβροχή του για 60 λεπτά είχε σαν αποτέλεσμα μείωση της συγκέντρωσης της κερκετίνης που μπορεί να αιτιολογηθεί από τη διαδικασία της κοπής. Και σε άλλα λαχανικά επηρεάζεται η συγκέντρωση φυτοχημικών, όπως για παράδειγμα στο σπαράγγι με τη μείωση της ρουτεΐνης και χωρίς μετατροπή σε κερκετίνη. Στη σόγια και το μουλιάσματος σε νερό υπάρχει απώλεια 12% των ισοφλαβόνων (Ruiz-Rodriguez et al.2008).

Η αποθήκευση των κρεμμυδιών, οδηγεί σε μία μικρή μείωση της συνολικής συγκέντρωσης της κερκετίνης. Η απώλειες συνήθως παρατηρούνται μετά την πρώτη εβδομάδα αποθήκευσης. Οι απώλειες αυτές εξαρτώνται και από την ποικιλία των κρεμμυδιών μέχρι και 16% έως 36% σε κόκκινους και καστανούς βολβούς κρεμμυδιών. Για τις συγκεντρώσεις των φλαβονοειδών, η λιγότερο φιλική θερμική διαδικασία μεταξύ του βρασμού, των μικροκυμάτων και του τηγανίσματος είναι ο βρασμός (Ruiz-Rodriguez et al.2008).

Άλλη ομάδα ερευνητών μελέτησε τις διαφορές στην αντιοξειδωτική ικανότητα της πιπεριάς κατά το μαγείρεμα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι όσο περισσότερο διαρκεί το μαγείρεμα της πιπεριάς τόσο περισσότερα αντιοξειδωτικά χάνονται στο νερό του μαγειρέματος. Συμπεράνετε λοιπόν ότι το μαγείρεμα της πιπεριάς χωρίς νερό είναι ο καλύτερος τρόπος διατήρησης της αντιοξειδωτικής ικανότητας (Chuah et al.2008).

Η επεξεργασία των φρούτων μπορεί να διαφοροποιήσει τη συγκέντρωση των φυτοχημικών. Σαν παράδειγμα αναφέρουμε τον καρπού μήλου. Η επεξεργασία του σε πουρέ μείωσε στο 10% την αντιοξειδωτική ικανότητα από ότι στο φρέσκο καρπού μήλου. Ενώ ο χυμός που παράχθηκε από τον πουρέ του καρπού του μήλου ήταν στο 3%. Η πλειοψηφία των μελετών αναφέρει ότι η φλούδα του καρπού του μήλου έχει τη μεγαλύτερη συγκέντρωση των αντιοξειδωτικών από ότι όλος ο καρπός. Η φλούδα του καρπού μπορεί να εμβαπτιστεί και να αποξηρανθεί και από μελέτες έχει φανεί ότι η φλούδα έχει υψηλότερη αντιοξειδωτική ικανότητα από ότι η φρέσκια φλούδα

καρπού, όπως επίσης τα ίδια αποτελέσματα είχαν και η κονιορτοποιημένη φλούδα έναντι της φρέσκιας (Boyer and Liu 2004).

Με τις μεθόδους συσκευασίας ασχολήθηκε και άλλη ομάδα ερευνητών η οποία μελέτησε το συμβατικό τρόπο συσκευασίας και (film wrapping in conventional and biodegradable materials, foodtainer, surface coating) για τη διατήρηση των φυτοχημικών στους καρπούς φρέσκων φρούτων και λαχανικών. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ανάλογα με τη συσκευασία που εφαρμόστηκε στο είδη λαχανικών φάνηκε η αύξηση ή η μείωση των φυτοχημικών ανάλογα με το είδος της συσκευασίας (Schreiner et al., 2003).

Σύμφωνα με μελετητές η ενεργοποίηση των μηχανισμών άμυνας με τη καταπόνηση, όπως η θερμότητα ή η ακτινοβολία, μπορεί να έχει σαν αποτέλεσμα σε τρεις κύριες αντιδράσεις: (1) αλλαγές στα δομικά φράγματα, φαινολικές ενώσεις, αποσύνθεση κύρων) (2) ενίσχυση των δομικών αναστολέων (αντιμικροβιακές ενώσεις) και φυτοαλεξίνων και (3) ενεργοποίηση συγκεκριμένων πρωτεϊνών. Η εφαρμογή θερμοκρασίας είναι μία από τις μεθόδους που δεν επιτρέπει τη μείωση της μετασυλλεκτικής ποιότητας και την εμφάνιση ανάπτυξης παθογόνων. Παρόλα αυτά η έκθεση φρέσκων φρούτων σε θερμότητα επηρεάζει επίσης την κυτταρική πρωτεϊνική σύνθεση και οδηγεί σε ενεργοποίηση των ενζύμων που σχετίζονται με την απώλεια ποιότητας, για παράδειγμα στο χρώμα και την υφή. Επιπλέον η εφαρμογή θερμότητας είναι γνωστή για την προώθηση ενεργειών των ενζύμων. Στα προϊόντα μπορεί να εφαρμοστεί με διάφορους τρόπους, όπως για παράδειγμα με βύθιση των καρπών σε ζεστό νερό, με ψεκασμό ζεστού νερού ή και βούρτσισμα (Schreiner and Huyskens-Keil 2006).

Το είδος της εφαρμογής που εφαρμόζεται σε κάθε προϊόν εξαρτάται από το είδος, τις φυσιολογικές αντιδράσεις του, την εποχή, το στάδιο ωρίμανσης και το είδος γεωργίας με το οποίο καλλιεργήθηκε. Σε ποικιλία φρούτων και λαχανικών (π.χ. τομάτα, πεπόνι, μάνγκο), η εφαρμογή ζεστού νερού έχει αναφερθεί ότι προκαλεί αναστολή της πολυφαινολικής οξειδάσης και των υπεροξειδικών ενεργειών που επιβραδύνουν το σχηματισμό ανθοκυανών. Άρα προστασία των χρωστικών ουσιών διατηρώντας το κόκκινο χρώμα των ανθοκυανών άρα και της αντιοξειδωτικής τους ικανότητας. Επιπλέον η εφαρμογή του ζεστού νερού έχει φανεί αποτελεσματική στην επιβράδυνση των καροτενοειδών άρα και στο κιτρίνισμα της ταξιανθίας στο μπρόκολο, όπως επίσης

τη μείωση της αποσύνθεσης του ασκορβικού οξέος. Η βύθιση καρπών λεμονιού (55°C για 20 δευτερόλεπτα) είχε σαν αποτέλεσμα την αύξηση συγκεκριμένων φυτοχημικών.

Σε αντίθεση με το ρόδι η εφαρμογή του ζεστού νερού δεν είχε επίδραση σε ασκορβικό οξύ, παρόλα αυτά παρατηρήθηκε μείωση ευαισθησίας στις χαμηλές θερμοκρασίες. Παρόμοια αποτελέσματα παρατηρήθηκαν και στα μανταρίνια κλημεντίνες, όπου το ασκορβικό οξύ και τα επίπεδα καροτενοειδών δεν επηρεάστηκαν. Μεγάλος αριθμός μελετών έχουν δείξει ότι η εφαρμογή υψηλών θερμοκρασιών, όπως και οι εφαρμογές αερίων με όζον με νιτρικό οξύ, είναι πολύ αποτελεσματικές για τον έλεγχο της αποσύνθεσης/γήρανσης, ενισχύοντας την αντοχή στους τραυματισμούς των χαμηλών θερμοκρασιών, όπως και επιβραδύνοντας τη διαδικασία ωρίμανσης. Παρόλα αυτά πληροφορίες για τις ευεργετικές ιδιότητες των φυτοχημικών σε φρούτα και λαχανικά με αυτές τις μεθόδους είναι ένας τομέας που θα πρέπει να ερευνηθεί περαιτέρω (Schreiner and Huyskens-Keil 2006).

Η ακτινοβολία είναι άλλος ένα μέσο που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε για την διατήρηση ή αύξηση των φυτοχημικών. Η ακτινοβολία λειτουργεί σαν αβιοτικός φυσικός εκινητής στους μηχανισμούς άμυνας του φυτού και για αυτό οδηγεί σε γρήγορη αύξηση των ουσιών που αντιδρούν στο στρες και αυτές οι ουσίες είναι οι φαινολικές ενώσεις, τα φλαβονοειδή και οι φυτοαλεξίνες. Η γάμμα ακτινοβολία και οι υπεριώδης ακτινοβολία επεκτείνουν τη ζωή του φρέσκου και του επεξεργασμένου φρούτου και λαχανικού με το να καταστρέφει τα παθογόνα που έχουν δημιουργηθεί από το ίδιο το προϊόν (π.χ., *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*) και έντομα. Η ακτινοβολία εφαρμόζεται επίσης σε τροπικά και υποτροπικά φρούτα με σκοπό να επιβραδύνει την ωρίμανση αλλά και την ανάπτυξη μικροβιακού φορτίου, το οποίο προκαλεί σημαντικές απώλειες στις μεταφορές μεγάλων αποστάσεων. Η βιοσύνθεση των φαινολικών ενώσεων επηρεάζεται από την γάμμα και την υπεριώδη ακτινοβολία και αυτό οφείλεται στην αυξημένη δράση of phenylalanine ammonia-lyase. Η αύξηση αυτής της ουσίας προωθεί τη βιοσύνθεση των φαινολικών ενώσεων για παράδειγμα των φλαβανόνων στο citrus spp., ανθοκυανών στο βερίκοκο και της ρεσβερατρόλης στο σταφύλι. Παρόλα αυτά προκαλείται ένα μη επιθυμητό χαρακτηριστικό, το "μαύρισμα" στο ρόδι, λόγω του σχηματισμού μελανίνης στο ρόδι.

Η εφαρμογή UV ακτινοβολίας στο μήλο και το αχλάδι δεν είχε καμία επίδραση στη συγκέντρωση των ανθοκυανών. Ακτινοβολία UV σε φύλλα σπανακιού οδήγησε σε αύξηση των επιπέδων τοκοφερόλης και κερκετίνης . Επίσης στη φράουλα και στα κρεμμύδια μετασυλλεκτικά οι ανθοκυανίνες και η κερκετίνη φάνηκε να αυξάνονται από την ακτινοβολία UV(Schreiner and Huyskens-Keil 2006).

Τα φλαβονοειδή επίσης επηρεάζονται και από τους μετασυλλεκτικούς χειρισμούς, για παράδειγμα η μεγάλη παραμονή των βολβών εκτός εδάφους μέχρι την διανομή μείωνε σημαντικά τη συγκέντρωση. Η απώλεια αυτή μπορεί να διορθωθεί με αποθήκευση των βολβών κρεμμυδιού σε χαμηλές θερμοκρασίες(Mogren et al.2008).

Στους καρπούς τομάτας αναφέρθηκε ενεργοποίηση των μηχανισμών άμυνας άρα και αύξηση των φαινολικών ενώσεων και των φυτοαλεξίνων.

Όσον αφορά την εφαρμογή της ακτινοβολίας σε φρούτα και λαχανικά θα πρέπει να αναφερθεί ότι τα αποτελέσματα εξαρτώνται και από το στάδιο ωρίμανσης των προϊόντων. Μικρές δόσεις ακτινοβολίας συνιστώνται για την ενίσχυση σχηματισμού φυτοχημικών. Σε πρώιμο στάδιο στον καρπό του γκρέιπφρουτ η εφαρμογή μεγαλύτερων δόσεων ακτινοβολίας είχε επιζήμια αποτελέσματα. Καμία αλλαγή δεν παρατηρήθηκε στους όψιμους καρπούς. Επιπλέον η γάμα ακτινοβολία βρέθηκε να αλλάζει την διαπερατότητα των μεμβρανών στο σκόρδο, προωθώντας την απώλεια νερού στα προστατευτικά φύλλα του κλωβού, άρα επιβράδυνση της απώλειας μάζας.

Η ακτινοβολία ανάλογα τον τύπο της έχει επίδραση στις συγκεντρώσεις των φυτοχημικών, χρειαζόμαστε όμως περισσότερη έρευνα στον τομέα(Schreiner and Huyskens-Keil 2006).

Η συγκέντρωση των φυτοχημικών όμως επηρεάζεται και κατά την αποξήρανση των φρούτων και των λαχανικών. Ομάδα ερευνητών μελέτησε τον παράγοντα της αποξήρανσης στο σπαράγγι και πώς αυτός επηρεάζει τη συγκέντρωση των φυτοχημικών. Χρησιμοποιήθηκαν δύο μέθοδοι αποξήρανσης, όπου και στους δύο τα αποτελέσματα είχαν ελάχιστη διαφορά, η αντιοξειδωτική ικανότητα στο σπαράγγι παρέμεινε ίδια με την αντιοξειδωτική ικανότητα(Nindo et al.,2003)

Εκτενής αναφορά στην επιστημονική βιβλιογραφία γίνεται και για άλλους σημαντικούς παράγοντες, το σύστημα καλλιέργειας και τον εμβολιασμό αλλά και την σωστή επιλογή ποικιλίας. Οι μελέτες δείχνουν ότι το σύστημα καλλιέργειας, ο

εμβολιασμός με το σωστό υποκείμενο και η σωστή ποικιλία, μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά τη συγκέντρωση ποικιλίας φυτοχημικών.

