



Σχολή Επιστημών Τροφίμων

Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Χημική σύσταση και βασικές ευεργετικές ιδιότητες  
χαρακτηριστικών φρούτων και οπωροκηπευτικών Ελληνικής  
προέλευσης**

English Title

Chemical Composition and Basic Beneficial Properties of Fruits and Vegetables of  
Greek Origin



Δημακοπούλου Ελένη / Dimakoroulou Eleni

Λάππα Μαρία / Larra Maria

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: Γιαννακούρου Μαρία / Supervisor: Giannakourou Maria

ΑΙΓΑΛΕΩ / AIGALEO 2022

Έγινε δεκτή

Οι υπογράφοντες δηλώνουμε ότι έχουμε εξετάσει τη πτυχιακή εργασία με τίτλο **‘Χημική σύσταση και βασικές ευεργετικές ιδιότητες χαρακτηριστικών φρούτων και οπωροκηπευτικών Ελληνικής προέλευσης’** που παρουσιάστηκε από τις Δημακοπούλου Ελένη και Λάππα Μαρία και βεβαιώνουμε ότι γίνεται δεκτή.

07/07/2022

Γιαννακούρου Μαρία

07/07/2022

Ρεβέλου Παναγιώτα

07/07/2022

Μάργαρη Δήμητρα

## Δήλωση περί λογοκλοπής/Copyright

Έχοντας πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικής ιδιοκτησίας, δηλώνω ότι είμαι αποκλειστική συγγραφέας της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Δηλώνω, επίσης, ότι αναλαμβάνω όλες τις συνέπειες, όπως αυτές νομίμως ορίζονται, στην περίπτωση που διαπιστωθεί διαχρονικά ότι η εργασία μου αυτή ή τμήμα αυτής αποτελεί προϊόν λογοκλοπής.

Λάππα Μαρία

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized, overlapping loops and a long horizontal stroke extending to the right.

## Δήλωση περί λογοκλοπής/Copyright

Έχοντας πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικής ιδιοκτησίας, δηλώνω ότι είμαι αποκλειστική συγγραφέας της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Δηλώνω, επίσης, ότι αναλαμβάνω όλες τις συνέπειες, όπως αυτές νομίμως ορίζονται, στην περίπτωση που διαπιστωθεί διαχρονικά ότι η εργασία μου αυτή ή τμήμα αυτής αποτελεί προϊόν λογοκλοπής.

Δημακοπούλου Ελένη



## Ευχαριστίες

Μέσα από αυτές τις λίγες γραμμές, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε όλους όσους μας βοήθησαν και μας στήριξαν για την εκπόνηση και την ολοκλήρωση της πτυχιακής μας εργασίας. Η εκπόνηση της εργασίας αυτής και ολοκλήρωσή της ήταν βασική προϋπόθεση για την ολοκλήρωση του δικού μας κύκλου σπουδών στο Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής. Πρώτα από όλα, θα θέλαμε να εκφράσουμε τις θερμές μας ευχαριστίες στην επιβλέπουσα καθηγήτριά μας, κυρία Γιαννακούρου Μαρία, για την εμπιστοσύνη που μας έδειξε και την συνεργασία που είχαμε. Και τέλος ένα τεράστιο ευχαριστώ αξίζουν οι ήρωες της καθημερινότητάς μας, οι γονείς μας, που μας στηρίζουν ηθικά όλα αυτά τα χρόνια, δίνοντάς μας κουράγιο να προχωρήσουμε και τελικά να επιτύχουμε τους στόχους μας.

## Περίληψη

Τα φρούτα και τα λαχανικά από παλιά έχουν εκτιμηθεί ως μέρος του βασικού διαιτολογίου του ανθρώπου. Τις τελευταίες δεκαετίες, τα οπωροκηπευτικά αποτελούν αντικείμενο πολλών ερευνητικών μελετών, λόγω της φύσης τους και των ευεργετικών ιδιοτήτων τους που αποδίδεται στην σύστασή τους. Ενδεικτικά, στην παρούσα εργασία θα αναλυθούν κάποια χαρακτηριστικά Ελληνικά προϊόντα, το σκόρδο, το κρεμμύδι, το μπρόκολο και το ρόδι, γνωστά στη διεθνή βιβλιογραφία για τα πολλαπλά οφέλη τους στην υγεία του ανθρώπου.

Το ενδιαφέρον για τα πιθανά οφέλη αυτών των οπωροκηπευτικών προέρχεται από την αρχαιότητα. Συγκεκριμένα, παρουσιάζουν λειτουργικές και φαρμακευτικές ιδιότητες οι οποίες συμβάλουν στην διατήρηση της υγείας του ανθρώπου και στην θεραπεία ασθενειών. Ορισμένες από τις φαρμακευτικές τους δράσεις είναι η αντιοξειδωτική, η αντικαρκινική, η αντιμικροβιακή και βοηθούν στα καρδιακά νοσήματα.

Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται τα κύρια συστατικά των επιλεγμένων τροφίμων, ενώ παρατίθενται πειραματικά δεδομένα και αποτελέσματα μελετών που έχουν δείξει τις ευεργετικές τους ιδιότητες, και πώς αυτές συσχετίζονται με τα συστατικά τους.

## **Abstract**

Fruits and vegetables have long been valued as part of the essential human diet. In recent decades, fruit and vegetables have been the subject of many research studies due to their rich characteristics and the beneficial properties attributed to their composition. Indicatively, this paper will analyze some characteristic Greek products, garlic, onion, broccoli and pomegranate, known in the international literature for their multiple benefits to human health.

Interest in the potential benefits of these fruits and vegetables dates back to ancient times. In particular, they have functional and medicinal properties that contribute to the maintenance of human health and the treatment of diseases. Some of their medicinal actions are antioxidant, anti-cancer, antimicrobial and help in heart disorders.

In this paper, the main components of the selected foods are presented, and experimental data and results of studies that have shown their beneficial properties, and how they correlate with their components are presented.

## Περιεχόμενα

Περίληψη	6
Abstract	7
Κεφάλαιο 1: Σκόρδο	10
1.1. Γενικά στοιχεία	10
1.2. Συστατικά	11
1.2.1. Αλλίνη	13
1.2.2. Αλλισίνη	14
1.2.3. Αχσένιο	15
1.3. Αντιοξειδωτική δράση του σκόρδου	16
1.4. Αντιοξειδωτικές ενώσεις παρασκευασμάτων σκόρδου	17
1.4.1. Ομογενοποιημένο ακατέργαστο σκόρδο	18
1.4.2. Αλλισίνη	19
1.4.3. Σκόρδο θερμικής επεξεργασίας	19
1.4.4. Σκόνη σκόρδου	20
1.4.5. Παλαιωμένο εκχύλισμα σκόρδου	20
1.4.6. S-αλλυλοκυστεΐνη (SAC)	21
1.4.7. Πρωτεΐνη σκόρδου	21
1.4.8 Συμπεράσματα	22
1.5. Ιδιότητες σκόρδου και μέθοδοι προσδιορισμού	22
1.5.2. Μελέτες σχετικά με το παλαιωμένο εκχύλισμα σκόρδου (AGE)	25
1.5.3. Ενίσχυση της γλουταθειόνης (GSH)	27
1.5.4. Αντιοξειδωτικές επιδράσεις του AGE σε σύγκριση με άλλα συμπληρώματα σκόρδου	28
1.5.5. Μείωση του κινδύνου καρδιαγγειακής και εγκεφαλο-αγγειακής νόσου	28
1.5.6. Αναστολή της καρκινογένεσης, μειώνοντας τον κίνδυνο ανάπτυξης καρκίνου	29
Κεφάλαιο 2: Κρεμμύδι	33
2.1. Γενικά στοιχεία	33
2.2. Ιστορική αναδρομή	34
2.3. Χημική σύσταση	35
2.4. Οφέλη για την υγεία	36
2.5. Αντιοξειδωτικά φυτοχημικά και ιδιότητες	38
2.6. Ποικιλίες κρεμμυδιού και βιολογική αξία τους	38
2.6.1. Μεσογειακοί βολβοί κρεμμυδιού (Ιταλία)	38



2.6.2. Πέντε ποικιλίες λευκού κρεμμυδιού ( <i>Allium cepa</i> L.)	39
2.6.3. Ισπανικές ποικιλίες κρεμμυδιού	40
2.7. Μέθοδοι προσδιορισμού	40
2.8. Αποτελέσματα - Συμπεράσματα ερευνών	43
Κεφάλαιο 3: Μπρόκολο	47
3.1. Γενικά στοιχεία	47
3.2. Σύνθεση μπρόκολου	49
3.3. Ιδιότητες μπρόκολου και μέθοδοι προσδιορισμού	50
3.4. Συμπεράσματα	54
Κεφάλαιο 4: Ρόδι	56
4.1. Γενικά στοιχεία	56
4.2. Επιδράσεις του χυμού ροδιού (Pomegranate Juice, PJ) στην υγεία	62
4.2.1. Αναστολή ανάπτυξης αθηρωματικών βλαβών	62
4.2.2. Επίδραση στην υπέρταση	63
4.2.3. Επίδραση στη δραστηριότητα των αιμοπεταλίων	64
4.3. Φυτοχημικά ροδιού	64
4.4. Μέθοδοι διαχωρισμού, ανάλυσης και ταυτοποίησης φυτοχημικών ουσιών ροδιού	67
4.5. Συμπεράσματα- Μελλοντικές έρευνες	69
5. Γενικά Συμπεράσματα	70
6. Βιβλιογραφία	71

## Κεφάλαιο 1: Σκόρδο

### 1.1. Γενικά στοιχεία

Το σκόρδο (*Allium sativum* L.) είναι ένα είναι μονοετές ή και πολυετές, ποώδες φυτό, ένα από τα πιο σημαντικά λαχανικά σε ολόκληρο τον κόσμο, με συνολικά καλλιεργημένες εκτάσεις 1.437.690 στρέμματα και ετήσια παραγωγή 24.255.303 τόνων ξηρών βολβών (FAO, 2013). Το σκόρδο είναι ίσως το πιο διαδεδομένο βότανο με φαρμακευτικές δυνατότητες γνωστές στη βιβλιογραφία. Οι ιατρικές του χρήσεις αναφέρονται στο παλαιότερο ιατρικό κείμενο του κόσμου, το Ebers Papyrus το οποίο είναι ένας αιγυπτιακός ιατρικός πάπυρος με γνώσεις βοτάνων που χρονολογείται γύρω στο 1550 π.Χ. Το σκόρδο είναι ένα από τα πιο μελετημένα φαρμακευτικά φυτά. Λόγω του συνεχούς ενδιαφέροντός του για το θεραπευτικό δυναμικό σε πολλές ασθένειες, πραγματοποιήθηκαν τρία Διεθνή Συμπόσια: 1) στο Luneberg, Γερμανία το 1989 2) στην Ουάσιγκτον, D.C. το 1990 και 3) στο Βερολίνο το 1991.