Η Mitchell και οι συνεργάτες της σε ένα πείραμα που διήρκησε 10 χρόνια εξέτασαν την επίδραση του συστήματος καλλιέργειας, βιολογική-συμβατική, στην περιεκτικότητα των φλαβονοειδών κερκετίνης και καεμφερόλης σε καρπούς τομάτας. Τα αποτελέσματα του πειράματος έδειξαν ότι στην βιολογική καλλιέργεια τα επίπεδα της κερκετίνης ήταν αυξημένα κατά 79% και της καεμφερόλης κατά 97% (Mitchell et al., 2007). Παρόμοια αποτελέσματα έχουν προκύψει από μελέτες συσχέτισης του συστήματος καλλιέργειας και της συγκέντρωσης αντιοξειδωτικών ουσιών (φλαβονοειδή και φαινόλες) σε καλλιέργειες τομάτας και πιπεριάς (Chassy et al., 2006).

Σε πειράματα διάρκειας 10 χρόνων που διεξήχθησαν από επιστήμονες του Πανεπιστημίου του Davis στην Καλιφόρνια αποδείχθηκε ότι η περιεκτικότητα σε φλαβονοειδή στους καρπούς τομάτας που παρήχθησαν από βιολογική καλλιέργεια είναι 79-97% υψηλότερη σε σχέση με τους καρπούς τομάτας που παρήχθησαν σε συμβατική καλλιέργεια. Η περιεκτικότητα σε φλαβονοειδή συσχετίστηκε με το επίπεδο του διαθέσιμου αζώτου στο έδαφος στα δύο συστήματα καλλιέργειας. Μεγάλη περιεκτικότητα σε άζωτο συνέβαλε στη μείωση των φλαβονοειδών και στη βιολογική και στη συμβατική καλλιέργεια. Οι ερευνητές συμπεραίνουν ότι η υπερλίπανση μειώνει τα ευεργετικά για την ανθρώπινη υγεία οφέλη των παραγόμενων καρπών τομάτας (Mitchell et al., 2007).

Η ίδια ερευνητική ομάδα σε πειράματα διάρκειας τριών χρόνων έδειξε ότι η περιεκτικότητα σε βιταμίνη C και σε φαινόλες είναι υψηλότερη σε καρπούς τομάτας που προέρχονται από βιολογική καλλιέργεια (26% αύξηση της περιεκτικότητας σε βιταμίνη C και 20% σε φαινόλες). Αποτελέσματα της ίδιας μελέτης έδωσαν μικρότερες διαφορές σε καρπούς πιπεριάς που σχετίστηκαν με το καλλιεργητικό σύστημα (Chassy et al., 2006).

Ερευνητές του Πανεπιστημίου της Μπολόνιας στην Ιταλία, διερεύνησαν την θρεπτική αξία μήλων ποικιλίας Golden Delicious σε βιολογική καλλιέργεια και ολοκληρωμένη διαχείριση. Τα αποτελέσματα των πειραμάτων τους έδειξαν ότι τα βιολογικά παραγόμενα μήλα έχουν υψηλότερο επίπεδο φαινολικών ενώσεων σε σχέση με τα προϊόντα της ολοκληρωμένης διαχείρισης όταν καταναλώνονται με τη φλούδα η

οποία περιέχει διπλάσια συγκέντρωση φαινολών σε σύγκριση με τη σάρκα (Chinnici et al., 2004).

Σε πρόσφατη μελέτη ερευνητές του ίδιου Πανεπιστημίου έδειξαν ότι η περιεκτικότητα σε φαινολικές ενώσεις, ανθοκυανίνες και βιταμίνη C είναι υψηλότερη σε κόκκινα πορτοκάλια όταν αυτά παρήχθησαν από βιολογική καλλιέργεια σε σύγκριση με ολοκληρωμένη διαχείριση. Επιπλέον έδειξαν ότι ο χυμός από πορτοκάλια βιολογικής καλλιέργειας είχε μεγαλύτερη προστατευτική δράση σε κυτταρικό επίπεδο απέναντι στην ανάπτυξη καρκινικών κυττάρων (Tarozzi et al., 2006).

Ομάδα ερευνητών του Πανεπιστημίου του Κάνσας διερεύνησαν την επίδραση του συστήματος καλλιέργειας σε φυλλώδη λαχανικά. Η συγκέντρωση φαινολικών ενώσεων ήταν μεγαλύτερη σε είδη της οικογένειας των Σταυρανθών που αναπτύχθηκαν σε βιολογική καλλιέργεια (Young et al., 2005).

Σε πειράματα που έγιναν στη Φιλανδία μερικές ποικιλίες φράουλας έδωσαν υψηλότερη περιεκτικότητα (12%) σε φαινολικές ενώσεις όταν παρήχθησαν από βιολογική καλλιέργεια (Häkkinen and Törrönen, 2000). Αξίζει εδώ να αναφερθεί η μεγάλη διαφοροποίηση μεταξύ των ποικιλιών που σημειώθηκε.

Η περιεκτικότητα σε λυκοπένιο βιολογικής τομάτας βρίσκεται σε υψηλά επίπεδα όπως αποδεικνύουν τα δεδομένα των ερευνητών του Πανεπιστημίου της Οκλαχόμας σε έρευνα που δημοσιεύτηκε τον περασμένο χρόνο (Perkins-Veazie et al., 2007).

Πλουσιότερο σε φαινολικές ενώσεις είναι, σύμφωνα με αποτελέσματα ερευνητών του Πανεπιστημίου της Πορτογαλίας, το λάχανο βιολογικής γεωργίας τύπου tronchuda από ότι καλλιέργεια της ίδιας ποικιλίας σε συμβατική καλλιέργεια (Sousa et al., 2005)

Σε τριετή συγκριτικά πειράματα βιολογικής και συμβατικής καλλιέργειας πατάτας που έγιναν στον Καναδά δεν βρέθηκαν διαφορές στην περιεκτικότητα σε βιταμίνη C των κονδύλων αλλά όμως βρέθηκαν σημαντικές διαφορές στην περιεκτικότητα σε μεταλλικά στοιχεία (Warman and Havard, 1998). Παρόμοια αποτελέσματα ελήφθησαν από τους ίδιους ερευνητές όσον αφορά στην καλλιέργεια καρότου και λάχανου (Warman and Havard, 1997).

Οι καρποί τομάτας που παρήχθησαν από βιολογική καλλιέργεια είχαν υψηλότερη περιεκτικότητα σε βιταμίνη C, καροτενοειδή και φαινολικές ενώσεις σε πείραμα που

πραγματοποιήθηκε από μεγάλη ερευνητική ομάδα στη Γαλλία (Caris-Veyrat et al., 2004).

Ερευνητές του Πανεπιστημίου της Ρώμης σε συνεργασία με ερευνητές της Νάπολης διερεύνησαν την επίδραση του συστήματος καλλιέργειας σε ροδάκινα και αχλάδια. Τα δεδομένα τους που προέρχονται από εμπορικές καλλιέργειες έδειξαν ότι οι φαινολικές ενώσεις ήταν αυξημένες στους καρπούς από βιολογική καλλιέργεια και στις δύο περιπτώσεις. Υψηλότερη ήταν η περιεκτικότητα σε βιταμίνη C στους καρπούς ροδάκινου ενώ σε α-τοκοφερόλη (πρόδρομος της βιταμίνης E) στους καρπούς αχλαδιού (Carbonaro et al., 2002).

Μελέτες σχετικές με την περιεκτικότητα φαινολικών ενώσεων στο κόκκινο κρασί βιολογικής καλλιέργειας σε σύγκριση με κόκκινο κρασί συμβατικής καλλιέργειας από ομάδα ερευνητών του Πανεπιστημίου του Ege στην Τουρκία. Μελετήθηκε επίσης η επίδραση στην αντιοξειδωτική ικανότητα στο ανθρώπινο αίμα μετά από κατανάλωση του αντίστοιχου τύπου κρασιού. Οι μελέτες έδειξαν ότι η κατανάλωση βιολογικού κρασιού είχε θετικότερη επίδραση στην αντιοξειδωτική ικανότητα του ανθρώπινου αίματος (Akçaya et al., 2004).

Το προϊόν της ελιάς το λάδι, έχει μελετηθεί αρκετά για την αντιοξειδωτική του ικανότητα. Σε τριετή μελέτη στο έξτρα παρθένο ελαιόλαδο, μελετήθηκαν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του βιολογικού και συμβατικού ελαιολάδου. Οι ελιές καλλιεργήθηκαν στο ίδιο γεωγραφικό σημείο με μόνη διαφορά την άσκηση γεωργίας. Τα αποτελέσματα έδειξαν κατά τη μέτρηση των ποιοτικών παραμέτρων των δύο λαδιών δεν υπήρξε σημαντική διαφορά μεταξύ τους. Οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι ο γονότυπος και οι διαφορές του καρπού χρόνο με το χρόνο είχαν μεγαλύτερη επίδραση στην ποιότητα του λαδιού (Ninfali et al., 2008)

Σε τα φυτά τομάτας και πιπεριάς έγινε πείραμα βιολογικής και συμβατικής γεωργίας, τα φυτά αναπτύχθηκαν με πιστοποιημένο οργανικό λίπασμα. Το οργανικό λίπασμα αναφέρθηκε ότι επηρέασε τη συγκέντρωση των φυτοχημικών, όπως για παράδειγμα τις φαινολικές ενώσεις σε δύο ποικιλίες τομάτας, δεν είχαν όμως την ίδια αντίδραση του ίδιου πειράματος δύο ποικιλίες πιπεριάς. Συμπληρώνοντας τα αποτελέσματα του πειράματος, αναφέρουμε ότι στα άλλα φυτοχημικά δεν υπήρξε κάποια σημαντική διαφορά μεταξύ οργανικών και συμβατικών καλλιεργειών. Σε ίδιο

πείραμα στο μαρούλι, δεν υπήρξε καμία διαφοροποίηση φαινολικών ενώσεων. Παρόλα αυτά, τα πειράματα στον αγρό θα πρέπει να γίνονται πολύ προσεκτικά εφόσον υπάρχουν πολλοί παράγοντες που επηρεάζουν, όπως οι περιβαλλοντολογικές συνθήκες και η εποχή (Gil-Izquierdo et al., 2004).

Η μέθοδος του εμβολιασμού χρησιμοποιείται για χρόνια προκειμένου να αυξήσει την αντίσταση των φυτών σε ασθένειες, το βιοτικό στρες, το αβιοτικό στρες, την ξηρασία, και την έλλειψη θρεπτικών στοιχείων. Η τεχνική του εμβολιασμού μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί σαν εργαλείο για τη βελτίωση ποιότητας των φρούτων. Εμβολιασμός είναι η ένωση δύο ή περισσότερων κομματιών ζωντανού ιστού έτσι ώστε να μπορούν να μεγαλώσουν σαν ένα φυτό. Υπάρχει πλούσια βιβλιογραφία όσον αφορά τη σχέση των φυτοχημικών όπως φλαβονοειδών, φαινολικών ενώσεων και καροτενοειδών και του εμβολιασμού. Ομάδα ερευνητών μελέτησαν τις φαινολικές ενώσεις σε έξι διαφορετικές ποικιλίες βερίκοκου, εμβολιασμένες με *Prunus tomentosa* ή *Prunus persica*. Τα αποτελέσματα έδειξαν τις τέσσερις ποικιλίες με εμβόλιο *tomentosa*, να έχουν αυξημένα τα συνολικά επίπεδα φαινολικών ενώσεων, συνδυασμένα με υψηλή απόδοση και συνολική ποιότητα φρούτου. Τα υπόλοιπα δέντρα με το εμβόλιο *persica* δεν έδειξαν καμία διαφοροποίηση σε συγκεντρώσεις φυτοχημικών. Παρομοίως άλλη ομάδα ερευνητών μελέτησε τις εμβολιασμένες μηλιές, στις οποίες οι συγκεντρώσεις φυτοχημικών διαφοροποιούνταν ανάλογα το εμβόλιο τους. Η μετακίνηση των ανθοκυανών είναι πολλή σημαντική για τα σταφύλια, για την παραγωγή του καρπού και την εκπόνηση κρασιού, ο εμβολιασμός λοιπόν στο αμπέλι επηρεάζει την ανάπτυξη του καρπού στο στάδιο του μούρου, τα σάκχαρα, τα οργανικά οξέα και τη συγκέντρωση των ανθοκυανών. Άλλη εφαρμογή της τεχνικής του εμβολιασμού είναι η αύξηση της αντίστασης στο αβιοτικό στρες όταν για παράδειγμα τα φυτά αναπτύσσονται σε υψηλής αλατότητας έδαφος και πολύ χαμηλής άρδευσης. Αυτές οι περιβαλλοντολογικές καταπονήσεις, διαφοροποιούν τις συγκεντρώσεις των φυτοχημικών, συνήθως σαν μηχανισμό άμυνας ή προσαρμογής στις συνθήκες. Ερευνητές μετά από πείραμα σε εμβολιασμένα φυτά τομάτας κάτω από συνθήκες υψηλής αλατότητας, βρήκαν ότι οι καρποί της τομάτας είχαν υψηλότερες συγκεντρώσεις λυκοπενίου και β-καροτένιου από ότι οι κανονικές καλλιέργειες. Συμπερασματικά θα μπορούσαμε να πούμε ότι ο εμβολιασμός είναι ένα χρήσιμο εργαλείο για τη βελτίωση των αγρονομικών

χαρακτηριστικών των φυτών αλλά και των φυτοχημικών συγκεντρώσεών τους (Martínez-Ballesta et al. 2008).

Η μέθοδος του εμβολιασμού σε υποκείμενα λεμονιάς και όχι μόνο χρησιμοποιείται σαν αγρονομική τεχνική για την βελτίωση της ποιότητας αλλά και της ποιότητας των καρπών. Σε μελέτη που πραγματοποιήθηκε σε φυτά λεμονιάς, χρησιμοποιήθηκαν εμβόλια για να παρατείνουν το βιολογικό κύκλο, την ποιότητα των καρπών, την παραγωγή αλλά και τη συγκέντρωση των φλαβονοειδών. Επίσης το εμβόλιο στη συγκεκριμένη μελέτη χρησιμοποιήθηκε και για την μείωση του πάχους στο φλοιό του δέντρου στο σημείο του εμβολιασμού, έτσι ώστε να μην υπάρχει πρόβλημα στη διέλευση του χυμού του φυτού. Σε αυτή τη μελέτη ο εμβολιασμός έγινε μεταξύ του ριζικού και της κόμης του φυτού για να εκμεταλλευτεί τη ροή του χυμού των φλαβονοειδών. Το υποκείμενο αγρονομικά είναι σημαντικότερο από το εμβόλιο. Το εμβόλιο είχε μόνο μικρή επιρροή στη συγκέντρωση των φλαβονοειδών, διαφοροποίησε μόνο συγκεκριμένα φλαβονοειδή στο χυμό των λεμονιών. Το αποτέλεσμα της μελέτης ήταν ότι η τεχνική του εμβολιασμού δεν είχε κάποια διαφορά στη συγκέντρωση των φλαβονοειδών (Gil-Izquierdo et al., 2004).

Μελέτη έγινε και σε ποικιλίες ροδακινιάς, όπου μελετήθηκε η προσαρμοστικότητα των φυτών σε διάφορα εδάφη, αλλά και η ποιότητα των παραγόμενων φρούτων όπως είναι η αντιοξειδωτική ικανότητα δηλαδή η περιεκτικότητα τους σε φυτοχημικά. Στη μελέτη αυτή βρέθηκε ότι το υποκείμενο Ishtara με εμβόλιο Suncrest είχαν τους καρπούς με τη μεγαλύτερη αντιοξειδωτική ικανότητα και συγκέντρωση φαινολικών ενώσεων. Ενώ γενικότερα υπήρξε θετική συσχέτιση του εμβολιασμού με την αύξηση της συγκέντρωσης των φαινολικών ενώσεων (Giorgi et al., 2005).

Μελετήθηκαν 20 ποικιλίες σπαραγγιού και ποιά η σχέση των αντιοξειδωτικών με την εποχή και τις καλλιεργητικές μεθόδους. Οι συγκεντρώσεις της ρουτεΐνης στους φρέσκους βλαστούς του σπαραγγιού Βρίσκονται μεταξύ 763 με 1,550 mg/kg φρέσκου βάρους. Ενώ η συνολική συγκέντρωση των φαινολικών ενώσεων και συγκεκριμένα της κερκετίνης ποικίλει μεταξύ 771 με 1,026 mg /kg φρέσκου βάρους. Σημειώνοντας τις συγκεντρώσεις στο πέρασμα των εποχών, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η ρουτεΐνη και οι φαινολικές ενώσεις συνεχώς μειώνονταν από τον Απρίλιο μέχρι τον Αύγουστο, ενώ αυξήθηκαν ξανά τον Ιούλιο. Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι η συγκέντρωση της

ρουτεΐνης και ο συνδυασμός και τη συνεργία των αντιοξειδωτικών πολυφαινολών μπορεί να επηρεάσει την αντιοξειδωτική ικανότητα του σπαραγγιού, όπως επίσης ο καιρός οι καλλιεργητικές τεχνικές, ειδικότερα ο φωτισμός μπορεί να έχει μεγάλη επίδραση στην ρουτεΐνη και στις πολυφαινολικές ενώσεις (Maeda et al.2008b).

Σε μελέτη για τη συγκέντρωση φαινολικών ενώσεων, έγινε σε έντεκα διαφορετικά είδη μελιτζάνας. Οι συγκεντρώσεις των φυτοχημικών μετρήθηκαν με τρεις διαφορετικές μεθόδους, σύμφωνα με τα αποτελέσματα των έντεκα ποικιλιών η ποικιλία με τις μεγαλύτερες συγκεντρώσεις ήταν η *Solanum torvum*(Chanasut and Rattanapanone 2008)

Σε μελέτη, ερευνήθηκε η σχέση της συγκέντρωσης των γλυκοζιτών με τη χρήση λιπάσματος και κάτω από διάφορες κλιματικές συνθήκες. Στη πείραμα χρησιμοποιήθηκαν 8 διαφορετικές ποικιλίες μπρόκολου. Τα αποτελέσματα δεν έδειξαν διαφοροποίηση της συγκέντρωσης των γλυκοζιτών στη φτωχή και τη πλούσια λίπανση. Ενώ όλες οι ποικιλίες έδειξαν υψηλότερες συγκεντρώσεις στην όψιμη απο ότι στην πρόιμη καλλιέργεια. Ακόμα οι εμπορικές ποικιλίες μπρόκολου είχαν καλύτερες αποδόσεις και συγκεντρώσεις σε φυτοχημικά από ότι οι πειραματικές ποικιλίες(Vallejo et al.,2003).

Από ερευνητές μελετήθηκε η επίδραση δυο καλλιεργητικών συστημάτων στην ποιότητα και την αντιοξειδωτική ικανότητα σε φυτά φράουλας. Το ένα σύστημα αφορούσε την κάλυψη γραμμών σε επίπεδο έδαφος και το άλλο γραμμές καλυμμένες με πλαστικό φιλμ σε λόφο. Επίσης μελετήθηκε και η επίδραση του γονότυπου. Τα αποτελέσματα του πειράματος έδειξαν τη σημαντική διαφορά που υπήρξε στα φυτά στις ανθοκυανίνες, στις φαινολικές ενώσεις στα φλαβονοειδή στις φράουλες με την εφαρμογή του πλαστικού φίλμ.(Wang et al.,2002)

Ο γονότυπος και η εποχή καλλιέργειας μελετήθηκε σε είδος μούρου. Η μελέτη έγινε για να βρουν τη συσχέτιση των δύο παραγόντων με τη συγκέντρωση των φαινολικών ενώσεων. Γενικότερα τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ο γονότυπος με τα μικρότερα σε μέγεθος μούρα είχε μεγαλύτερη αντιοξειδωτική δράση από ότι τα μεγαλύτερα. Όσον αφορά την εποχή καλλιέργειας έδειξαν ότι η συγκέντρωση των φαινολικών ενώσεων των ανθοκυανών και άλλων αντιοξειδωτικών είχε μεγάλη σχέση με το γονότυπο(Howard et al., 2003).

Συμφωνα με μελέτες η συγκέντρωση των φυτοχημικών διαφοροποιείται απο το μέρος του καρπού που καταναλίσκεται.

Η συγκέντρωση του λυκοπενίου εξαρτάται και από άλλους παράγοντες όπως το στάδιο ωρίμανσης του καρπού της τομάτας. Ο μεταβολισμός των καροτενοειδών και της χλωροφύλλης ξεκινά από το κέντρο του καρπού και εξαπλώνεται προς το εξωτερικό του. Ενώ άλλες χρωστικές κατά την ανάπτυξη του καρπού μειώνονται για παράδειγμα η χλωροφύλλη, το λυκοπένιο και άλλες χρωστικές των καροτενοειδών αυξάνονται. Σε ποικιλία που ωρίμασε μετασυλλεκτικά σε θερμοκρασία 22C⁰, αναλύθηκε σε έξι στάδια ωριμότητας. Η συγκέντρωση του λυκοπενίου αυξήθηκε από 0.41mg/kg νωπού βάρους του αρχικού σταδίου ωρίμανσης και μέχρι το τελικό στάδιο η τιμές έφτασαν το 70mg/kg νωπού βάρους. Σε καρπό τομάτας θερμοκηπίου, υπήρξε σημαντική πτώση στην συγκέντρωση χλωροφύλλης από την έναρξη της ωρίμανσης μέχρι και την ωρίμανση. Στην αρχή του σταδίου με το ρόζ χρωματισμό στο καρπό της τομάτας η χλωροφύλλη είχε σχεδόν εξαφανιστεί. Κατά την ίδια περίοδο η συγκέντρωση του β-καροτένιου, αυξήθηκε κατά το διπλάσιο. Το λυκοπένιο και άλλες χρωστικές των καροτενοειδών εμφανίστηκαν μετά το ροζ στάδιο. Στο στάδιο πλέον της ωρίμανσης η συνολική συγκέντρωση του λυκοπενίου αποτελούσε το 95% από όλα τα χρωστικά καροτενοειδή και το 73% των συνολικών καροτενοειδών. Η συγκέντρωση του λυκοπενίου θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σαν δείκτης για την ωρίμανση του καρπού της τομάτας (Dumas et al. 2003).

Το μέγεθος του καρπού και ο χρωματισμός έχουν επίσης εξεταστεί ως ενδείξεις της περιεκτικότητας σε φυτοχημικά. Μελέτες έχουν δείξει ότι ποικιλίες με μικρότερο μέγεθος καρπού και ζωηρότερο κόκκινο χρώμα έχουν υψηλότερη αντιοξειδωτική δραστηριότητα και υψηλότερη συγκέντρωση λυκοπενίου αντίστοιχα. (Toor & Savage, 2005).

Σύμφωνα με πείραμα που έγινε στη Βαρσοβία σε 12 ποικιλίες μηλοειδών, ερευνήθηκε η συγκέντρωση των αντιοξειδωτικών στο φλοιό του καρπού του μήλου και στο μεσοκάρπιο του. Βάση των αποτελεσμάτων οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις των συνολικών αντιοξειδωτικών βρίσκονται στο φλοιό ενώ ακολουθεί το μεσοκάρπιο (Lata 2007). Με το ίδιο πείραμα ασχολήθηκε και άλλη ομάδα ερευνητών η οποία εξέτασε τη συγκέντρωση των φαινολικών ενώσεων. Και κατέληξαν στο συμπέρασμα της

μεγαλύτερης συγκέντρωσης φαινολικών ενώσεων στο φλοιό του μήλου από ότι στη σάρκα(Chinnici et al., 2004).

Μελέτες αναφέρουν την επίδραση της άρδευσης στη συγκέντρωση των ανθοκυανών στο φλοιό της ρόγας του σταφυλιού. Η συγκέντρωση των φαινολικών ενώσεων αυξήθηκε με τη μειωμένη άρδευση. Εκτός από τις φαινολικές ενώσεις τάση αύξησης είχαν οι ανθοκυανίνες, οι τανίνες. Αυτό ήταν το αποτέλεσμα του πρώτου χρόνου της μελέτης, κατά το δεύτερο χρόνο η συγκέντρωση των ανθοκυανών ήταν υψηλότερη στα αρδευόμενα φυτά(Esteban et al., 2001).

Σύμφωνα με πείραμα σε καρπούς μήλων, βρέθηκε υψηλότερη συγκέντρωση φαινολικών ενώσεων στο φλοιό από ότι στη σάρκα του καρπού από φρεσκοκομμένα φρούτα. Κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης η ποσότητα των allergens, αυξήθηκε στο φλοιό και στη σάρκα. Επίσης επίδραση στη συγκέντρωση έχει ο χρόνος συγκομιδής και οι συνθήκες αποθήκευσης(Nybohm et al.,2008).