Εικόνα 1: Σκόρδο - Βολβοί και σκελίδες ([www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org))

Το ενδιαφέρον για τα πιθανά οφέλη του σκόρδου προέρχεται από την αρχαιότητα και είναι ένα από τα πρώτα τεκμηριωμένα παραδείγματα φυτών που χρησιμοποιούνται για τη διατήρηση της υγείας και τη θεραπεία ασθενειών (Block 1985, Kahn 1996).

Συγκεκριμένα, ασκεί διάφορες βιολογικές επιδράσεις, όπως μείωση των επιπέδων χοληστερόλης (Augusti et al., 1974, Holzgartner H et al., 1992, Lau BH et al., 1983, Ali

M, Al-Qattan KK et al., 2000) ,αναστολή της συσσώρευσης των αιμοπεταλίων (Ariga T et al., 1981, Block E et al., 1984, Lawson LD et al., 1992) και της ανάπτυξης όγκων (Hussain SP et al., 1990, Liu J et al., 1992, Oommen S et al., 2004) αντιική και αντιβακτηριακή δράση (Stoll A: 1951, Harris JC et al., 2001, O'Gara EA et al., 2000) και αντιμεταλλαξιογόνο δράση (Knasmüller S et al., 1989). Στην πρώιμη ιστορία του σκόρδου παρατηρούμε πώς οι πολιτισμοί που δεν ήρθαν ποτέ σε επαφή μεταξύ τους κατέληξαν σε πολλά από τα ίδια συμπεράσματα σχετικά με το ρόλο του σκόρδου στη θεραπεία της νόσου. Ακόμα, το σκόρδο χρησιμοποιήθηκε για τους εργάτες με σκοπό τη βελτίωση της ικανότητας εργασίας τους. Το σκόρδο συνιστάται για πνευμονικά και αναπνευστικά προβλήματα. Η αποτελεσματικότητά του στην ιατρική είναι συμβατή με γνωστές καρδιαγγειακές λειτουργίες. Η σύγχρονη έρευνα τείνει να επικυρώσει πολλές από τις προηγούμενες απόψεις σχετικά με την αποτελεσματικότητα του σκόρδου. Πρέπει να μάθουμε πολλά από τους αρχαίους καθώς υιοθετούμε την ιστορική προοπτική και επιδιώκουμε να διευκρινίσουμε τους μηχανισμούς δράσης του σκόρδου και των παραγώγων του και να καθορίσουμε τον απόλυτο ρόλο του στην πρόληψη και τη θεραπεία ασθενειών. Πρόσφατες μελέτες έχουν δείξει ότι το σκόρδο παρέχει προστασία έναντι της υπεροξειδωσης των λιπιδίων, γεγονός που υποδηλώνει ότι μπορεί να μετριάσει την ανάπτυξη της αθηροσκλήρωσης (Kiesewetter H, Jung F, Pindur G, Jung EM, Mrowietz C, Wenzel E: 1991, Kourounakis PN, Rekka EA: 1991, Horie T, Murayama T, Mishima T, Itoh F, Minamide Y, Fuwa T, Awazu S: 1989, Horie T, Awazu S, Itakura Y, Fuwa T: 1992). Το σκόρδο και άλλα λιπόφιλα αντιοξειδωτικά, όπως το βουτυλιωμένο υδροξυτολουόλιο (BHT) και η προβουκόλη, έχει επίσης αποδειχθεί ότι εμποδίζουν την οξειδωση των λιπιδικών συστατικών των λιποπρωτεϊνών χαμηλής πυκνότητας (Steinberg D et al., 1989, Esterbauer H et al., 1992, Carew JE et al., 1987, Comporti M: 1991, Dillon SA et al., 2003).

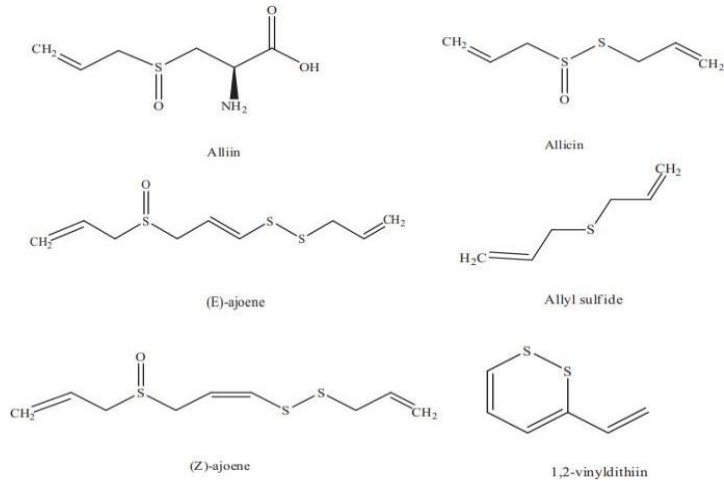
## **1.2. Συστατικά**

Το σκόρδο περιέχει τουλάχιστον 33 ενώσεις θείου, διάφορα ένζυμα και 17 αμινοξέα. Επιπλέον συστατικά άθικτου σκόρδου περιλαμβάνουν στεροειδείς γλυκοζίτες και λεκτίνες. Περιέχει υψηλότερες συγκεντρώσεις ενώσεων θείου από οποιοδήποτε άλλο είδος *Allium*. Οι ενώσεις του θείου είναι υπεύθυνες τόσο για την έντονη οσμή του σκόρδου όσο και για πολλά από τα φαρμακευτικά του αποτελέσματα. Το κύριο χαρακτηριστικό ποιότητας των προϊόντων σκόρδου είναι το ξεχωριστό άρωμα των σκελίδων, ως αποτέλεσμα πολύπλοκων βιοχημικών αντιδράσεων (Randle & Lancaster, 2002). Οι κύριες ενώσεις που είναι υπεύθυνες για αυτή τη γεύση είναι κυρίως θειικά

αμινοξέα που περιέχουν θείο (θειοσουλφινικά άλατα), μεταξύ των οποίων το alliin ή S-allyl-cysteine sulfoxide (ACSO) που έχει την επικρατέστερη γεύση στο σκόρδο (Block, Naganathan, Putman, & Zhao, 1993; Horníčková et al., 2010; Εικ. 1).

Πίνακας 1: Περιεχόμενα συστατικά σκόρδου

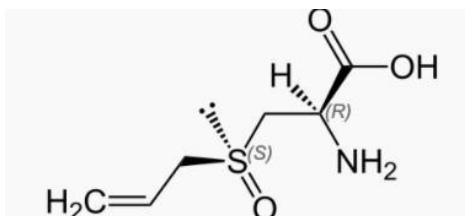
Θρεπτική σύσταση	Σκόρδο
Πρωτεΐνες	2,8 g
Σάκχαρα	6,5 g
Φυτικές ίνες	1,2 g
Βιταμίνη Α	300
Βιταμίνη Β2	0,1 mg
Βιταμίνη Β6	0,06 mg
Βιταμίνη C	40 mg
Νάτριο	6
Κάλιο	300
Ασβέστιο	82
Μαγνήσιο	15
Φώσφορος	43
Σίδηρος	2,2



Εικόνα 2: Τα πιο αντιπροσωπευτικά βιοδραστικά συστατικά του *Allium sativum* L είναι η αλλίνη, η αλλισίνη, το αλλυλοσουλφίδιο, το (E)-αχοένιο, το (Z)-αχοένιο και η 1,2-βινυλδιθίνη.

### 1.2.1. Αλλίνη

Η Αλλίνη (S-αλλυλοκυστεΐνη σουλφοξείδιο), ένας άσμος πρόδρομος της αλικίνης, που υπάρχει σε ποσότητες 5-14 mg / g σκόρδου. Η αλλίνη αναστέλλει τη συσσώρευση αιμοπεταλίων που προκαλείται από το κολλαγόνο τόσο στο πλάσμα πλούσιο σε ανθρώπινα αιμοπετάλια όσο και στο πλήρες αίμα με τιμή IC 1,2 mM. Ο μεταβολίτης της αλλίνης, η αλλισίνη, σε σύγκριση με την αλλίνη, καταδεικνύει πολύ μεγαλύτερη αναστολή (15 φορές) της συσσώρευσης αιμοπεταλίων τόσο στο πλούσιο σε αιμοπετάλια πλάσμα όσο και στο πλήρες αίμα.



Εικόνα 3: Αλλίνη

Ονομασία κατά

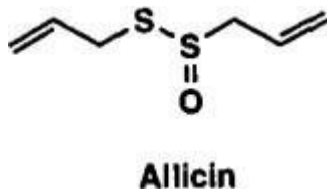
IUPAC (2*R*)-2-αμινο-

3-

[(*S*)-προπ-2-ενυλοσουλφινυλο] προπανοϊκό οξύ

### 1.2.2. Αλλισίνη

Η αλλισίνη είναι μια οργανοθειική ένωση, ένα άχρωμο υγρό με έντονη χαρακτηριστική οσμή.



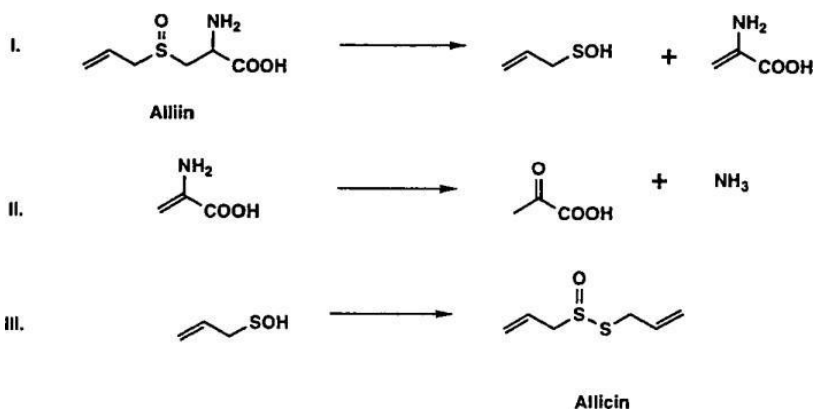
Εικόνα 4: Αλλισίνη

Ονομασία κατά

IUPAC

2-προπENO-1-σουλφινOθειικό

οξύ S-2-προπενυλεστέρας



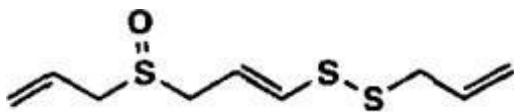
Εικόνα 5: Ενζυματική μετατροπή της αλλίνης σε αλλισίνη

Η αλλίνη διαχωρίζεται από το ένζυμο αλλινάση από μια κυτταρική μεμβράνη. Όταν το σκόρδο τεμαχίζεται ή συνθλίβεται, η αλλινάση δρα σαν αλλίνη για να παράγει αλλισίνη (διαλλυλο θειοσουλφινικό), έναν θερμικά ασταθές αντιβακτηριακό και αντιθρομβωτικό παράγοντα, ο οποίος διαθέτει τη χαρακτηριστική μυρωδιά του σκόρδου.

Σύμφωνα με τους Lawson et al. 1991 εκτιμάται ότι 3,7 mg αλλισίνης απελευθερώνονται ανά γραμμάριο φρέσκου σκόρδου με την ενζυμική δράση. Ακόμα, είναι έντονα ανασταλτική στη συσσώρευση αιμοπεταλίων *in vitro* χωρίς να επηρεάζει την κυκλοοξυγενάση αιμοπεταλίων, τη δραστικότητα συνθετάσης θρομβοξάνης ή τα επίπεδα cAMP. Η αλλισίνη, αναστέλλει πλήρως την επαγόμενη από το κολλαγόνο συσσωμάτωση αιμοπεταλίων και την απελευθέρωση σεροτονίνης από πυκνούς κόκκους αιμοπεταλίων. Η αντιαιμοπεταλιακή δραστικότητα της αλλισίνης καταστρέφεται γρήγορα πάνω από τους 56 ° C και σε αλκαλικό pH (> 8,5).

### 1.2.3. Αχοένιο

Το αχοένιο είναι μια θειούχος ένωση η οποία στο σκόρδο υπάρχει ως μίγμα δυο ισομερών του E- και του Z- αχοένιου.



**Ajoene**

Εικόνα 6: Αχοένιο

Ονομασία κατά IUPAC 4,5,9-τριθειοδωδεκα-1,6,11-τριένιο-9-οξειδίο

Το αχοένιο, ένα άχρωμο και άοσμο υγρό, απομονώθηκε για πρώτη φορά από τα μεθανολικά εκχυλίσματα φρέσκου σκόρδου. Το αχοένιο (ajo, προφέρεται ως "aho", που σημαίνει σκόρδο στα ισπανικά), μια μη πτητική ένωση, σχηματίζεται από την αλλισίνη. Ωστόσο, το αχοένιο συνήθως δεν υπάρχει σε αποστάγματα ατμού σκόρδου, διαφορετικά ιδιοσκευάσματα σκόρδου και εμπορικές σκόρες σκόρδου. Το αχοένιο αναστέλλει τη συσσώρευση αιμοπεταλίων που προκαλείται από διάφορους διεγέρτες αιμοπεταλίων, ADP, επινεφρίνη, κολλαγόνο, αραχιδονικό οξύ, θρομβίνη, παράγοντα ενεργοποίησης αιμοπεταλίων, ιονοφόρο ασβεστίου (A23187) ή ανάλογο κυκλικού ενδοπεροξειδίου (U46619). Συγκεκριμένα, το αχοένιο είναι πιο ανασταλτικό της

συσσώρευσης αιμοπεταλίων στο ανθρώπινο ολικό αίμα (IC50, 60 pM) από ό, τι η αλλισίνη (IC50, 90 p, M). Οι αντιαιμοπεταλιακές δράσεις του αχοενίου ενισχύονται από την προστακυκλίνη (PGI, που συντίθεται κυρίως από το αγγειακό ενδοθήλιο), τη φορσκολίνη, την ινδομεθακίνη και τη διπυριδαμόλη. Το αχοένιο αναστέλλει έντονα το μεταβολισμό του αραχιδονικού οξέος τόσο από τις οδούς κυκλοοξυγενάσης όσο και από την λιποξυγενάση, αναστέλλοντας έτσι τη σύνθεση της θρομβοξάνης A και του 12-HETE (12-υδροξυεικοσατατραενοϊκό οξύ). Το αχοένιο δεν έχει καμία επίδραση στα επίπεδα cAMP αιμοπεταλίων, τη δραστικότητα φωσφοδιεστεράσης cAMP ή τη φωσφορυλίωση της πρωτεΐνης αιμοπεταλίων P47 και της ελαφριάς αλυσίδας μυοσίνης. Μελέτες των Jain και Aritz-Castro δείχνουν ότι το αχοένιο δεν επηρεάζει καμία από τις κύριες οδούς που προκαλούν ή ρυθμίζουν την ενεργοποίηση των αιμοπεταλίων.

Αντίθετα, οι μελέτες των Jamaluddin et al. (1988) έχουν αποδείξει ότι το αχοένιο αλληλεπιδρά με μια καθαρή αιμοπρωτεΐνη που εμπλέκεται στην ενεργοποίηση αιμοπεταλίων.

### 1.3. Αντιοξειδωτική δράση του σκόρδου

Το σκόρδο (*Allium sativum*) έχει διαδραματίσει σημαντικό διατροφικό, αλλά και φαρμακευτικό ρόλο εδώ και αιώνες. Ακόμη και σήμερα η φαρμακευτική χρήση του σκόρδου είναι ευρέως διαδεδομένη και αυξάνεται. Έχει αναφερθεί ένα ευρύ φάσμα θεραπευτικών επιδράσεων του σκόρδου, όπως υπολιπιδαιμική, αντιαθηροσκληρωτική, υπογλυκαιμική, αντιπηκτική, αντιυπερτασική, αντιμικροβιακή, αντικαρκινική, αντιδότης (για δηλητηρίαση από βαρέα μέταλλα), ηπατοπροστατευτική και ανοσοτροποποιητική (Agarwal, 1996; Agusti, 1996).

Το οξειδωτικό στρες, που προκύπτει ως αποτέλεσμα της ανισορροπίας μεταξύ της παραγωγής ελεύθερων ριζών και της βασικής ενδογενούς αντιοξειδωτικής άμυνας στους ιστούς, παίζει βασικό ρόλο στην έναρξη και την εξέλιξη σχεδόν όλων αυτών των καταστάσεων (Stearns and Yellon, 1995). Ως εκ τούτου, το επίκεντρο της έρευνας για τη διερεύνηση των φαρμακευτικών ιδιοτήτων του σκόρδου έχει επικεντρωθεί σε μεγάλο βαθμό σε αυτή την πτυχή κατά την τελευταία δεκαετία. Τα αντιδραστικά είδη οξυγόνου (ROS) είναι ικανά να καταστρέφουν βιολογικά μακρομόρια όπως το DNA, υδατάνθρακες και πρωτεΐνες. Για να αποφύγουν τις βλάβες που εξαρτώνται από τις ROS, οι βιολογικές δομές διαθέτουν μηχανισμούς προστασίας με τη μορφή ενδογενών αντιοξειδωτικών. Μεταξύ των διαφόρων ενδογενών αντιοξειδωτικών, η ανηγμένη γλουταθειόνη (GSH), η υπεροξειδική δισμουτάση (SOD), η καταλάση και η υπεροξειδάση της γλουταθειόνης (GPx) είναι πιο σημαντικές για την αντιμετώπιση του



οξειδωτικού στρες (Sen, 1995). Όμως οι ενδογενείς αντιοξειδωτικές ουσίες δεν είναι πάντα αρκετές για την αντιμετώπιση των ROS που παράγει συνεχώς ο οργανισμός. Διάφορα φυτικά εκχυλίσματα, που έχουν αντιοξειδωτικές ιδιότητες, έχει αποδειχθεί ότι έχουν προστατευτική δράση έναντι του οξειδωτικού στρες. Αρκετές πρόσφατες μελέτες έχουν αποκαλύψει παρόμοιες ιδιότητες του σκόρδου και των διαφόρων παρασκευασμάτων του, οι οποίες μπορεί να εξηγούν ορισμένες από τις θεραπευτικές του επιδράσεις (Lau, 2001- Banerjee et al. , 2002a).

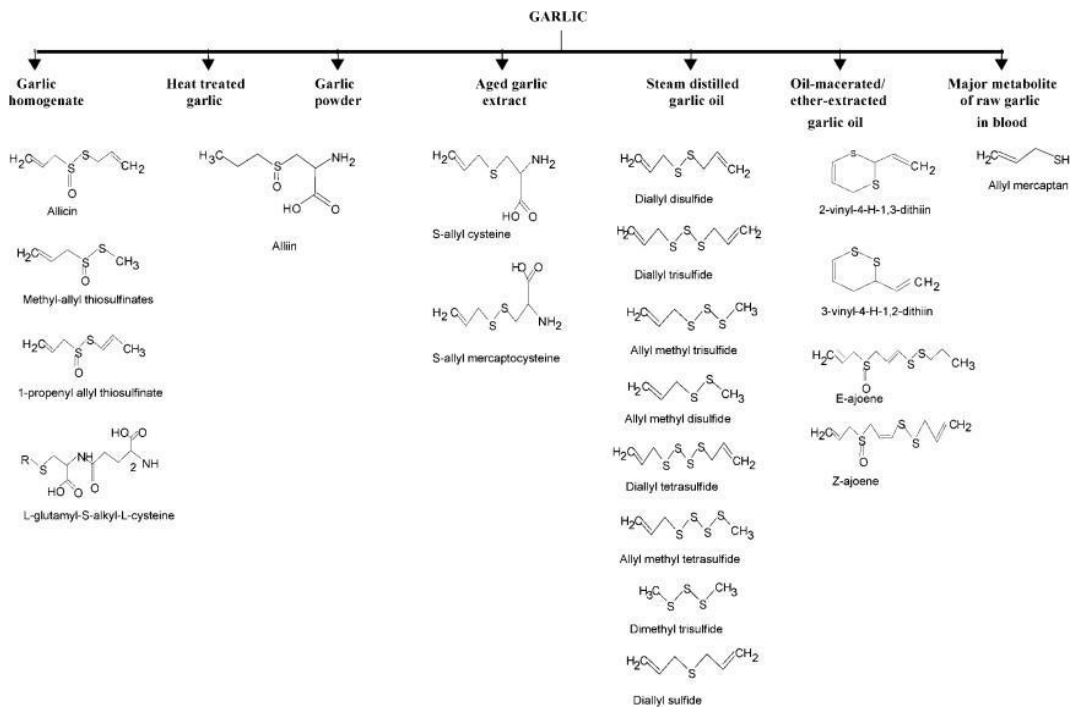
Πρόσφατα, αναφέρθηκε επίσης αντιστροφή της αντιοξειδωτικής δράσης με αύξηση της δόσης του ομογενοποιημένου ακατέργαστου σκόρδου (Banerjee et al. , 2002b). Αυτή η μελέτη, μαζί με παρόμοιες που έχουν δημοσιευθεί προηγουμένως, αποτελεί τη βάση αυτής της ανασκόπησης για να συζητηθεί η αντιοξειδωτική επίδραση των δραστικών ουσιών και των διαφόρων τύπων παρασκευασμάτων σκόρδου έναντι των κυτταροβλαβών ιδιοτήτων τους.