Όσον αφορά στη συγκέντρωση της συνολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας και τη διάθεση των φυτοχημικών στα μέρη του καρπού, έγινε μελέτη στην οποία ερευνήθηκε ο καρπός είδος μούρου. Τα αποτελέσματα έδειξαν καθαρά ότι οι χημική σύνθεση και η αντιοξειδωτική ικανότητα στα φρούτα είδος μούρου επηρεάζεται από το στάδιο ωρίμανσης. Σημαντική διαφοροποίηση βρέθηκε στις φαινολικές ενώσεις, στις ανθοκυανίνες και οργανικών οξέων σε τέσσερα διαφορετικά στάδια ωρίμανσης. Το πράσινο στάδιο έδειξε ότι είχε τη μεγαλύτερη αντιοξειδωτική ικανότητα(Çelik et al.,2008)

Τα βασικά καροτενοειδή στο κατσαρό λάχανο, μελετήθηκαν από ερευνητές και πώς αυτά επηρεάζονται από την ωριμότητα του καρπού, την εποχή και την ελάχιστη μετασυλλεκτική μεταχείριση. Το κατσαρό λάχανο συμβατικής καλλιέργειας είχε μεγαλύτερη συγκέντρωση σε β-καροτενίο και λουτεΐνη στα ώριμα φύλλα ενώ η βιολαξανθίνη πρόδρομος της ζεαξανθίνης(καροτενοειδές) υπήρχε σε ασυνήθιστα υψηλά επίπεδα στα νεαρά φύλλα. Σε κατσαρό λάχανο βιολογικής καλλιέργειας βρέθηκαν τα ίδια επίπεδα συγκέντρωσης στα ώριμα και τα νεαρά φύλλα. Το β-καροτένιο δεν είχε όμως κάποια σημαντική διαφορά στην εποχή φύτευσης. Στην ελάχιστη μετασυλλεκτική μεταχείριση η υψηλότερη συγκέντρωση καροτενοειδών παρατηρήθηκε στις καλλιέργειες του καλοκαιριού από ότι στις καλλιέργειες του

χειμώνα. Γενικότερα, κατά την αποθήκευση, παρατηρήθηκε ότι σε διάρκεια 5 ημερών και σε βαθμούς 7–9 °C, η λουτεΐνη, η νεοξανθίνη και η βιολαξανθίνη είχαν μείωση (De Azevedo and Rodriguez-Amaya 2005).

Σε σπαράγγια έγινε πείραμα με σκοπό να σημειωθεί η συγκέντρωση των φλαβονοειδών και άλλων φυτοχημικών σε διάφορα σημεία του φυτού, όπως οι ρίζες, τα φύλλα και οι κεφαλές. Χρησιμοποιήθηκαν 10 διαφορετικές ποικιλίες σπαραγγιού. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η δράση των φυτοχημικών στο σπαράγγι ήταν εντονότερη στις ρίζες από ότι στους τρυφερούς βλαστούς και στα φύλλα που επίσης ελέγχθηκαν. Σε αντίθεση η συγκέντρωση των φλαβονοειδών και της ρουτεΐνης ήταν πολλή μεγάλη στα φύλλα από ότι στις ρίζες και τις κεφαλές. Επίσης σημασία στη συγκέντρωση των φλαβονοειδών είχε και το φύλο του φυτού (Yingyan et al. 2008).

Σε πείραμα που έγινε στην Ουγγαρία, σε πολλές ποικιλίες διαπιστώθηκε οι μεγάλη ποικιλομορφία που υπήρχε μεταξύ των τιμών στις συγκεντρώσεις του β-καροτένιου και της συνολικής φαινολικής συγκέντρωσης με αύξηση των τιμών μέχρι και το διπλάσιο της συγκέντρωσης. Στοιχεία από την Ν. Ιταλία έδειξαν ότι οι συγκεντρώσεις αυξάνονταν με την πάροδο των χρόνων, μέχρι και το 1999 οι συγκεντρώσεις είχαν τετραπλασιαστεί. Στην Ισπανία είχαν παρόμοια αποτελέσματα. Παρόλα αυτά στην ευρωπαϊκή ένωση δεν υπήρχε κάποια αξιολογή αύξηση (Dumas et al. 2003).

Πολλοί από τους παράγοντες που εμπλέκονται στην βιοσύνθεση των φυτοχημικών, φαίνεται να είναι αντικρουόμενοι. Η έλλειψη νερού κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης του φυτού, μπορεί να αυξήσει την συγκέντρωση της βιταμίνης C και να μειώσει το λυκοπένιο. Επιπλέον η ηλιακή ακτινοβολία μπορεί να δώσει πλεονέκτημα στη βιταμίνη C και στις φαινόλες στο φρούτο ενώ το λυκοπένιο, μπορεί να αναπτυχθεί καλύτερα κάτω από την προστασία του φυλλώματος. Δεν υπάρχουν πολλές πληροφορίες για το άζωτο N και το P, τη θερμοκρασία, το νερό και η ακριβής τους σχέση με τα αντιοξειδωτικά. Είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε την επίδραση του νερού στα αντιοξειδωτικά στους καρπούς της τομάτας, γιατί το νερό είναι από τους βασικούς παράγοντες την ποιότητας και ποσότητας των καρπών τομάτας. Όσον αφορά την λίπανση, τα στοιχεία που υπάρχουν χρειάζονται περαιτέρω έρευνα. Η δυσκολία έγκειται στο ότι η γνώση για τα στοιχεία του εδάφους και την ήδη υπάρχουσα συγκέντρωσή τους δεν αρκεί. Στη περίπτωση του νιτρώδους, επηρεάζεται από τις

περιβαλλοντολογικές συνθήκες. Στη περίπτωση του Ρ και Κ, οι ρίζες του φυτού της τομάτας μπορούν να έχουν μεγάλη απορροφητική ικανότητα. Το 80 % του Ρ και Κ, απορροφάται από το χώμα. Τα αποτελέσματα πολλών μελετών δείχνουν ότι η συγκέντρωση του λυκοπενίου τείνει να αυξάνεται κατά το τέλος της ωρίμανσης. Παρόλα αυτά είναι δύσκολο να συγκρίνουμε τα αποτελέσματα, γιατί οι καλλιέργειες ήταν διαφορετικές και τα στάδια στα οποία έγιναν τα πειράματα όπως επίσης οι περιγραφές μπορεί να είναι υποκειμενικές. Τα στοιχεία αυτά δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Για παράδειγμα για τον υπολογισμό οι μετρήσεις των θερμοκρασιών δεν θα μπορούσαν να το έκαναν εφικτό να γίνουν συγκρίσεις ή να φτιαχτεί ένα μοντέλο διαδικασιών. Όσον αφορά τις φαινολικές ενώσεις οι πληροφορίες που έχουν δημοσιευτεί έχουν αρκετά κενά. Ένα ερώτημα δημιουργείται, πώς η ανάπτυξη των φυτών και οι παράγοντες που το επηρεάζουν μπορούν να χρησιμοποιηθούν έτσι ώστε να ελέγχονται οι συγκεντρώσεις των φαινολικών ενώσεων. Σαν αποτέλεσμα θα ήταν δύσκολο να καθορίσουμε ένα μοντέλο ιδανικών συνθηκών για να μεγιστοποιήσουμε την βιοσύνθεση και αποθήκευση /σταθεροποίηση των αντιοξειδωτικών. Θα είχε μεγάλο ενδιαφέρον αν υπήρχαν περισσότερα στοιχεία για να μας βοηθήσουν να καταλάβουμε καλύτερα πώς οι αγρονομικοί παράγοντες και οι τεχνικές είναι υπεύθυνες για να επηρεάσουν τη συγκέντρωση των φυτοχημικών σε σχέση με τους παράγοντες του φωτός, της θερμοκρασίας και του γενετικού υπόβαθρου (Dumas et al. 2003).

4. Η επίδραση της κλιματικής αλλαγής στη συγκέντρωση των φυτοχημικών

Η κλιματική αλλαγή επηρεάζει ταχύτατα παράγοντες βασικούς για τις καλλιέργειες αλλά και την ποιότητα των παραγόμενων τροφίμων. Το νερό, αλλά και η ποιότητα του, επηρεάζει την ποσότητα της παραγόμενης ποσότητας. Η θερμοκρασία, η ατμοσφαιρική ρύπανση, η συσσώρευση ρυπογόνων στοιχείων στο έδαφος, είναι σημαντικοί παράγοντες για την ποιότητα των προϊόντων. Η επίδραση της κλιματικής αλλαγής στη βιοσύνθεση των φυτοχημικών είναι ένας τομέας αρκετά πρόσφατος, μέχρι σήμερα δεν υπάρχει μεγάλο πλήθος μελετών, αλλά είναι ένας πολύ σημαντικός παράγοντας για τη βιοσύνθεση των φυτοχημικών άρα και την ποιότητα των φρούτων και των λαχανικών.

Η ατμοσφαιρική ρύπανση δεν είναι ο μόνος παράγοντας που μελετάται από τους ερευνητές. Τα βαρέα μέταλλα είναι ένας παράγοντας που έχει επίσης απασχολήσει.

Από μελέτη σε τρεις ποικιλίες λαχανοκομικών(μαρούλι, παντζάρι, φασολιά), βρέθηκε η μετακίνηση των βαρέων μετάλλων (ραδιενεργού νικελίου και καδμίου) στο σύστημα των φυτών(Fismes et al., 2005)

Από μελέτη που έχει γίνει σε τρεις ποικιλίες σιταριού στο Πακιστάν. Ερευνήθηκε η επίδραση των ατμοσφαιρικών ρύπων στη γεωργία των αναπτυσσόμενων χωρών. Το πειραματικό μέρος της μελέτης περιελάμβανε χώρο χωρίς στέγαση και υπήρχαν δύο εφαρμογές, μία με φίλτρο αέρα με φίλτρα κάρβουνου και η άλλη χωρίς φίλτρο αέρα κάρβουνου. Τα αποτελέσματα έδειξαν μετά τη συγκομιδή και ανάλυση των καρπών τη διαφοροποίηση της θρεπτικής αξίας στις δύο εφαρμογές. Η εφαρμογή με τον αφιλτράριστο αέρα είχε τη μεγαλύτερη μείωση σε θρεπτική αξία όσον αφορά στο άμυλο. Η βιταμίνη E και οι πρωτεΐνες δεν είχαν κάποια διαφοροποίηση(Wahid 2006).

Σε μελέτη ενός μεγάλου ερευνητή κάποια χρόνια πριν αναφέρει, ότι με την αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα κατά την κλιματική αλλαγή, υπάρχει η περίπτωση να παρατηρηθεί αύξηση της κόμης των φυτών και στην πυκνότητά της. Και αυτή η αλλαγή μπορεί να επιφέρει μεγαλύτερη διαθεσιμότητα βιομάζας υψηλής διατροφικής αξίας συνδυασμένο με ακόμα μεγαλύτερη υγρασία στο μικροκλίμα του φυτού(Manning 1995).

Οι μελέτες για την ατμοσφαιρική ρύπανση είναι διεθνείς. Σε μελέτη από την Ινδία αναφέρεται η επίδραση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης όχι μόνο όσον αφορά την μείωση της θρεπτικής αξίας στις αστικές και τις ημιαστικές περιοχές αλλά και στη μείωση της παραγωγής(Poole et al., 2002).

Η ατμοσφαιρική ρύπανση όμως έχει και πιο άμεσα αποτελέσματα στον άνθρωπο, πολλαπλασιάζει κατά ένα βαθμό την οξειδωτική ζημιά των κυττάρων μας. Πολλά γονίδια τα οποία προκαλούν παθήσεις του καρδιαγγειακού αλλά και αγγειακών δυσλειτουργιών είναι ευαίσθητα στο οξειδωτικό στρες με αποτέλεσμα μία ανισορροπία στην κυτταρική οξειδωτική κατάσταση και την αντιοξειδωτική δράση να είναι πολλή σημαντική για την έκβαση των ασθενειών. Ένα από τα θέματα που προκύπτουν είναι στις σύγχρονες τοξικολογικές επιστήμες είναι η τροποποίηση της περιβαλλοντικής τοξικότητας με θρεπτικά συστατικά. Από αποτελέσματα μελετών έχουν προκύψει

στοιχεία που αποδεικνύουν ότι τα αντιοξειδωτικά θρεπτικά συστατικά που υπάρχουν σε φρούτα και λαχανικά, προστατεύουν κατά της περιβαλλοντικής τοξικότητας να προσβάλλουν τα ενδοθηλιακά κύτταρα (Hennig et al., 2007).