#### **1.4. Αντιοξειδωτικές ενώσεις παρασκευασμάτων σκόρδου**

Ο ρόλος των διαφόρων παρασκευασμάτων σκόρδου και των απομονωμένων ενώσεων του σκόρδου σε διάφορες καταστάσεις οξειδωτικού στρες συνοψίζεται στον Πίνακα

##### **2. Πίνακας 2:**

Τα ονόματα και οι χημικές δομές των κύριων οργανοθειούχων ενώσεων που υπάρχουν στα διάφορα παρασκευάσματα σκόρδου. Αντιοξειδωτικές ιδιότητες των ενώσεων σκόρδου: Αλλυλ κυστεΐνη, Αλλίνη, Αλλικίνη και Αλλυλοδισουλφίδιο



#### 1.4.1.Ομογενοποιημένο ακατέργαστο σκόρδο

Το ομογενοποιημένο ακατέργαστο σκόρδο έχει ταυτόσημες ιδιότητες με ένα υδατικό εκχύλισμα σκόρδου. Η αλλικίνη είναι η κύρια θειοσουλφινική ένωση που βρίσκεται στο ομογενοποιημένο σκόρδο. Άλλες σημαντικές θειούχες ενώσεις που περιέχονται στο ομοιογενές σκόρδο είναι το αλλυλομεθυλοθειοσουλφονικό άλας, το 1-προπενυλοαλλυλοθειοσουλφονικό άλας και η γ-L-γλουταμυλο-S-αλκυλο-L-κυστεΐνη. Η συγκέντρωση της αδενοσίνης αυξάνεται αρκετές φορές καθώς το ομογενοποιημένο προϊόν επωάζεται σε θερμοκρασία δωματίου (Lawson, 1994).

Μελέτες *in vitro* αποκάλυψαν ότι το σκόρδο είναι σε θέση να δεσμεύει τις ρίζες ανάλογα με τη δόση. Το υδατικό εκχύλισμα σκόρδου εμπόδισε τον επαγόμενο από ρίζες υδροξυλίτιο σχηματισμό μηλονοδιαλδεΐδης (MDA), ενός προϊόντος υπεροξειδωσής των λιπιδίων, σε ομογενοποιημένο ήπαρ κουνελιού σε βαθμό που εξαρτάται από τη συγκέντρωση (Prasad et al., 1996).

Το υδατικό εκχύλισμα σκόρδου που χορηγήθηκε σε δόση 500 mg/kg (i.p.) 30 λεπτά πριν από την πρόκληση ισχαιμίας έδειξε προστασία έναντι του οξειδωτικού στρες που προκαλείται από τη βλάβη ισχαιμικής επαναιμάτωσης στον πρόσθιο εγκέφαλο αρουραίου (Batirel et al., 1996). Το ομογενοποιημένο ακατέργαστο σκόρδο αυξάνει τα ενδογενή αντιοξειδωτικά μαζί με τη μείωση της υπεροξειδωσής των λιπιδίων στην καρδιά, το ήπαρ και τους νεφρούς αρουραίων με δοσοεξαρτώμενο τρόπο σε δόσεις

125, 250 και 500 mg/kg δόσεις (Banerjee et al. , 2001, 2002b). Τα αυξημένα ενδογενή αντιοξειδωτικά στην καρδιά έχουν σημαντική άμεση κυτταροπροστατευτική δράση, ιδίως σε περίπτωση βλάβης που προκαλείται από οξειδωτικό στρες. Πρόσφατα, διαπιστώθηκε ότι η χρόνια από του στόματος χορήγηση ομογενοποιημένου σκόρδου προστάτευσε την καρδιά αρουραίου από την *in vitro* βλάβη της ισχαιμικής επαναιμάτωσης (Banerjee et al. , 2002a) και από το οξειδωτικό στρες που προκλήθηκε από μία εφάπαξ δόση αδριαμυκίνης (Mukherjee et al. , 2001). Η οξείδωση των λιπιδίων, ιδίως η οξειδωτική τροποποίηση της λιποπρωτεΐνης χαμηλής πυκνότητας (LDL), εμπλέκεται στην ανάπτυξη και την πρόληψη της αθηροσκλήρωσης (Cox και Cohen, 1996). Η οξείδωση της LDL επιταχύνει την ανάπτυξη λιπαρών ραβδώσεων στα τοιχώματα των αιμοφόρων αγγείων και τον σχηματισμό πλάκας. Η βραχυπρόθεσμη συμπληρωματική χορήγηση σκόρδου σε ανθρώπους έχει καταδείξει αυξημένη αντίσταση στην οξείδωση της LDL. Τα δεδομένα αυτά δείχνουν ότι η καταστολή της οξείδωσης της LDL μπορεί να είναι ένας ισχυρός μηχανισμός που εξηγεί τα οφέλη του σκόρδου στην προστασία της καρδιάς και των αιμοφόρων αγγείων (Lau, 2001).

Το εκχύλισμα σκόρδου (100 και 500 mg/kg) ανέστειλε την υπεροξείδωση των λιπιδίων και προστάτευσε από την ηπατική βλάβη που προκλήθηκε από τετραχλωράνθρακα (Kagawa et al., 1986).

Η αλλυλομερκαπτάνη (AMT), ένας από τους κύριους μεταβολίτες του ακατέργαστου σκόρδου, ήταν σε θέση να καταστρέψει την 4-υδροξυνοενάλη, μια βασική αντιδραστική αλδεΐδη που παράγεται κατά την υπεροξείδωση των λιπιδίων.

#### **1.4.2. Αλλισίνη**

Η αλλισίνη (2-προπενεθειοσουλφινικό αλλύλιο ή θειοσουλφινικό διαλλύλιο) θεωρείται ότι είναι η κύρια βιοδραστική ένωση που υπάρχει στο υδατικό εκχύλισμα σκόρδου. Όταν το σκόρδο ψιλοκόβεται ή συνθλίβεται, το ένζυμο αλλινάση, που υπάρχει στο σκόρδο, ενεργοποιείται και δρα στην αλλίνη (που υπάρχει στο άθικτο σκόρδο) για την παραγωγή αλλικίνης. Είναι η πιο αμφιλεγόμενη ένωση ως αντιοξειδωτικό. Παρόλο που πολλά άρθρα ανέφεραν ότι η αλλικίνη είχε *in vitro* αντιοξειδωτική δράση και δράση καθαρισμού των ελεύθερων ριζών, η οξειδωτική δράση της LDL (Lau, 2001), η βλαπτική δράση στη διάμεση επένδυση και το στομάχι (Kodera, 1997) και η αντιβακτηριακή δράση (Shashikanth et al. 1985) της αλλικίνης έχουν αποδοθεί στην οξειδωτική της ιδιότητα.

Η αλλισίνη έχει αποδειχθεί ότι προλαμβάνει την υπεροξείδωση των λιπιδίων σε ομογενοποιημένο ήπαρ με τη δέσμευση των ριζών υδροξυλίου κατά τρόπο εξαρτώμενο

από τη συγκέντρωση (Prasad et al. 1995- Rabinkov et al. 1998). Όλες αυτές οι αντιοξειδωτικές επιδράσεις της αλλικίνης αποδεικνύονται από μελέτες in vitro. Αλλά in vivo μελέτες έδειξαν ότι μεταβολίζεται εύκολα σε διάφορες ενώσεις. Η αλλισίνη αντιδρά με την L-κυστεΐνη και την γλουταθειόνη προς σχηματισμό S-αλλυλομερκαπτοκυστεΐνης (SAMC) και S-αλλυλομερκαπτογλουταθειώνη (GSSA), αντίστοιχα (Rabinkov et al., 1998).

#### **1.4.3. Σκόρδο θερμικής επεξεργασίας**

Το ένζυμο αλλινάση που είναι υπεύθυνο για τη μετατροπή της αλλίνης (σουλφοξειδίο της S-αλλυλοκυστεΐνης) σε αλλικίνη αδρανοποιείται με τη θερμότητα. Έτσι, το υδατικό εκχύλισμα του θερμικά επεξεργασμένου σκόρδου περιέχει κυρίως αλλίνη. Η αντιοξειδωτική δράση της αλλίνης δεν είναι καλά τεκμηριωμένη. Ενώ οι Kourounakis και ReKka (1991) ανέφεραν ότι η αλλίνη ήταν καλός συλλέκτης ριζών υδροξυλίου, μια άλλη μελέτη έδειξε την ασθενή αντιοξειδωτική της δράση (Hirata και Matsushita, 1996). Σε ένα σύστημα οξειδωσης του λινολεϊκού οξέος, η αλλίνη δεν είχε σημαντική αντιοξειδωτική δράση. Όμως, η χρόνια θεραπεία με αλλίνη ανέστρεψε την αυξημένη υπεροξειδωση των λιπιδίων και τις μειωμένες δραστηριότητες GSH, SOD και καταλάσης στους ιστούς που προκλήθηκαν από τη χρόνια χορήγηση χοληστερόλης (Sheela and Agusti, 1995).