Το όζον είναι από τους σημαντικούς δευτερογενείς ρύπους. Η διαβάθμιση της ποσότητας του στην ατμόσφαιρα έχει επιδράσεις στην θρεπτική αξία των φρούτων και λαχανικών. Σε πείραμα μελετήθηκε η επίδραση του όζοντος στο σπανάκι. Το πειραματικό μέρος της μελέτης έγινε σε δωμάτια με ανοιχτή οροφή, ενώ οι καλλιέργειες εκτέθηκαν σε τρεις διαφορετικές συγκεντρώσεις όζοντος. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η αποτελεσματικότητα στην μετατροπή ενέργειας στο φωτοσύστημα 2 είχε αλλάξει, αυτό σχετίστηκε με τη μείωση της φωτοσυνθετικής ικανότητας και το κλείσιμο των στοματίων και την αύξηση του CO² μέσα στα κύτταρα. (Calatayud et al., 2004).

Οι ατμοσφαιρικοί ρύποι δεν βρίσκονται μόνο σε αέρια μορφή αλλά και σε στερεή μορφή. Μελέτη δείχνει αποτελέσματα για το λαχανικό αμάруνο και τις επιδράσεις που έχει η συγκέντρωση μετάλλων στο έδαφος με τη συγκέντρωση των φυτοχημικών. Η μελέτη αυτή έγινε στη Καμπάλα στην Ουγκάντα. Το πειραματικό μέρος έλαβε χώρας ε περιοχές κοντά σε δρόμους. Και μελετήθηκε το έδαφος, τα φύλλα άλλα και φιλμ από τζάμια κοντά σε δρόμους. Τα αποτελέσματα έδειξαν την απορρόφηση των φυλλωδών λαχανικών και πόσο υψηλότερη ήταν σε βαρέα μέταλλα από ότι οι καλλιέργειες σε μεγαλύτερες αποστάσεις από τους δρόμους (Nabulo et al., 2006).

Η συγκέντρωση βαρέων μετάλλων είναι αντικείμενο και σε μελέτες που θέλουν να προσδιορίσουν της συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων και σε άλλα είδη φυτών αλλά σε συσχέτιση με την αντιοξειδωτική τους αξία και την συγκέντρωσή τους σε φαινολικές ενώσεις. Τέτοιου είδους μελέτη πραγματοποιήθηκε στην Νοτιοδυτική πυριτική ζώνη, στο φυτό που ανήκει στο είδος *Erica* sp. Στα αποτελέσματα αυτής της μελέτης φάνηκε ότι τα φυτά του είδους που είχαν εκτεθεί σε βαρέα μέταλλα είχαν την χαμηλότερη συγκέντρωση φαινολικών ενώσεων και αντιοξειδωτική ικανότητα (Márquez-García et al., 2009).

5. Τοξικότητα των φυτοχημικών στον ανθρώπινο οργανισμό

Στις ιδιότητες των φυτοχημικών συγκαταλέγεται και η τοξικότητα. Οι αφύσικες συγκεντρώσεις των φυτοχημικών μπορούν να προκαλέσουν τοξικότητες. Όπως ισχύει γενικότερα στην κατανάλωση οποιασδήποτε τροφής έτσι και στα φυτοχημικά υπάρχει αρνητική επίδραση στην υπερβολική κατανάλωση, αλλά και σε κάποιες κατηγορίες φυτοχημικών οι οποίες έχουν αρνητικές επιδράσεις στη ανθρώπινη υγεία. Η συγκέντρωση των φυτοχημικών αυτών, μπορεί να επηρεαστεί από πολλούς παράγοντες όπως επηρεάζονται και τα φυτοχημικά με τις ευεργετικές ιδιότητες. Μελέτες έχουν δείξει ότι σημαντικός παράγοντας είναι ο τρόπος καλλιέργειας, όπως είναι η οργανική, η ολοκληρωμένη αλλά και η συμβατική. Οι καλλιεργητικές τεχνικές αλλά και οι μέθοδοι μετασυλλεκτικού χειρισμού. Για παράδειγμα, αναφέρουμε φυτοχημικά τα οποία σε κάποια στάδια της ανάπτυξης των φρούτων και των λαχανικών σε υψηλές συγκεντρώσεις μπορούν να είναι τοξικά.

Τα γλυκοαλκαλοειδή είναι δευτερογενείς μεταβολίτες οι οποίοι κάτω από συγκεκριμένα επίπεδα μπορούν να είναι τοξικοί σε βακτήρια, μύκητες, ιούς, ζώα και ανθρώπους (Friedman 2006). Τα γλυκοαλκαλοειδή είναι συνήθως είναι παρόντα σε φυτά του είδους Solanaceae. Οι καλλιέργεια βολβών πατάτας είναι γνωστό ότι περιέχει μια μικρή τοξικότητα και αποδίδεται κυρίως στην παρουσία γλυκοαλκαλοειδών. Αυτές οι ουσίες παράγονται όταν οι βολβοί της πατάτας εκτίθενται σε ηλιακή ακτινοβολία και με αυτό το τρόπο αυξάνεται επικίνδυνα η συγκέντρωση των γλυκοαλκαλοειδών άρα και της τοξικότητας. Ευτυχώς όταν συμβαίνει αυτό, συνοδεύεται από το πράσινο χρωματισμό στον βολβό λόγω της παραγωγής χλωροφύλλης. Οι βολβοί πατάτας περιέχουν φυσικά διάφορους τύπους αλκαλοειδών που αρχικά συνδέονται με την αντίσταση των φυτών σε ασθένειες και την χρονική υποβάθμιση. Η πιο σημαντική ομάδα αλκαλοειδών στις ευρέως παραγόμενες ποικιλίες πατάτας είναι τα γλυκοαλκαλοειδή, ένα μόριο σακχαρώζης συνδεδεμένο με τη στεροειδή αλκαλοειδή σολανιδίνη (Machado et al., 2007). Η συνολική συγκέντρωση των γλυκοαλκαλοειδών στους βολβούς πατάτας ποικίλει σε μεγάλη κλίμακα σύμφωνα με την ποικιλία. Οι τιμές ποικίλουν μεταξύ 2 και 410 mg/100 g νωπού βάρους, αλλά συνήθως οι τιμές βρίσκονται μεταξύ 10 και 150 mg/ 100 g νωπού βάρους. Η κατανομή των γλυκοαλκαλοειδών δεν είναι ομοιόμορφη αλλά συγκεντρωμένη κυρίως σε περιοχές

όπως η περιφέρεια. Οι μεγάλες και μη ελεγχόμενες αυξήσεις στα γλυκοαλκαλοειδή μπορούν να επέλθουν από διαφοροποιήσεις στη ποικιλία, την τοποθεσία, την εποχικότητα, την καλλιεργητική τεχνική και τους παράγοντες στρες. Τα γλυκοαλκαλοειδή δεν καταστρέφονται κατά τη διάρκεια του μαγειρέματος. Η δηλητηρίαση προκαλεί σοβαρά συμπτώματα γαστρεντερικών δυσλειτουργιών, παραισθήσεων, μερικής παράλυσης, σπασμούς, κώμα, μέχρι και θάνατο. Δόση μεταξύ 1-5 mg/kg βάρους του σώματος, προκαλεί τοξικότητες, ενώ 1-5 mg/kg σωματικού βάρους μπορεί να προκαλέσει θάνατο(Matthews et al.2005)

Η ιδιότητα τους αυτή έχει οδηγήσει σε καθορισμό των ορίων συγκέντρωσης των γλυκοαλκαλοειδών στις νέες ποικιλίες προτού αυτές διατεθούν στην αγορά. Τα όρια αυτά κυμαίνονται στα 200 mg/kg νωπού βάρους. Τα γλυκοαλκαλοειδή μπορούν να αυξηθούν κατά τη διάρκεια των μετασυλλεκτικών χειρισμών όπως επίσης και κατά τη διάρκεια προετοιμασίας για το μαγείρεμα(Friedman 2006)(Tajner-Czorek et al.,2008)

Στον τομέα των φαινολικών ενώσεων, παρόλο που δεν υπάρχει κάποια ένδειξη ότι η ημερήσια κατανάλωση είναι ζημιογόνα για τον ανθρώπινο οργανισμό, υπάρχουν πειράματα που δείχνουν ότι μεγάλες ποσότητες φαινολικών ενώσεων μπορεί να είναι τοξικές για τον ανθρώπινο οργανισμό. Σε πείραμα έχουν εισαχθεί υψηλές δόσεις φαινολικών ενώσεων σε τεχνητά αποτοξινωτικά συστήματα, το αποτέλεσμα ήταν υψηλά ποσοστά εμφάνισης προβλημάτων σε νεφρά και συκώτι. Πολλή μεγάλη και μακρόχρονη λήψη καφεϊκού οξέος μπορεί να προκαλέσει καρκίνο του στομάχου σύμφωνα με πειράματα σε τρωκτικά. Ακόμα μεγάλες συγκεντρώσεις φαινολικών οξέων μπορούν να αλλάξουν το την βιοικανότητα και το μεταβολισμό κάποιων φαρμάκων και πιθανά με έμμεσο τρόπο να προκαλέσουν υπερδοσολογία του φαρμάκου. Τα φυτοοιστρογόνα που δίδονται ευρέως σε γυναίκες μετά την εμμηνόπαυση σαν εναλλακτική μορφή ορμονών, έχουν παρουσιάσει κάποια γονιδιακή τοξικότητα σε *in vitro* συνθήκες, αλλά και με μία ένδειξη για παρόμοια αποτελέσματα σε *in vivo* συνθήκες. Υψηλές δόσεις σε αρσενικά τρωκτικά με ακτινίδιο, έδειξε καταστολή των επιπέδων τεστοστερόνης και της ποσότητας του σπέρματος .Η σιλημαρίνη ένα μείγμα φαινολικών ενώσεων και ενός φυτού που χρησιμοποιείτε στη θεραπεία της κύρωσης ύπατος Σε ένα πείραμα για τον καρκίνο, αυτό το μείγμα ενθάρρυνε τη δημιουργία καρκίνου του στήθους σε κύτταρα καλλιέργειας. Όπως έχει συζητηθεί και νωρίτερα οι

φαινολικές ενώσεις είναι ουσίες που έχουν εξελιχθεί να είναι μεταξύ άλλων χρησιμότητων τοξικές στους οργανισμούς οι οποίοι τρέφονται με αυτά. Έχει ειπωθεί ότι οι φαινολικές ενώσεις είναι απλά τοξίνες, οι οποίες μπορεί να έχουν γίνει σχετικά ανθεκτικές, ότι εισάγουν ενδογενώς προστατευτικούς μηχανισμούς σε μέτρια καθημερινή κατανάλωση. Στην περίπτωση όμως τεχνητών υποκατάστατων και άλλων παραγώγων με υπερβολικές συγκεντρώσεις μπορεί να είναι επιβλαβές για τον οργανισμό. Τα φλαβονοειδή έχουν δείξει μεγάλη θεραπευτική ικανότητα, αλλά πολύ λίγα από αυτά έχουν εφαρμοστεί στην πρακτική θεραπεία. Φαίνεται λοιπόν ότι η ημερήσια κατανάλωση είναι ευεργετική αλλά και επιβλαβής και αυτό γιατί έχουμε εξελίξει μηχανισμούς οι οποίοι αντιδρούν σε οποιοδήποτε τοξικό παράγοντα των φαινολικών ενώσεων, αλλά θεραπευτικές ιδιότητες σε υψηλές συγκεντρώσεις δεν είναι δυνατό να έχουμε (Stevenson and Hurst 2007).

Στα φυτοχημικά με αρνητικές ιδιότητες για τον οργανισμό, συγκαταλέγονται και οι φουναροκουμαρίνες. Συναντώνται σε εδάδιμα φρούτα και λαχανικά, όπως είναι ο μαϊντανός το σέλινο, το καρώτο και άλλα λαχανικά τα οποία ανήκουν στην οικογένεια των Apiaceae. Χαμηλές συγκεντρώσεις αυτών των φυτοχημικών βρίσκονται και σε φρούτα της οικογένεια Rutaceae. Σύμφωνα με μελέτη στο τομέα αυτό, υπάρχουν αποτελέσματα για η διακύμανση της συγκέντρωσης των φουναροκουμαρινών στο είδος καλλιέργειας, όπως είναι η συμβατική και η οργανική. Όπως επίσης και στη διακύμανση ης συγκέντρωσής τους κατά τη μετασυλλεκτική μεταχείριση. Όσον αφορά στην επίδραση του τρόπου καλλιέργειας, η μελέτη έδειξε τη αύξηση της συγκέντρωσης των φουναροκουμαρινών στην οργανική καλλιέργεια έναντι της συμβατικής, ίσως λόγω τραυματισμού ή φυτοπαρασίτων. Θα πρέπει να γίνουν περαιτέρω έρευνες για την συγκέντρωση των φουναροκουμαρινών και πώς επηρεάζονται από τις καλλιεργητικές τεχνικές. Μεταβολή όμως της συγκέντρωσης έχουμε και κατα τους μετασυλλεκτικούς χειρισμούς. Η μελέτη αναφέρει την αύξηση της συγκέντρωσής τους κατα τη μεταφορά, την αποθήκευση ή και απο διάφορους παράγοντες που καταπονούν τα προϊόντα. Στους παράγοντες καταπόνησης συμπεριλαμβάνεται και το μαγείρεμα,(αν και η υψηλή θερμοκρασία εμποδίζει την περαιτέρω αύξηση της συγκέντρωσης) το οποίο μπορεί να προκαλέσει αύξηση αυτών των ουσιών. Η αποφλοιώση στι σπερισσότερες περιπτώσεις είναι ένας αποτελεσματικός τρόπος για τη μείωση της κατανάλωσης των

φουναροκουμαρινών. Γι' αυτό το λόγο η επεξεργασία και ο χρόνος αποθήκευσης και μεταφοράς των προϊόντων θα πρέπει να μειωθεί (Schulzová et al., 2007).

6. Συμπεράσματα και συζήτηση

Τα φυτοχημικά είναι σημαντικό μέρος της ανθρώπινης διατροφής. Οι ιδιότητες που έχουν είναι πολύ σημαντικές για τη βελτιστοποίηση της υγείας και τη μείωση χρόνιων παθήσεων. Στις ιδιότητές τους συμπεριλαμβάνονται οι αντικαρκινικές, οι αντιφλεγμονώδεις, προστασία ενάντια στην αρτηριοσκλήρωση, τα προβλήματα όρασης και άλλες μορφές παθήσεων. Σημαντικός παράγοντας για να μπορούμε να επωφελομαστε αυτών των χαρακτηριστικών σύμφωνα με μελέτες είναι η κατανάλωση φρούτων και λαχανικών σε ημερήσια βάση.

Ο στόχος όμως μεγάλου μέρους της επιστημονικής κοινότητας είναι η κατανόηση της βιοσύνθεσης των φυτοχημικών και των παραγόντων που την επηρεάζουν. Οι μελέτες αποδίδουν την αύξηση ή τη μείωση των φυτοχημικών σε παράγοντες όπως είναι το σύστημα καλλιέργειας, η ποικιλία, ο γονότυπος, ο προγραμματισμός της εποχής φύτευσης, ο εμβολιασμός, η θερμοκρασία, η ποσότητα της άρδευσης, η ποιότητα του νερού άρδευσης, η ακτινοβολία, η σύσταση του εδάφους σε στοιχεία, η λίπανση, αλλά και μετασυλλεκτικοί χειρισμοί και χειρισμοί κατά την προετοιμασία φαγητού. Τα φυτοχημικά διαφοροποιούνται ακόμα και ως προς το μέρος του καρπού που καταναλίσκεται, για αυτό το λόγο η εύρεση των 'ιδανικών' παραγόντων για τη μέγιστη συγκέντρωση φυτοχημικών είναι ο στόχος πολλών μελετητών για πολλά χρόνια.

Η θερμοκρασία σύμφωνα με μελέτες σε καρπούς τομάτας επιδρά θετικά στη συγκέντρωση λυκοπενίου, η μείωση των αρδέσεων στο μπρόκολο αύξησε στο διπλάσιο τους γλυκοζίτες, οι καρποί τομάτας που βρίσκονται σε άμεσο ηλιακό φως και δεν σκιάζονται από το φύλλωμα του φυτού έχουν αυξημένα επίπεδα φυτοχημικών. Ακόμα ο προγραμματισμός της εποχής φύτευσης μπορεί να αυξήσει τη συγκέντρωση των φυτοχημικών, η σωστή επιλογή ποικιλίας, υπάρχουν ποικιλίες τομάτας με αυξημένα επίπεδα λυκοπενίου, ο εμβολιασμός μηλοειδών έδειξε τη διαφοροποίηση των φυτοχημικών ανάλογως το εμβόλιο, η σωστή εφαρμογή αζώτου και όχι η υπερλίπανση οδηγεί σε αύξηση φυτοχημικών. Στους μετασυλλεκτικούς χειρισμούς μελέτες

αναφέρουν ότι το μεγείρεμα των λαχανικών σε μεγάλες θερμοκρασίες και για μεγάλα διαστήματα μειώνει τις συγκεντρώσεις του λυκοπενίου στους καρπούς τομάτας.

Σήμερα η απαίτηση για υψηλής ποιότητας τρόφιμα έχει οδηγήσει στη δημιουργία προτύπων με βάση τα οποία πιστοποιείται η περιεκτικότητα απαραίτητων βιταμινών, μεταλλικών στοιχείων και υψηλής δραστηριότητας αντιοξειδωτικά.

Σε αυτή τη μελέτη έχουν αναφερθεί μεγάλος αριθμός επιστημονικών αναφορών που αποδεικνύουν τον ευεργετικό ρόλο των φυτοχημικών. Η συγκέντρωσή τους έχει συσχετισθεί με τη διαχείριση της καλλιέργειας και υπάρχει αξιόλογο μέγεθος συσσωρευμένης γνώσης. Παρόλα αυτά μένουν ακόμη αδιευκρίνιστοι μεγάλος αριθμός παραγόντων και ένας μεγάλος αριθμός επιστημόνων δουλεύουν πάνω σε ζητήματα που αφορούν στη διαφοροποίηση των τεχνικών καλλιέργειας και των μετασυλλεκτικών χειρισμών για τη βελτιστοποίηση της υγιεινής των τροφίμων.

Μεγάλη ποικιλία φρούτων και λαχανικών σε ημερήσια βάση μπορεί να θεωρηθεί πολύ καλή στρατηγική για τη βελτιστοποίηση της υγείας και τη μείωση χρόνιων παθήσεων. Τα συνεργιστικά αποτελέσματα των φυτοχημικών στα φρούτα και λαχανικά είναι υπεύθυνα για τις ευεργετικές τους ιδιότητες στην ανθρώπινη υγεία. (Rui 2007).

Έρευνες οι οποίες έχουν πραγματοποιηθεί για την κατανάλωση φρέσκων φρούτων και λαχανικών στην Ευρωπαϊκή ένωση. Τα αποτελέσματα αναφέρουν ότι οι νοτιότερες χώρες είχαν τη μεγαλύτερη κατανάλωση φρούτων και λαχανικών, ενώ τη χαμηλότερη κατανάλωση την είχαν η Ολλανδία και η Σκανδιναβία (Agudo et al.,2002).

Για την κατανόηση των ευεργετικών ιδιοτήτων που έχει η εφαρμογή μίας δίαιτας πλούσιας σε φρέσκα φρούτα και λαχανικά απαιτείται η ανάπτυξη ενός λεπτομερούς και αυστηρού σχεδίου για την καταγραφή των παραγόντων που επηρεάζουν την κατανάλωση φρέσκων φρούτων και λαχανικών παράλληλα με την αξιολόγηση των περιβαλλοντολογικών παραγόντων και λοιπών τεχνικών που επιδρούν στην αύξηση των φυτοχημικών. Η επίτευξη αυτού του στόχου θα απαιτούσε συνδυασμένη έρευνα όχι μόνο στο επιστημονικό πεδίο της γεωπονίας αλλά και σε πεδία της φαρμακευτικής, της ιατρικής και της διατροφολογίας.

Βιβλιογραφία

- Aggarwal B. B., Bhardwaj A., Aggarwal R. S., Seeram N. P., Shishodia S., Takada Y., 2004. Role of resveratrol in prevention and therapy of cancer: Preclinical and clinical studies. *Anticancer Research*. 24(5): 2783-2840.
- Agudo A., Slimani N., Ocké M.C., Naska A., Miller A.B., Kroke A., Bamia C., Karalis D., Vineis P., Palli D., Bueno-de-Mesquita H.B., Peeters P.H.M., Engeset D., Hjartåker A., Navarro C., Martínez Garcia C., Wallström P., Zhang J.X., Welch A.A., Spencer E., Stripp C., Overvad K., Clavel-Chapelon F., Casagrande C., Riboli E., 2002. Consumption of vegetables, fruit and other plant foods in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC) cohorts from 10 European countries. *Public Health Nutrition*. 5(6B): 1179–1196.
- Aires A., Rosa E., Carvalho R., 2006. Effect of nitrogen and sulfur fertilization on glucosinolates in the leaves and roots of broccoli sprouts (*Brassica oleracea* var. *italica*) *Journal of the Science of Food and Agriculture* 86: 1512–1516.
- Akçaya Y. D., Yıldırım H. K., Güvenc U., Sözmen E.Y., 2004. The effects of consumption of organic and nonorganic red wine on low-density lipoprotein oxidation and antioxidant capacity in humans. *Nutrition Research* 24: 541–554.
- Blokhina O., Virolainen E., Fagerstedt K. V., 2003. Antioxidants, Oxidative damage and oxygen deprivation stress: a review. *Annals of Botany*. 91: 179-194.
- Bove K., Lincoln D. W., Tsan M. F., 2002. Effect of Resveratrol on Growth of 4T1 Breast Cancer Cells *in Vitro* and *in Vivo*. *Biochemical and Biophysical Research Communications* 291: 1001–1005.
- Boyer J., Liu R. H., 2004. Apple phytochemicals and their health benefits. *Nutrition Journal*. 3: 5.
- Buendía A.B., Allente A., Nicolás E., Alarcón J., Gil M.I., 2008. Effect of regulated deficit irrigation and crop load on the antioxidant compounds of peaches *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 56: 3601–3608.
- Calatayud A., Iglesias D. J., Taloni M., Barreno E., 2004. Response of spinach leaves (*Spinacia oleracea* L.) to ozone measured by gas exchange, chlorophyll a

- fluorescence, antioxidant systems, and lipid peroxidation. *Photosynthetica* 42(1): 23-29.
- Carbonaro M., Mattera M., Nicoli S., Bergamo P., Cappeloni M., 2002. Modulation of Antioxidant Compounds in Organic vs Conventional Fruit (Peach, *Prunus persica* L., and Pear, *Pyrus communis* L.). *Journal of Agricultural and Food chemistry* 50: 5458-5462.
- Caris-Veyrat C., Amiot M. J., Tyssandier V., Grasselly D., Buret M., Mikolajczak M., Guillard J. C., Bouteloup-Demange C., Borel P., 2004. Influence of organic versus Conventional Agricultural Practice on the Antioxidant Microconstituent Content of Tomatoes and Derived Purees; Consequences on Antioxidant Plasma Status in Humans. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 52: 6503-6509.
- Catharine R. G, Nigel F. H., David I. W. P., Christopher N. M., 2001. Plasma Antioxidant Vitamins and Carotenoids and Age-related Cataract *Ophthalmology Volume 108, Number 11, 1992-1998*
- Çelik H., Özgen M., Serçe S., Kaya C., 2008. Phytochemical accumulation and antioxidant capacity at four maturity stages of cranberry fruit. *Scientia Horticulturae* 117: 345–348
- Chanasut U. and Rattanapanone N., 2008. Screening methods to measure antioxidant activity of phenolic compounds extracts from some varieties of thai eggplants. *Acta Horticulturae*. 765: 291-296.
- Chassy W A., Bui L., Renaud. C N E., Van Horn M., Mitchell A.E., 2006. Three-Year Comparison of the Content of Antioxidant Microconstituents and Several Quality Characteristics in Organic and Conventionally Managed Tomatoes and Bell Peppers. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 54: 8244-8252.
- Chen L., Vigneault C., Raqhavan V. G. S., Kubow S., 2007. Importance of the phytochemicals content of fruits and vegetables to human health. *Steward postharvest review*. 3: DOI: 10.2212/spr.2007.3.2.
- Chen Y., Tseng S. H., Lai H. S., Chen W. J., 2004. Resveratrol-induced cellular apoptosis and cell cycle arrest in neuroblastoma cells and antitumor effects on neuroblastoma in mice. *Journal of Surgery* .136(1): 57-66.