#### **1.4.4. Σκόνη σκόρδου**

Δεδομένου ότι η σκόνη σκόρδου είναι απλώς αφυδατωμένες, κονιορτοποιημένες σκελίδες σκόρδου, η σύνθεσή τους και η δραστηριότητα της αλλινάσης μπορεί να είναι πανομοιότυπες με εκείνες του φρέσκου σκόρδου. Ωστόσο, η θερμοκρασία αφυδάτωσης δεν πρέπει να υπερβαίνει τους 60 °C, πάνω από τους οποίους η αλλινάση αδρανοποιείται. Έχει αναφερθεί ότι η σκόνη σκόρδου έχει αντιοξειδωτική δράση και αναγωγική δράση, αλληλεπιδρώντας με τη σταθερή ελεύθερη ρίζα 1,1-διφαινυλο-2-πικρυλ-υδροξύλιο (Kourounakis and ReKka, 1991).

Μια κλινική μελέτη έδειξε ότι η τακτική μακροχρόνια πρόσληψη σκόνης σκόρδου προστάτευσε μια σειρά ενδοθηλιακών κυττάρων από οξειδωτική βλάβη και έτσι ενίσχυσε την ελαστική ιδιότητα των αιμοφόρων αγγείων (Kerstin et al. , 1997).

#### **1.4.5. Παλαιωμένο εκχύλισμα σκόρδου**

Η αποθήκευση ωμού σκόρδου σε φέτες σε αιθανόλη 15%-20% για 20 μήνες παράγει παλαιωμένο εκχύλισμα σκόρδου (AGE). Η όλη αυτή διαδικασία υποτίθεται ότι προκαλεί σημαντική απώλεια αλλικίνης και αυξάνει τη δραστικότητα ορισμένων ενώσεων, όπως η S-αλλυλοκουστεΐνη (SAC), η S-αλλυλομερκαπτοκουστεΐνη, η αλλικίνη και το σελήνιο, οι οποίες είναι σταθερές, υψηλής βιοδιαθεσιμότητας και σημαντικά αντιοξειδωτικές (Borek, 2001). Μια άλλη αντιοξειδωτική ένωση της AGE που αναγνωρίστηκε πρόσφατα είναι η N-άλφα-(1-δεοξυ-D-φρουκτο-1-υλ)-L-αργινίνη (Fru-Arg) η οποία δεν υπάρχει στο ακατέργαστο ή θερμικά επεξεργασμένο σκόρδο (Ryu et al. , 2001). Η αντιοξειδωτική δράση της Fru-Arg ήταν συγκρίσιμη με εκείνη του ασκορβικού οξέος. Η AGE ασκεί την αντιοξειδωτική της δράση με τη δέσμευση των δραστικών ειδών οξυγόνου (ROS) (Imai et al., 1994) και την ενίσχυση των κυτταρικών αντιοξειδωτικών όπως η ανηγμένη γλουταθειόνη και των αντιοξειδωτικών ενζύμων όπως η υπεροξειδική δισμουτάση, η καταλάση και η υπεροξειδάση της γλουταθειόνης των αγγειακών ενδοθηλιακών κυττάρων (Geng and Lau., 1997 Wei and Lau., 1998). Η AGE προστατεύει επίσης τα αγγειακά ενδοθηλιακά κύτταρα από τον οξειδωτικό τραυματισμό που προκαλείται από το H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (Yamasaki and Lau., 1997). Η LDL που απομονώθηκε από ανθρώπους στους οποίους χορηγήθηκε AGE βρέθηκε να είναι σημαντικά πιο ανθεκτική στην οξείδωση από την LDL που απομονώθηκε από άτομα που δεν έλαβαν συμπληρώματα (Munday et al. 1999). Η AGE έχει αποδειχθεί ότι προστατεύει από τις καρδιοτοξικές επιδράσεις της δοξορουβικίνης, ενός αντινεοπλασματικού παράγοντα που χρησιμοποιείται στη θεραπεία του καρκίνου (Kojima et al. 1994) και από την ηπατική τοξικότητα που προκαλείται από τετραχλωράνθρακα και ακεταμινοφαΐνη σε ποντίκια (Nakagawa et al. , 1988). Επομένως, υπάρχουν σημαντικές πειραματικές ενδείξεις σχετικά με την ικανότητα των AGE να προσφέρουν προστασία έναντι ασθενειών που προκαλούνται από οξειδωτικές συνθήκες όπως η γήρανση, η ακτινοβολία και η έκθεση σε χημικές ουσίες. Περαιτέρω μελέτες στον άνθρωπο θα είναι χρήσιμες για τη διαπίστωση του προστατευτικού ρόλου των AGE στις καρδιαγγειακές παθήσεις, τα εγκεφαλικά επεισόδια, τον καρκίνο και τη γήρανση, συμπεριλαμβανομένης της οξειδωτικής μεσολαβούμενης βλάβης των εγκεφαλικών κυττάρων, που εμπλέκεται στη νόσο του Αλτσχάιμερ.

#### **1.4.6. S-αλλυλοκουστεΐνη (SAC)**

Η S-αλλυλοκουστεΐνη (SAC) είναι μια σημαντική ένωση στο εκχύλισμα παλαιωμένου σκόρδου (AGE), αλλά όχι στο ωμό σκόρδο, και έχει αναφερθεί ότι έχει ισχυρά

αντιοξειδωτικά αποτελέσματα. Η SAC έχει αποδειχθεί ότι απομακρύνει το υπεροξειδίο του υδρογόνου (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) σε ένα σύστημα χωρίς κύτταρα. Η SAC ανέστειλε την οξειδωση της LDL και ελαχιστοποίησε την επαγόμενη από την οξειδωμένη LDL κυτταρική βλάβη. Η SAC μπορεί να προστατεύσει τα ενδοθηλιακά κύτταρα από τον τραυματισμό που προκαλείται από οξειδωμένη LDL, απομακρύνοντας τα υπεροξειδία και αποτρέποντας την ενδοκυτταρική εξάντληση της GSH. Αυτές οι ιδιότητες μπορεί να είναι χρήσιμες για την πρόληψη της αθηροσκλήρωσης (Ide and Lau., 1999).

#### **1.4.7. Πρωτεΐνη σκόρδου**

Η πρωτεΐνη σκόρδου παρασκευάζεται με μια μέθοδο που περιγράφηκε αρχικά από τους Mathew και Agusti (1996). Το φρέσκο σκόρδο απέδωσε περίπου 5% πρωτεΐνη σκόρδου κατά βάρος. Η ανάλυση αμινοξέων της πρωτεΐνης σκόρδου έδωσε όλα τα απαραίτητα αμινοξέα όπως και στην καζεΐνη, με πλουσιότερη αναλογία μεθειονίνης, κυστεΐνης και αργινίνης, αλλά με μικρότερη αναλογία λυσίνης, ιστιδίνης, λευκίνης και θρεονίνης σε σχέση με την πρωτεΐνη του γάλακτος. Έχει χαμηλότερο λόγο λυσίνης/αργινίνης (0,77) από αυτόν της καζεΐνης (2,0). Πρωτεΐνες με χαμηλή αναλογία λυσίνης/αργινίνης έχει αναφερθεί ότι έχουν αντιαθηρογενετικές ιδιότητες (Kritchensky et al., 1981).

#### **1.4.8 Συμπεράσματα**

Το ομογενοποιημένο σκόρδο σε δόση 1 g/kg εμφάνισε ιστοπαθολογικές αλλαγές στην καρδιά, το ήπαρ και τους νεφρούς. Το εκχύλισμα σκόρδου χρησιμοποιήθηκε επίσης σε μεγάλο εύρος δόσεων και ορισμένες δόσεις ήταν σίγουρα τοξικές. Έτσι, πριν από την πραγματοποίηση οποιασδήποτε in vivo αντιοξειδωτικής ή άλλης μελέτης είναι σημαντικό να έχουμε κατά νου ότι το σκόρδο δεν είναι ασφαλές σε όλα τα εύρη δόσεων. Μια άλλη σημαντική πτυχή της αντιοξειδωτικής αναζήτησης του σκόρδου είναι η ταυτοποίηση των ενεργών αντιοξειδωτικών ενώσεων του σκόρδου in vivo. Η αλλινίνη, η αλλικίνη, η γ-γλουταμυλοκυστεΐνη, και το διαλυσουλφίδιο, τα οποία έδειξαν αντιοξειδωτικές επιδράσεις in vitro, δεν ανιχνεύθηκαν στον ορό ή στα ούρα μετά την κατάποση ωμού σκόρδου. Συνεπώς, δεν αξίζει να μελετηθούν οι αντιοξειδωτικές και οι ανασταλτικές επιδράσεις της υπεροξειδωσης των λιπιδίων του σκόρδου in vitro ή σε ένα σύστημα κυτταροκαλλιέργειας και να προεκταθούν τα αποτελέσματα in vivo.

Η αλλυλομερκαππάνη έχει αποδειχθεί ότι είναι η κυρίαρχη ένωση θείου στην ανθρώπινη αναπνοή μετά την κατανάλωση σκελίδων σκόρδου (Lawson, 1994). Η αλλυλομερκαππάνη είναι επίσης ένα καλό αντιοξειδωτικό. Η πρόταση ότι η κατανάλωση σκόρδου μπορεί να έχει σημαντική αντιοξειδωτική δράση είναι σχεδόν αδιαμφισβήτητη λόγω της πληθώρας της επιστημονικής βιβλιογραφίας που υποστηρίζει αυτές τις επιδράσεις, η οποία περιλαμβάνει τόσο μελέτες σε ζώα όσο και σε ανθρώπους. Πολύ πιο αμφισβητήσιμη είναι η ταυτότητα των συγκεκριμένων ενώσεων από το σκόρδο ή τα προϊόντα σκόρδου που είναι υπεύθυνες για τις περισσότερες αντιοξειδωτικές επιδράσεις του, καθώς και ο τρόπος αποτελεσματικότερης χρήσης τους σε διάφορες παθοφυσιολογικές καταστάσεις.

### **1.5. Ιδιότητες σκόρδου και μέθοδοι προσδιορισμού**

Γενικά, έχει διαπιστωθεί ότι οι αντιοξειδωτικές ενώσεις στα τρόφιμα παίζουν ρόλο στην προστασία της υγείας του ανθρώπου. Το σκόρδο (*Allium sativum*) χρησιμοποιείται στις κουζίνες του κόσμου καθώς και στη βοτανοθεραπεία εδώ και χιλιάδες χρόνια. Οι κύριες ενώσεις που είναι υπεύθυνες για την αντιοξειδωτική του δράση είναι οι πολυφαινόλες και οι θειούχες ενώσεις.