- Chin, C.K. and Garrison, S.A. 2008. Functional elements from asparagus for human health. *Acta Horticulturae*. 776: 219-226.
- Chinnici F., Bendini A., Gaiani A., Riponi C., 2004. Radical Scavenging Activities of Peels and Pulp from cv. Golden Delicious Apples as Related to their Phenolic Composition. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52: 4684-4689.
- Chuah A.M., Lee Y.C., Yamaguchi T., Takamura H., Yin L.Y., Matoba T., 2008. Effect of cooking on the antioxidant properties of coloured peppers. *Food Chemistry* 111: 20–28.
- Cox S. E., Stushnoff C., Sampson D. A., 2003. Relationship of fruit color and light exposure to lycopene content and antioxidant properties of tomato. *Canadian Journal of Plant Science*. 83(4): 913-919.
- Dash S.S., Gummadi S N., 2006. Catabolic pathways and biotechnological applications of microbial caffeine degradation. *Biotechnology Letters* 28: 1993–2002.
- De Azevedo H. C., Rodriguez-Amaya D. B., 2005. Carotenoid composition of kale as influenced by maturity, season and minimal processing. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 85: 591–597.
- De Pascual S. T., Sanchez-Ballesta M.T., 2008. Anthocyanins: from plant to health, *Phytochemistry Reviews* 7: 281–299.
- Delmas D., Jannin B., Latruffe N., 2005. Resveratrol: Preventing properties against vascular alterations and ageing *Molecular Nutrition and Food Research*. 49: 377 – 395.
- Dorais M., Ehret D. L., Papadopoulos A. P., 2007. Tomato (*Solanum lycopersicum*) health components: from the seed to the consumer. *Phytochemistry Reviews* DOI 10.1007/s11101-007-9085-x
- Doshi P.J. and Adsule P.G., 2008. Effect of storage on physicochemical parameters. Phenolic compounds and antioxidant activity in grapes. *Acta Horticulturae*. 785: 447-456.
- Dumas Y., Dadomo M, Di Lucca G., Pascal Grolier P., 2003. Review Effects of environmental factors and agricultural techniques on antioxidant content of tomatoes. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 83:369–382.

- Duthie S.J., McE Jenkinson A., Crozier A., Mullen W., Pirie L., Kyle J., Yap L.S., Christen P., Duthie G.G., 2006. The effects of cranberry juice consumption on antioxidant status and biomarkers relating to heart disease and cancer healthy human volunteers. *European Journal of Nutrition* 45: 113–122.
- Esteban M. A., Villanueva M. J., Lissarrague J.R., 2001. Effect of irrigation on changes in the anthocyanin composition of the skin of cv Tempranillo (*Vitis vinifera* L) grape berries during ripening. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 81:409-420.
- Evers A. M., Ketoja E., Hägg M., Plaami S., Häkkinen U., Pessala R., 1997. Decreased nitrogen rates and irrigation effect on celery yield and internal quality. *Plant Foods for Human Nutrition* 51: 173–186.
- Fink B.N., Steck S.E., Wolff M.S., Britton, J.A., Kabat G.C., Gaudet S.L., Neugut A.I., Gammon M.D., 2007. Dietary Flavonoid Intake and Breast Cancer Survival Among Women on Long Island. *Cancer Epidemiology Biomarkers and Prevention* 16(11): 2285-2292.
- Fismes J., Echevarria G., Leclerc-Cessac E., Morel J. L., 2005. Uptake and Transport of Radioactive Nickel and Cadmium into Three Vegetables after Wet Aerial Contamination. *Journal of Environmental Quality*. 34: 1497–1507.
- Franke S. I. R., Prá D., Erdtmann B., Henriques J. A. P., Da Silva J., 2005. Influence of orange juice over the genotoxicity induced by alkylating agents: An in vivo analysis. *Mutagenesis*. 20(4): 279-283.
- Friedman M., 2006. Potato Glycoalkaloids and Metabolites: Roles in the Plant and in the diet. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*., 54 (23): 8655–8681.
- Friedman M., 2007 Overview of Antibacterial, Antitoxin, Antiviral, and Antifungal Activities of Tea Flavonoids and Teas. *Molecular Nutrition & Food Research* 51: 116 – 134
- Gale C.R., Hall N.F., Phillips D.I.W., Martin C.N., 2001. Plasma antioxidant vitamins and carotenoids and age-related cataract. *Ophthalmology* 108(11): 1992-1998.
- Galvano F., La Fauci L, Vitaglione P., Fogliano V., Vanella L., Felgines C., 2007. Bioavailability, antioxidant and biological properties of the natural free-radical

- scavengers cyanidin and related glycosides. *Annali dell'Istituto Superiore di Sanita* 43: 382-393.
- Garcia-Alonso M., Rimbach G., Rivas-Gonzalo JC., 2004. Antioxidant and cellular activities of anthocyanins and their corresponding vitisins A—studies in latelets, monocytes, and human endothelial cells. *Journal Agricultural and Food Chemistry*. 52: 3378–3384.
- Gautier H., Diakou-Verdin V., Bérard C., Reich M., Buret M., Bourgaud F., Poëssel J.L., Car-Veyrat C., Genard M., 2008. How Does Tomato Quality (Sugar, Acid, and Nutritional Quality) Vary with Ripening Stage, Temperature, and Irradiance? *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 56: 1241–1250.
- Gil- Izquierdo A., Riquelme M. T., Porrás I., Ferreres F., 2004. Effect of the Rootstock and Interstock Grafted in Lemon Tree Juice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 52: 324-331.
- Giorgi M., Capocasa F., Scalzo J., Murri G., Battino M., Mezzetti B., 2005. The rootstock effects on plant adaptability, production, fruit quality, and nutrition in the peach (cv. 'Suncrest'). *Scientia Horticulturae* 107: 36–42.
- Gomez-Ruiz J.A., Leake D.S., Ames J.M., 2007. In Vitro Activity of Coffee Compounds and Their Metabolites, *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 55:6962-6969
- Guclu-Ustundag O., Mazza G., 2007. Saponins: Properties, Applications and Processing *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 47: 231–258.
- Habauzit V., Horcajada M.N., 2008. Phenolic phytochemicals and bone. *Phytochemistry Reviews* 7: 313–344
- Häkkinen S. H., Törrönen A. R., 2000. Content of flavonols and selected phenolic acids in strawberries and *Vaccinium* species: influence of cultivar, cultivation site and technique. *Food Research International*. 33: 517-524.
- Hennig B., Oesterling E., Toborek M., 2007. Environmental toxicity, nutrition, and gene interactions in the development of atherosclerosis. *Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases*. 17: 162-169.
- Hernanz D., Recamales Á. F., Meléndez-Martínez A. J., González-Miret M. L., Heredia F. J., 2007. Assessment of the Differences in the Phenolic Composition of Five

- Strawberry Cultivars (*Fragaria × ananassa* Duch.) Grown in Two Different Soilless Systems. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 55: 1846-1852.
- Howard L. R., Clark J. R., Brownmiller C., 2003. Antioxidant capacity and phenolic content in blueberries as affected by genotype and growing season *Journal of the Science of Food and Agriculture* 83: 1238–1247.
- Howitz K.T., Bitterman K. J., Cohen H. Y., Lamming D.W., 2003. Small molecule activators of sirtuins extend *Saccharomyces cerevisiae* lifespan. *Nature*. 425: 191–196.
- Hunter D.C., Skinner M.A., Lister C.E., 2008. Impact of phytochemicals on maintaining bone and joint health. *Journal of Nutrition* 24: 390–392.
- Huyskens-Keil S., Schreiner M., 2003. Definition of fruit and vegetable quality - A retrospective. *Ernahrungs Umschau*. 50(7): 257-261.
- Ibbotson A., 2002. Phytonutrient Market Share. *Journal of Chemistry Industry* 6: 21-22.
- Jayaprakasam B., Vareed S.K., Olson L.K., 2005. Insulin secretion by bioactive anthocyanins and anthocyanidins present in fruits. *Journal Agricultural and Food Chemistry* 53: 28–31.
- Koh E., Wimalasiri K. MS., M, Renaud E. NC., Mitchell A. E., 2008. A comparison of flavonoids, carotenoids and vitamin C in commercial organic and conventional marinara pasta sauce. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 88: 344–354.
- Kohmura H., Watanabe Y., Muto N., 2008. Polyphenol content, antioxidant activity and surface colour of asparagus spears cultivated under different conditions of sunlight. *Acta Horticulturae*. 776: 255-260.
- Kondratyuk T.P., and Pezzuto J.M., 2004. Natural product polyphenols of relevance to human health. *Pharmaceutical Biology* 42: 46-63
- Kong J.M., Chia L.S., Goh N-K, Chia T.F., Brouillard R., 2008. Analysis and biological activities of anthocyanins. *Phytochemistry* 64: 923–933.
- Kopsell D. A., Kopsell D. E., Curran-Celentano J., 2007. Carotenoid pigments in kale are influenced by nitrogen concentration and form. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 87: 900–907.

- Kritchevsky D., Chen T.S.C., 2005. Phytosterols health benefits and potential concerns: a review. *Nutrition Research* 25: 413–428.
- Kubota C., Thomson C.A., Wu M., Javammardi J., 2006. Controlled environments for production of value added food crops with phytochemical concentrations: Lycopene in tomato as an example. *Horticulture Science* 41(3): 522-525.
- Lambert R., Hainaut P., 2007. Epidemiology of oesophagogastric cancer. *Best Practice & Research Clinical Gastroenterology*. Vol. 21, No. 6: 921–945.
- Lee J.J., Crosby K.M., Pike L.M., Yoo K.S., Leskovar D.I., 2005. Impact of genetic and environmental variation on development of flavonoids and carotenoids in pepper (*Capsicum* spp.). *Scientia Horticulturae* 106: 341–352.
- Lekakis J., Rallidis L. S., Andreadou I., Vamvakou G., Kazantzoglou G., Magiatis P., Skaltsounis A. L., Kremastinos D. T., 2005. Polyphenolic compounds from red grapes acutely improve endothelial function in patients with coronary heart disease. *European Journal of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation*. 12: 596–600.
- Lester G.E. and Hodges D.M., 2008. Antioxidants associated with fruit senescence and human health: Novel orange-fleshed non-netted honey dew melon genotype comparisons following different seasonal productions and cold storage durations *Postharvest Biology and Technology*. 48: 347–354.
- Long M., Millar D.J., Kimura Y., Donovan G., Rees J., Fraser P.D., Bramley P.M., 2006. Metabolite profiling of carotenoid and phenolic pathways in mutant and transgenic lines of tomato: Identification of a high antioxidant fruit line. *Phytochemistry* 67: 1750–1757
- Lotito S.B., Frei B., 2006. Consumption of flavonoid-rich foods and increased plasma antioxidant capacity in humans: Cause, consequence, or epiphenomenon? *Free Radical Biology & Medicine* 41: 1727–1746.
- Luthria D. L., Mukhopadhyay S., Krizek D. T., 2006. Content of total phenolics and phenolic acids in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruits as influenced by cultivar and solar UV radiation. *Journal of Food Composition and Analysis*. 19: 771–777.

- Machado R.M.D., Toledo M.C F., Garcia L.C., 2007. Effect of light and temperature on the formation of glycoalkaloids in potato tubers. *Food Control* 18: 503–508.
- Maeda T., Kakuta H., Sonoda T., Motoki S., Maekawa K., Suzuki T., Oosawa K., 2008b. Differences in antioxidative polyphenols content of asparagus related to cultivars and seasonal change under various cultural condition of mother fern culture. *Acta Horticulturae*. 776: 227-234.
- Maeda, T., Maekawa, K., Suzuki, T., Oosawa, K. and Ohshima, C., 2008a. Supplement light enhances polyphenol content and antioxidative capacity of broccoli sprouts grown in an idoor production system. *Acta horticulturae*. 765: 217-224.
- Mahajan G., Singh K. G., 2006. Response of Greenhouse tomato to irrigation and fertigation. *Agricultural Water Management*. 84: 202–206.
- Manning W. J., Tiedemann A. V., 1995. Climate change: Potencial effects of increased atmospheric Carbon Dioxide (CO₂), ozone (O₃) and ultraviolet-b(UV-B) radiation on plant disease. *Environmental Pollution* 88: 219-245.
- Mark P. Mattson M.P., 2008. Review Dietary factors, hormesis and health. *Ageing Research Reviews* 7: 43–48.
- Márquez-García B., Fernández Á., Córdoba F., 2009. Phenolics composition in Erica sp. differentially exposed to metal pollution in the Iberian Southwestern Pyritic Belt. *Bioresource Technology* 100: 446–451.
- Martín A. R., Villegas I., La Casa C., Alarcón de la Lastra C., 2004. Resveratrol, a polyphenol found in grapes, suppresses oxidative damage and stimulates apoptosis during early colonic inflammation in rats. *Biochemical Pharmacology*. 67: 1399–1410.
- Martínez-Ballesta M.C., López-Pérez L., Hernández M., López-Berenguer C., Fernández-García N., Carvajal M., 2008. Agricultural practices for enhanced human health. *Phytochemistry Reviews* 7: 251–260.
- Matthews D., Jones H., Gans P., Coates S., Smith L. M. J., 2005. Toxic Secondary Metabolite Production in Genetically Modified Potatoes in Response to Stress. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 53: 7766-7776.