*Πειραματικοί προσδιορισμοί:*

- *Δοκιμή DPPH*

Τα διαλύματα DPPH και Trolox παρασκευάζονται με αναλογία 1:1 του δείγματος σκόρδου, όπου η δραστηριότητα είναι ορατή μέσα σε λίγα δευτερόλεπτα. Δεκαπέντε λεπτά μετά την προσθήκη 2-διφαινυλο-1-πικρυλ-υδραζύλιο, (DPPH), το δείγμα τοποθετείται σε φασματοφωτόμετρο και η απορρόφηση αξιολογείται μεταξύ 400 και 750nm (Prakash et al, Marksens et al., 2007 Molyneux, 2004). Το διάλυμα Trolox αναμίγνυεται επίσης με DPPH, σε αναλογία 1:1, προκειμένου να παραχθεί ο θετικός έλεγχος για τα εν λόγω δείγματα. Το διάλυμα DPPH μόνο του χρησιμοποιείται ως αρνητικός έλεγχος.

- *Δοκιμή β-καροτενίου/λινολεϊκού οξέος*

Η αναστολή της υπεροξειδωσής του λινολεϊκού οξέος (πτητικές οργανικές ενώσεις και υδροϋπεροξειδία συζευγμένων διενίων) προσδιορίστηκε σύμφωνα με τον Miller (1971).

- *Διατήρηση κατά της επαγόμενης οξειδωτικής τάγγισης (μέθοδος Rancimat)*

Η δοκιμή διεξήχθη με τη χρήση μερικώς υδρογονωμένου φυτικού λίπους ως μήτρας συμπληρωμένη με τα εκχυλίσματα, όπως περιγράφεται από τους Antolovich, Prenzler, Patsalides, McDonald και Robards (2002). Η συσκευή που χρησιμοποιήθηκε ήταν η Rancimat Metrohm (Herisau, Ελβετία) που λειτουργεί στους 110°C και με ρυθμό παροχής αέρα 20 L/h.

- *Προσδιορισμός της περιεκτικότητας σε ολική φαινόλη*

Η ποσότητα των ολικών φαινολικών προσδιορίστηκε με τη χρήση του αντιδραστηρίου Folin-Ciocalteu (Singleton & Rossi, 1965). Η ποσότητα των ολικών φαινολικών υπολογίστηκε ως ισοδύναμα γαλλικού οξέος (GAE) σε μικρογραμμάρια ανά χιλιοστόγραμμα του εκχυλίσματος (ξηρή ουσία).

Σύμφωνα με έρευνα που έγινε για τις αντιοξειδωτικές ιδιότητες του εκχυλίσματος ακατέργαστου σκόρδου, παρατηρήθηκε ότι η ανάλυση υγρής χρωματογραφίας υψηλής απόδοσης (HPLC) του εκχυλίσματος ακατέργαστου σκόρδου δεν έδωσε ικανοποιητικά αποτελέσματα για τον προσδιορισμό της αλλισίνης. Ωστόσο, η χρήση της μεθόδου απορρόφησης 2,2-διφαινυλο-1-πικρυλ-υδραζύλιο (DPPH) για τον προσδιορισμό της αντιοξειδωτικής δράσης του εκχυλίσματος ακατέργαστου σκόρδου δείχνει μια αλλαγή χρώματος από βαθύ βιολετί σε κίτρινο, υποδεικνύοντας αντιοξειδωτική δράση. Έτσι, το ωμό σκόρδο μπορεί να αποτελέσει πηγή αντιοξειδωτικού με βάση τα αποτελέσματα της ανάλυσης απορρόφησης DPPH.

Γενικά, η αλλισίνη είναι το κύριο βιολογικά ενεργό συστατικό των φρέσκο θρυμματισμένων σκελίδων σκόρδου (*Allium sativum*). Παράγεται από την αλληλεπίδραση του μη πρωτεϊνικού αμινοξέος αλλίνη με το ένζυμο αλλινάση. Όλες οι έρευνες που αφορούν στην αλλισίνη έχουν γίνει είτε με σκόρδο σε σκόνη από διάφορους κατασκευαστές (Lawson et.al. 1991) είτε με επεξεργασία των σκελίδων σκόρδου μέσω πολλών διαφορετικών χημικών ουσιών προκειμένου να ληφθεί



αλλισίνη. Έκτοτε, αρκετοί ερευνητές έχουν αναφερθεί στην ανάλυση με HPLC η οποία έχει αποδειχθεί ότι παρέχει μια αξιόπιστη μέθοδο μέτρησης του τι πραγματικά υπάρχει στον ιστό του σκόρδου και αποφυγής των προβλημάτων των λανθασμένων ενώσεων που σχετίζονται με την GC. Στην παρούσα έρευνα, ο στόχος ήταν να ληφθεί ένα ακατέργαστο εκχύλισμα χυμού σκόρδου που περιείχε αλλικίνη και να παρατηρηθεί οπτικά το περιεχόμενο αυτού του χυμού καθώς και η αντιοξειδωτική δράση της αλλισίνης.

Είναι κοινώς αποδεκτό ότι η χημεία του σκόρδου είναι εξαιρετικά πολύπλοκη, αλλά έρευνες έχουν δείξει ότι οι ασυνήθιστες οργανοθειούχες ενώσεις είναι σχετικά μοναδικές στο σκόρδο και αυτές προάγουν το ευρύ φάσμα αντιθρομβωτικών, αντιπηκτικών, αντιυπερτασικών, αντικαρκινικών, αντιοξειδωτικών και αντιμικροβιακών επιδράσεων του.

Η πιο γνωστή και ευρέως μελετημένη ένωση του σκόρδου είναι η αλλισίνη. Η αλλισίνη και άλλα θειοσουλφινικά άλατα είναι κάπως ασταθή, αλλά η αραίωση και η διάλυση σε νερό μπορεί να βελτιώσει σημαντικά τη σταθερότητά τους. Η αλλισίνη μπορεί να διασπαστεί σε ένα ευρύ φάσμα ενώσεων, συμπεριλαμβανομένης της S-αλλυλομερκαπτοκυστεΐνης, της αλλυλομερκαπτάνης, του δισουλφιδίου του διαλλυλίου, του δισουλφιδίου του αλλυλομεθυλίου, των βινυλδιθεινών, του αγιοενίου και ενδεχομένως του αλλυλοσουλφινικού και του αλλυλοσουλφονικού οξέος. Η πιο υποσχόμενη μέθοδος για την ανάλυση της αλλισίνης έχει βρεθεί ότι είναι η HPLC αντίστροφης φάσης (Lawson et al., 1991).

Οι Parasad et al. (1995) αναφέρουν ότι η μέτρηση της αντιοξειδωτικής ικανότητας της αλλισίνης μέσω HPLC θα πρέπει να συμπληρώνεται με άλλες χημικές μετρήσεις για την παρατήρηση της αντιοξειδωτικής ικανότητας. Σε αυτή τη μελέτη, οι δραστηριότητες αντιοξειδωτικής ικανότητας προσδιορίστηκαν με τη δοκιμή DPPH, η οποία βρέθηκε ότι είναι μια γρήγορη, εύκολη και οικονομική μέθοδος μέτρησης της αντιοξειδωτικής δράσης. Η αντιοξειδωτική δράση του δείγματος μπορεί να παρατηρηθεί απλώς με γυμνό μάτι. Η διαδικασία DPPH μπορεί να χρησιμοποιηθεί για στερεά ή υγρά δείγματα και δεν είναι ειδική για κάποιο συγκεκριμένο αντιοξειδωτικό συστατικό, αλλά εφαρμόζεται στη συνολική αντιοξειδωτική ικανότητα ενός δείγματος (Parasad et al., 1995). Ως εκ τούτου, από τα αποτελέσματα που προέκυψαν στην παρούσα μελέτη, η δοκιμή DPPH είναι μια αξιόπιστη μέθοδος για τον προσδιορισμό της αντιοξειδωτικής ικανότητας του ακατέργαστου εκχυλίσματος από σκόρδο. Συμπερασματικά, στην συγκεκριμένη έρευνα το τεστ DPPH για την αντιοξειδωτική ικανότητα του σκόρδου στο σύνολό του και η ανάλυση HPLC δίνουν πειστικά αποτελέσματα και οι μελέτες αυτές θα πρέπει να προωθηθούν λόγω ορισμένων

ερευνών που έχουν δείξει την αδυναμία των βακτηρίων να αναπτύξουν αντίσταση σε έναν αντιμικροβιακό παράγοντα όπως η αλλισίνη. Αυτή η έρευνα μπορεί να είναι επωφελής για την ενημέρωση του κοινού ότι το σκόρδο είναι ένα αντιοξειδωτικό, το οποίο μπορεί να δράσει γρήγορα για την απομάκρυνση των ελεύθερων ριζών οξυγόνου. Αυτό μπορεί να βελτιώσει τη διάρκεια ζωής καθώς και την ποιότητα ζωής των ανθρώπων.

### **1.5.2. Μελέτες σχετικά με το παλαιωμένο εκχύλισμα σκόρδου (AGE)**

Το παλαιωμένο εκχύλισμα σκόρδου (AGE) περιέχει αντιοξειδωτικά φυτοχημικά που προλαμβάνουν την οξειδωτική βλάβη. Το AGE είναι ένα άοσμο προϊόν που προκύπτει από εκχυλίσματα φρέσκου σκόρδου που παλαιωνονται για παρατεταμένο χρονικό διάστημα σε θερμοκρασία δωματίου. Το AGE είναι βιοδιαθέσιμο και έχει βιολογική δραστηριότητα *in vitro* τόσο σε ζώα όσο και σε ανθρώπους (Moriguchi et al. 1997). Η μακροχρόνια εκχύλιση του σκόρδου (έως και 20 μήνες) παλαιώνει το εκχύλισμα, δημιουργώντας αντιοξειδωτικές ιδιότητες τροποποιώντας ασταθή μόρια με αντιοξειδωτική δράση, όπως η αλλισίνη, και αυξάνοντας τις σταθερές και υψηλής βιοδιαθεσιμότητας υδατοδιαλυτές οργανοθειούχες ενώσεις, όπως η S-αλλυλοκυστεΐνη (SAC) και η S-αλλυλομερκαπτοκυστεΐνη (SAMC) οι οποίες έχουν ισχυρή αντιοξειδωτική δράση (Amagase 1997, Ide and Lau 1997, Imai et al. 1994, Wei and Lau 1998). Η περιεκτικότητα σε SAC και SAMC στο AGE είναι υψηλή επειδή παράγονται κατά τη διαδικασία της γήρανσης, παρέχοντας έτσι στο AGE υψηλότερη αντιοξειδωτική δράση από το φρέσκο σκόρδο και άλλα εμπορικά συμπληρώματα σκόρδου (Imai et al. 1994). Μελέτες για τη φαρμακοκινητική του SAC σε ορισμένα ζωικά είδη δείχνουν ότι το SAC απορροφάται εύκολα από τη γαστρεντερική οδό και κατανέμεται στο πλάσμα, το ήπαρ και άλλα όργανα με βιοδιαθεσιμότητα 98% σε αρουραίους (Nagae et al. 1994).

Λιποδιαλυτές ενώσεις στο AGE περιλαμβάνουν διαλλυλοσουλφίδιο (DAS), τριαλλυλοσουλφίδιο, διαλλυλοδισουλφίδιο (DADS), διαλλυλοπολυσουλφίδια και άλλες (Amagase 1998, Amagase and Milner 1993, Awazu and Horie 1997, Horie et al. 1992). Οι λιποδιαλυτές οργανοθειικές ενώσεις εμφανίζουν αντιοξειδωτικά αποτελέσματα (Awazu and Horie 1997, Horie et al. 1989 και 1992).

Ένα σημαντικό σύνολο στοιχείων δείχνει ότι το AGE και τα συστατικά του αναστέλλουν την οξειδωτική βλάβη που εμπλέκεται σε μια ποικιλία ασθενειών και της γήρανσης. Αυτές οι επιδράσεις υποδεικνύουν έντονα ότι το AGE μπορεί να έχει σημαντικό ρόλο στη μείωση του κινδύνου καρδιαγγειακών παθήσεων, καρκίνου, νόσου Alzheimer και

άλλων εκφυλιστικών καταστάσεων που σχετίζονται με την ηλικία, προστατεύοντας την ανθρώπινη υγεία και μετριάζοντας τις επιπτώσεις της γήρανσης.

Πρόσφατες μελέτες έχουν επικυρώσει πολλές από τις φαρμακευτικές ιδιότητες που αποδίδονται στο σκόρδο και τις δυνατότητές του να μειώνει τον κίνδυνο ασθενειών. Οι αντικαρκινικές δράσεις του σκόρδου, των εκχυλισμάτων σκόρδου και των συστατικών του έχουν αποδειχθεί σε ζώα (Amagase and Milner 1993, Milner 1996, Nishino et al. 1990). Επιδημιολογικές μελέτες δείχνουν αντίστροφη συσχέτιση μεταξύ της κατανάλωσης σκόρδου και του μειωμένου κινδύνου εμφάνισης καρκίνου του στομάχου και του παχέος εντέρου (Steinmetz et al. 1994). Το σκόρδο έχει αποδειχθεί ότι έχει αντιθρομβωτική δράση (Block 1985), μειώνει τα λιπίδια του αίματος και έχει καρδιοπροστατευτική δράση (Neil και Sigali 1994). Οι μηχανισμοί του σκόρδου έχουν αποδοθεί στην ισχυρή αντιοξειδωτική του δράση, (Wei and Lau 1998, Yang et al. 1993), στην ικανότητά του να διεγείρει την ανοσολογική ανταπόκριση (Reeve et al. 1993) και στη διαμόρφωση της σύνθεσης των προστανοειδών (Bellman et al. Dimitrov 1989, and Bennink 1997). Το σκόρδο περιέχει μοναδικές οργανοθειούχες ενώσεις (Block 1985), οι οποίες παρέχουν τη χαρακτηριστική του γεύση και οσμή και το μεγαλύτερο μέρος της ισχυρής βιολογικής του δράσης. Η έντονη οσμή του φρέσκου σκόρδου και η ικανότητά του να δημιουργεί δυσάρεστες γαστρικές παρενέργειες (Heber 1997, Moriguchi et al. 1997) έχουν κάνει πολλούς να προτιμούν τα συμπληρώματα σκόρδου ως βέλτιστη επιλογή για την αύξηση της ημερήσιας πρόσληψης σκόρδου.

Μεταξύ των πολλών συμπληρωμάτων, το εκχύλισμα παλαιωμένου σκόρδου (AGE) διαθέτει μια αναπαραγωγίμη σειρά από συστατικά, τα οποία έχουν αναλυθεί και μελετηθεί εκτενώς για την υψηλή αντιοξειδωτική τους περιεκτικότητα και το δυναμικό προστασίας της υγείας (Amagase 1997).

Ως ελεύθερη ρίζα ορίζεται κάθε είδος που περιέχει ένα ή περισσότερα ασύζευκτα ηλεκτρόνια. Τα αντιδραστικά είδη οξυγόνου (ROS) είναι ένας συλλογικός όρος που περιλαμβάνει τόσο τις ρίζες οξυγόνου, όπως το υπεροξειδίο ( $O_2$ ) και το υδροξύλιο (OH) (Bayr, Hülya. "Reactive oxygen species." *Critical care medicine* 33.12 (2005): S498-S501.) Τα ROS περιλαμβάνουν ελεύθερες ρίζες και μη ριζικά είδη. Οι ελεύθερες ρίζες φέρουν ένα ασύζευκτο ηλεκτρόνιο και είναι ασταθείς και δραστικές.

Περιλαμβάνουν το υπεροξειδίο, το μονοξειδίο του αζώτου και την πιο δραστική και τοξική ROS, τη ρίζα υδροξυλίου. Τα μη ριζικά οξειδωτικά περιλαμβάνουν το υπεροξειδίο του υδρογόνου, το μονήρες οξυγόνο και το όζον, τα οποία σχηματίζουν ελεύθερες ρίζες στους ιστούς μέσω διαφόρων χημικών αντιδράσεων (Borek Gutteridge, 1993). Για να προστατευτούν τα μόρια από τις τοξικές ελεύθερες ρίζες και

άλλες ROS, τα κύτταρα

έχουν αναπτύξει αντιοξειδωτικές άμυνες που περιλαμβάνουν τα ένζυμα υπεροξειδική δισμουτάση (SOD), η οποία διασπά το υπεροξείδιο, καταλάση και υπεροξειδάση της γλουταθειόνης, τα οποία καταστρέφουν τα τοξικά υπεροξειδία, και μικρά μόρια συμπεριλαμβανομένης της γλουταθειόνης.

Οι αντιοξειδωτικές δράσεις του AGE και των συστατικών του καθορίζονται από την ικανότητά τους να απομακρύνουν τις ROS και να αναστέλλουν το σχηματισμό υπεροξειδίων των λιπιδίων. Αυτές οι επιδράσεις προσδιορίζονται με τη μέτρηση της μείωσης του χημειοφωταύγειας που προκαλείται από ROS, την αναστολή των αντιδραστικών υποστάσεων του θειοβαρβιτουρικού οξέος (υπεροξειδία των λιπιδίων) (δοκιμασία TBARS) και την *in vitro* αναστολή της απελευθέρωσης του πεντανίου, ενός προϊόντος των οξειδωμένων λιπιδίων, στην αναπνοή του ζώου που εκτίθεται σε οξειδωτικό στρες (Amagase 1997, Awazu and Horie 1997, Horie et al. 1989, Ide et al. 1996, Imai et al. 1994). Επίσης, το AGE έχει αποδειχθεί ότι αναστέλλει το σχηματισμό υπεροξειδίου των λιπιδίων σε διάφορες μελέτες (Wei and Lau 1998). Πιο πρόσφατα, άλλα συστατικά του AGE, η N-φρουκτο-σουλ-αργινίνη και το N-φρουκτο-σουλ-γλουταμινικό, έδειξαν αντιοξειδωτικές επιδράσεις με φασματοσκοπία σπιν-συντονισμού (O'Brien and Gillies 1998).

### **1.5.3. Ενίσχυση της γλουταθειόνης (GSH)**

Η γλουταθειόνη (GSH) είναι ένας σημαντικός αμυντικός μηχανισμός στα ζωντανά κύτταρα. Τα μειωμένα επίπεδα ιστικής GSH συνδέονται με κυτταρικές βλάβες, καταστολή της ανοσίας και την εξέλιξη της γήρανσης και μπορεί να αυξήσουν τον κίνδυνο ανάπτυξης καρκίνου. Το AGE αυξάνει την κυτταρική γλουταθειόνη σε μια ποικιλία κυτάρων, συμπεριλαμβανομένων εκείνων του φυσιολογικού ήπατος και του μαστικού ιστού (Liu et al. 1992). Η ικανότητα του AGE να αυξάνει την υπεροξειδάση της γλουταθειόνης και άλλα ένζυμα απορρόφησης των ROS (Wei and Lau 1998) είναι σημαντική για την ακτινοπροστασία και την καταστολή ορισμένων μορφών ανοσίας από την υπεριώδη ακτινοβολία (Reeve et al. 1993), για τη μείωση του κινδύνου εμφάνισης καρκίνου που προκαλείται από ακτινοβολία και χημικά (Borek 1993) και για την πρόληψη του φάσματος των βλαβών του DNA, των λιπιδίων και των πρωτεϊνών που προκαλούνται από ROS και υπεισέρχονται στις διαδικασίες της ασθένειας και της γήρανσης (Gutteridge 1993).