- Melendez-Martinez A., Britton G., Vicario I.M., Hederia F., 2008. The complex carotenoid pattern of orange juice from concentrate. *Food Chemistry* 109: 546-553.
- Min K., Ebeler E.S., 2008. Flavonoid effects on DNA Oxidation at Low Concentrations Relevant to Psysiological Levels. *Food and Chemical Toxicology* 46(1): 96-104
- Mitchell A. E., Hong Y.J., Koh E., Barrett D. M., Bryant D. E., Denison R. F., Kaffka S., 2007. Ten-Year Comparison of the Influence of Organic and Conventional Crop management Practices on the Content of Flavonoids in Tomatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 55: 6154-6159.
- Mogren, L., Gertsson, U., Olsson, M.E., 2008. Effect of cultivation factors on flavonoid content in yellow onion. *Acta Horticulturae*. 765: 191-196.
- Myklebust M., 2006. The healing foods pyramid: an integrated nutrition tool. *Diet and nutrition* Vol. 2, No. 4: 352-356.
- Nabulo G., Oryem-Origab H., Diamond M., 2006. Assessment of lead, cadmium, and zinc contamination of roadside soils, surface films, and vegetables in Kampala City, Uganda. *Environmental Research* 101: 42–52.
- Nindo C. I., Sun T., Wang S. W., Tang J., Powers J. R., 2003. Evaluation of drying technologies for retention of physical quality antioxidants in asparagus (*Asparagus officinalis*, L.) *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie Food and Technology*. 36: 507–516.
- Ninfali P., Bacchiocca M., Biagiotti E., Esposto S., Servili M., Rosati A., Montedoro G., 2008. A 3-year Study on Quality, Nutritional and Organoleptic Evaluation of Organic and Conventional Extra-Virgin Olive Oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 85:151–158.
- Nybom, H., Rumpunen, K., Persson Hovmalm, H., Marttila, S., Rur, M., Garkava-Gustavsson, L. and Olsson, M.E. 2008. Towards a healthier apple – chemical characterization of an apple gene bank. *Acta Horticulturae*. 765: 157-164.
- Odriozola-Serrano I., Soliva-Fortuny R., Gimeno-Añó V., Martín-Belloso O., 2008. Modeling changes in health-related compounds of tomato juice treated by high-intensity pulsed electric fields. *Journal of Food Engineering* 89: 210–216.

- Paniagua-Pérez R., Madrigal-Bujaidar E., Reyes-Cadena S., Álvarez-González I., Sánchez-Chapul L., Pérez-Gallaga J., Hernández N., Flores-Mondragón G., Velasco O., 2007. Cell protection induced by beta-sitosterol: inhibition of genotoxic damage, stimulation of lymphocyte production, and determination of its antioxidant capacity. *Archives of Toxicology*. DOI 10.1007/s00204-007-0277-3.
- Perez–Vizcaino F., Duarte J., Andriantsitohaina R., 2006. Endothelial function and cardiovascular disease: Effects of quercetin and wine polyphenols. *Free Radical Research*. 40(10): 1054–1065.
- Perkins-Veazie P., Roberts W., Collins J. K., 2007. Lycopene content among organically produced tomatoes. *Journal of vegetable science*. 12:93-106.
- Poole N., Marshall F., Bhupal.D.S., 2002. Air pollution effects and initiatives to improve food quality assurance in India. *Quarterly Journal of International Agriculture*. 41 (4): 363-385.
- Rangkadilok N., Nicolas M. E., Bennett R. N., Eagling D. R., Premier R. R., Taylor P. W. J., 2004. The Effect of Sulfur Fertilizer on Glucoraphanin Levels in Broccoli (*B. oleracea* L. var. *italica*) at Different Growth Stages. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 52: 2632-2639.
- Rao A. V., Balachandran B. 2003. Role of oxidative stress and antioxidants in neurodegenerative diseases. *Nutritional Neuroscience*. 5(5): 291–309.
- Rao A.V., Rao L.G., 2007. Carotenoids and human health. *Pharmacological Research* 55: 207–216.
- Rao L. G. 2006. Tomato lycopene and bone health: Preventing osteoporosis. In: Rao AV, editor, Tomatoes, lycopene and human health. Scotland: Caledonian Science Press. 153–68.
- Recamales A.F., Medina J.L., Hernanz D., 2007. Physicochemical characteristics and mineral content of strawberries grown in soil and soilless system. *Journal of Food Quality*. 30: 837–853.
- Reddy L., Odhav B., Bhoola K.D., 2003. Natural products for cancer prevention: a global perspective. *Pharmacology & Therapeutics* 99: 1–13.

- Ribaya-Mercado J. D., Blumberg J. B., 2004. Lutein and zeaxanthin and their potential roles in disease prevention. *Journal of the American College of nutrition*. 23(6): 567–587.
- Rissanen T., 2006. Lycopene and cardiovascular disease. In: Rao AV, editor, Tomatoes, lycopene and human health. Scotland: Caledonian Science Press. 141–52.
- Rodkiewicz T., 2008. Vitamin C changes and total antioxidant activity of fresh and stored green asparagus spears. *Acta Horticulturae*. 776: 235-238.
- Rossi M., Garavello W., Talamini R., Negri E., Bosetti C., Dal M., Lagiou P., Tavani A., Polesel J., Barzan L., Ramazzotti V., Franceschi S., La Vecchia C., 2007. Flavonoids and the risk of oral and pharyngeal cancer: A case control study from Italy. *Cancer Epidemiology Biomarkers and Prevention* 16(8): 1621-1625.
- Ruiz-Rodriguez A., Marín F.R., Ocaña A., Soler-Rivas C., 2008. Effect of domestic processing on bioactive compounds. *Phytochemistry Reviews* 7:345–384.
- Sakaguchi Y., Mine Y., Okubo H., Ozaki Y., 2008. Anthocyanin variation in *Asparagus* species and its inheritance. *Acta Horticulturae*. 776: 285-290.
- Schonhof I., Kläring H..P., Krumbein A., Claußen W., Schreiner M., 2007. Effect of temperature increase under low radiation conditions on phytochemicals and ascorbic acid in greenhouse grown broccoli. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 119: 103–111.
- Schreiner M. and Huyskens-Keil S., 2006. Phytochemicals in Fruit and Vegetables: Health Promotion and Postharvest Elicitors. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 25: 267–278.
- Schreiner M., 2005. Vegetable crop management strategies to increase the quantity of phytochemicals, *European Journal of Nutrition* 44: 85–94.
- Schreiner M., Huyskens-Keil S., Krumbein A., Prono-Widayat H., Lüdders P., 2003. Effect of film packaging and surface coating on primary and secondary plant compounds in fruit and vegetable products. *Journal of Food Engineering* 56: 237–240.
- Schulzová V., Hajšlová J., Botek P., Peroutka R., 2007. Review Furanocoumarins in vegetables: influence of farming system and other factors on levels of toxicants. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 87: 2763–2767.

- Shih P.H., Yeh C.T., Yen G.C., 2005. Effects of anthocyanidin on the inhibition of proliferation and induction of apoptosis in human gastric adenocarcinoma cells. *Food and Chemical toxicology* 43: 1557–1566.
- Sousa C., Valenta P., Rangel J, Lopes G., PEREIRA J. A., Ferreres F., Seabra R. M., Andrade P. B., 2005. Influence of Two Fertilization Regimens on the Amounts of Organic Acids and Phenolic Compounds of Tronchuda Cabbage (*Brassica oleracea* L. Var. *costata* DC). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*.53: 9128-9132.
- Stevenson D. E. and Hurst R. D. 2007. Review Polyphenolic phytochemicals – just antioxidants or much more? *Cellular and Molecular Life Sciences* 64: 2900 – 2916.
- Tajner-Czopek A., Jarych-Szyszkowa M, Lisinska G.,2008.Changes in glycoalkaloids content of potatoes destined for consumption. *Food and Chemistry* 106: 706–711.
- Tarozzi A., Hrelia S., Angeloni C., Morroni F., Biagi P., Guardigli M., Cantelli-Forti G., Hrelia P., 2006. Antioxidant effectiveness of organically and non-organically grown red oranges in cell culture systems.*European journal of Nutrition* 45: 152–158.
- Toor R.K., Lister C.E., Savage G.P, 2005. Antioxidant activities of New Zealand-grown tomatoes. *Journal of Food Sciences and Nutrition* 56:597-605
- Toor R.K., Savage G.P, 2006a. Changes in Major Antioxidant Components of Tomatoes during Post-harvest Storage. *Food Chemistry* 99: 724-727
- Toor R.K., Savage G.P, 2006b. Effect of Semi-drying on the Antioxidant Components of Tomatoes. *Food Chemistry* 94: 90-97
- Toor R.K., Savage G.P., 2005. Antioxidant Activity in Different Fractions in Tomatoes. *Food Research International* 38: 487-494.
- Toor R.K., Savage G.P., Heeb A., 2006a. Influence of Different Types of Fertilizers on the Major Antioxidant Components of Tomatoes. *Journal of Food Composition and Analysis* 19: 20-27.
- Toor R.K., Savage G.P., Lister C.E., 2006b. Seasonal Variations in the Antioxidant Composition of Greenhouse Grown Tomatoes. *Journal of Food Composition and Analysis* 19: 1-10.

- Tovar J. M., Motilva M. J., Romero M. P., 2001. Changes in the Phenolic Composition of Virgin Olive Oil from Young Trees (*Olea europaea* L. cv. Arbequina) Grown under Linear Irrigation Strategies. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 49: 5502-5508.
- Tseng S. H., Lin S. M., Chen J. C., Su Y. H., Huang H. Y., Chen C. K., LIN P. Y., Chen Y., 2004. Resveratrol Suppresses the Angiogenesis and Tumor Growth of Gliomas in Rats. *Clinical Cancer Research*. 10(6): 2190-2202.
- Vallejo F., Tomás-Barberán F. A., Benavente-García A. G., García-Viguera C., 2003 Total and individual glucosinolate contents in inflorescences of eight broccoli cultivars grown under various climatic and fertilization conditions. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 83: 307–313.
- Van der Sluis A. A., Dekker M., De Jager A., Jongen W. M. F., 2001. Activity and Concentration of Polyphenolic Antioxidants in Apple: Effect of Cultivar, Harvest Year, and Storage Conditions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 49: 3606-3613.
- Van Horn L., Mccoin M., Etherton P.M.K., Burke F., Carson J.A.S., Champagne C.M., Karmally W., Sikand G., 2008. The Evidence for Dietary Prevention and Treatment of cardiovascular Disease. *Journal of the American dietetic association*. 102: 287-331.
- Ververidis F., Trantas E., Douglas C., Vollmer G., Kretzeschmar G., Panopoulos N., 2007. Biotechnology of flavonoids and other phenylpropanoid-derived natural products. Part I: Chemical diversity, impacts on plant biology and human health. *Biotechnology Journal* 2: 1214-1234.
- Viola P., 2005. Coffee and health, *Journal of Applied Cosmetology* 23(4): 129-137.
- Wahid A., 2006. Influence of atmospheric pollutants on agriculture in developing in developing countries : A case study with three new wheat varieties in Pakistan. *Science of the total environment*. 371: (1-3): 304-313.
- Wang S. Y., Stretch.A. W., 2001. Antioxidant Capacity in Cranberry Is Influenced by Cultivar and Storage Temperature. *Journal Agricultural and Food Chemistry*, 49: 969-974

- Wang S. Y., Zheng W, Galletta G. J., 2002. Cultural System Affects Fruit Quality and Antioxidant Capacity in Strawberries *Journal Agricultural and Food Chemistry*. 50: 6534-6542.
- Warman P. R., Havard K. A., 1997. Yield, vitamin and mineral contents of organically and conventionally grown carrots and cabbage. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 61: 155-162.
- Warman P. R., Havard K. A., 1998. Yield, vitamin and mineral contents of organically and conventionally grown potatoes and sweet corn. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 68: 207–216.
- Yingyan H., Fan Shuangxi F., Jihong C., and Jie F., 2008. Comparative studies on bioactive compounds in different varieties of *Asparagus Officinalis*. *Acta Horticulturae*. 765:283-286.
- Young J. E., Zhao X., Carey E. E., Welti R., Yang S. S., Wang W., 2005. Phytochemical phenolics in organically grown vegetables. *Molecular Nutrition and Food Research*. 49, 1136 – 1142.
- Zhang J., Munger R.G., West N.A., Cutler R.C., Wengreen H.J., and Christopher D. Corcoran C.D., 2006. Antioxidant Intake and Risk of Osteoporotic Hip Fracture in Utah: An Effect Modified by Smoking Status. *American Journal of Epidemiology*. 163:9-17.
- Zhang, L.H., Li L.L., Li Y.X., and Zhang Y.H., 2008. In vitro antioxidant activities of fruits and leaves of pomegranate. *Acta Horticulturae* 765:31-34.