#### **1.5.4. Αντιοξειδωτικές επιδράσεις του AGE σε σύγκριση με άλλα συμπληρώματα σκόρδου**

Πραγματοποιήθηκε μια σειρά μελετών για να συγκριθούν οι αντιοξειδωτικές επιδράσεις του AGE, το οποίο περιέχει κυρίως SAC και SAMC (Imai et al. 1994), με εκείνες ενός υδατικού εκχυλίσματος ακατέργαστου σκόρδου, το οποίο περιέχει κυρίως αλλισίνη και ένα θερμικά επεξεργασμένο υδατικό εκχύλισμα φρέσκου σκόρδου, το οποίο περιείχε κυρίως αλλισίνη. Με τη χρήση δοκιμών χημειοφωταύγειας και TBARS, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι μόνο τα AGE, SAC και SAMC μείωσαν την επαγόμενη από το υδροϋπεροξειδίο του βουτυλίου εκπομπή φωτός σε ένα κλάσμα μικροσωμάτων του ήπατος και μείωσαν το TBARS, υποδεικνύοντας ισχυρή δράση απορρόφησης ROS. Αντίθετα, τα εκχυλίσματα ακατέργαστου και θερμικά επεξεργασμένου ακατέργαστου σκόρδου ενίσχυσαν τη χημειοφωταύγεια, υποδεικνύοντας οξειδωτική δράση (Imai et al. 1994). Παρόμοιες μελέτες διεξήχθησαν για να συγκριθεί η αντιοξειδωτική δράση του AGE με εκείνη άλλων εμπορικών συμπληρωμάτων σκόρδου. Χρησιμοποιώντας τη δοκιμασία χημειοφωταύγειας (Imai et al. 1994), τα αποτελέσματα έδειξαν ότι αν και το AGE μείωσε τη χημειοφωταύγεια που προκαλείται από ROS, γεγονός που δείχνει αντιοξειδωτική δράση, τα άλλα εμπορικά προϊόντα σκόρδου αύξησαν τη χημειοφωταύγεια, γεγονός που υποδηλώνει προ οξειδωτική δράση.

#### **1.5.5. Μείωση του κινδύνου καρδιαγγειακής και εγκεφαλο-αγγειακής νόσου**

Η οξειδωση των λιπιδίων, ιδίως η οξειδωτική τροποποίηση της LDL, εμπλέκεται στην ανάπτυξη καρδιαγγειακής και εγκεφαλο-αγγειακής νόσου (Cox and Cohen 1996, Witztum, 1993).

Το AGE αναστέλλει την οξειδωση των λιπιδίων και την οξειδωτική τροποποίηση των LDL (Ide και Lau 1997). Με τον τρόπο αυτό, το AGE μπορεί να μειώσει την ποσότητα της κυκλοφορούσας οξειδωμένης LDL και την επακόλουθη συσσώρευση χοληστερόλης στα μακροφάγα, τους λείους μύες και τα τοιχώματα των αιμοφόρων αγγείων, με αποτέλεσμα την αναστολή των αθηρογόνων λιπαρών ραβδώσεων (Efendy et al. 1997). Αυτές οι επιδράσεις, σε συνδυασμό με άλλες δράσεις του AGE, αυξάνουν τις δυνατότητές του να μειώσει τον κίνδυνο καρδιαγγειακής και εγκεφαλο-αγγειακής νόσου.

Άλλες προστατευτικές δράσεις του AGE περιλαμβάνουν την αναστολή της συσσώρευσης των αιμοπεταλίων (Steiner 1996) και καταστέλλουν αντιφλεγμονώδεις, αντιαθηρογόνες και αντιθρομβωτικές επιδράσεις (Dimitrov and Bennink 1997).

#### **1.5.6. Αναστολή της καρκινογένεσης, μειώνοντας τον κίνδυνο ανάπτυξης καρκίνου**

Ο μετασχηματισμός των φυσιολογικών κυττάρων στην κακοήθη κατάσταση προχωρά μέσω πολλών ευδιάκριτων σταδίων, συμπεριλαμβανομένης της έναρξης από βλάβη του DNA και μεταγενέστερων συμβάντων που έχουν οριστεί ως προώθηση όγκου σε ζώα και in vitro (Borek 1993). Η AGE αναστέλλει τόσο τα πρώιμα όσο και τα τελευταία στάδια της καρκινογένεσης, με αποτέλεσμα την αναστολή της ανάπτυξης του όγκου σε πολλούς ιστούς, συμπεριλαμβανομένου του παχέος εντέρου, των μαστικών αδένων, του δέρματος, του στομάχου και του οισοφάγου (Amagase and Milner 1993, Amagase et al. 1996, Liu et al. 1992, Milner 1996, Nishino et al. 1989 και 1990, Reeve et al. 1993).

Επιπλέον, το AGE ασκεί την αντικαρκινική του δράση με διαφορετικούς και συμπληρωματικούς τρόπους, λόγω της ποικιλίας των ενώσεων που υπάρχουν στο εκχύλισμα, όπως υδατοδιαλυτές και λιποδιαλυτές οργανοθείες ενώσεις, φαινολικές ενώσεις, κυρίως αλλικήνη, σαπωνίνες και σελήνιο. Έτσι, η αντικαρκινική δράση του AGE, που περιέχει όλες αυτές τις ενώσεις, είναι ευρεία. Ορισμένες λιποδιαλυτές οργανοθείες ενώσεις που υπάρχουν στο AGE αναστέλλουν την καρκινογένεση ρυθμίζοντας τον μεταβολισμό του καρκινογόνου και μειώνοντας τη δέσμευση του καρκινογόνου στο DNA. Το SAC έδειξε επίσης αναστολή του σχηματισμού προσθήκης DNA σε κύτταρα μαστικού (Amagase and Milner 1993, Milner 1996). Ωστόσο, η αναστολή της βλάβης του DNA που προκαλείται από το ROS από το AGE, το οποίο αποτρέπει τις καρκινογόνες μεταλλάξεις, μπορεί επίσης να παίξει ρόλο επειδή αυτές οι οργανοθείες ενώσεις είναι σαρωτές ROS. Το σελήνιο μειώνει το σχηματισμό προσαγωγών DNA (Amagase et al. 1996) και συμβάλλει στις αντικαρκινογόνες/αντιοξειδωτικές επιδράσεις (Amagase et al. 1996, Borek et al. 1986). Οι αντικαρκινικές επιδράσεις του AGE φαίνονται περαιτέρω από την ικανότητα του εκχυλίσματος να προστατεύει τα φαλακρά ποντίκια από την επαγόμενη από το υπεριώδες φως καρκινογένεση του δέρματος (Reeve et al. 1993).

Συμπερασματικά, πολλά στοιχεία δείχνουν ότι η οξειδωτική τροποποίηση της LDL συμβαίνει in vivo και ότι η οξειδωτικά τροποποιημένη LDL έχει βιολογικές επιδράσεις

που μπορεί να προάγουν την αθηροσκληρωτική διαδικασία και να παίζουν ρόλο στην καρδιακή νόσο και το εγκεφαλικό επεισόδιο. Άλλα στοιχεία δείχνουν ότι η οξειδωση του DNA οδηγεί σε μεταλλάξεις σε κρίσιμα γονίδια που προκαλούν καρκίνο και ότι η οξειδωτική βλάβη παίζει ρόλο στη γήρανση και τη νόσο Αλτσχάιμερ. Το AGE περιέχει ένα ευρύ φάσμα αντιοξειδωτικών που μπορούν να δράσουν συνεργατικά ή προσθετικά και να προστατεύσουν τα κύτταρα από οξειδωτικές βλάβες, συμβάλλοντας έτσι στη μείωση του κινδύνου καρδιακών παθήσεων, εγκεφαλικών επεισοδίων, καρκίνου και νόσου Αλτσχάιμερ.

Οι μελέτες σχετικά με τις επιδράσεις του AGE είναι ευρείας κλίμακας και έχουν επικυρώσει πολλές από τις παραδοσιακές χρήσεις του σκόρδου στην ιατρική. Τα οφέλη του AGE για την υγεία και η υψηλή αντιοξειδωτική του δράση σε σύγκριση με άλλα εμπορικά σκευάσματα οφείλονται εν μέρει στην υψηλή περιεκτικότητά του σε σταθερές και υψηλής βιοδιαθεσιμότητας υδατοδιαλυτές οργανοθείες ενώσεις.

Γενικά, η συνήθης κατανάλωση φρούτων και λαχανικών παρέχει σημαντικά οφέλη για την ανθρώπινη υγεία (Lampe, 1999). Μεταξύ αυτών, το σκόρδο (*Allium sativum* L.) παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον λόγω των προφυλακτικών και θεραπευτικών του δράσεων (Bhagyalakshmi, Thimmaraju, Venkatachalam, Murthy, & Sreedhar, 2005- Kabasakal et al., 2005- Lawson & Gardner, 2005).

Το θείο και οι πολυφαινόλες που υπάρχουν στο σκόρδο ανταποκρίνονται στην αντιβακτηριακή, αντιμυκητιασική και αντιοξειδωτική δράση που μελετήθηκε προσεκτικά σε προηγούμενες εκθέσεις (Benkeblia, 2004, 2005- Bozin, Mimica-Dukic, Samojlik, Goran, & Igic, 2008- Chung, 2006- Gorinstein, Leontowicz, Drzewiecki, et al., 2006a- Gorinstein, Leontowicz, Leontowicz, et al., 2006b- Nuutila, Puupponen-Pimia, Aarni, & Oksman-Caldentey, 2003- Pedraza-Chaverri, Medina-Campos, & Segoviano-Murillo, 2007- Sener et al., 2005- Tsai, Tsai, & Ho, 2005). Ωστόσο, η αντιοξειδωτική δράση των φρούτων και των λαχανικών επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες, όπως η επεξεργασία, η παρουσία πρόσθετων και οι αλληλεπιδράσεις των θρεπτικών ουσιών. (Cardelle-Cobas, Moreno, Corzo, Olano, & Vil-lamiel, 2005- Nicoli, Anese, & Parpinel, 1999- Pedraza-Chaverri et al., 2007).

Μια άλλη μελέτη έγινε με στόχο την αξιολόγηση της αντιοξειδωτικής δράσης του φρέσκου σκόρδου και των προϊόντων που κυκλοφορούν στην αγορά και της διάρκειας ζωής τους. Στο φρέσκο σκόρδο (ΦΣ) και τα προϊόντα του, δηλαδή το ψιλοκομμένο με αλάτι (CGS), το ψιλοκομμένο χωρίς αλάτι (CG), το τηγανητό (FRG) και το μικτό σκόρδο (ΦΣ με αφυδατωμένο σκόρδο- MG) αξιολογήθηκε η αντιοξειδωτική δράση με τρεις



διαφορετικές μεθόδους: DPPH (1,1-διφαινυλο-2-πικρυλ-υδραζύλιο), β-καροτένιο/λινολεϊκό οξύ και τη μέθοδο Rancimat.

Η αντιοξειδωτική δράση του φρέσκου σκόρδου έχει ήδη τεκμηριωθεί, αλλά δεν υπάρχουν δεδομένα σχετικά με την αντιοξειδωτική δράση των διαφόρων προϊόντων σκόρδου που κυκλοφορούν στο εμπόριο και τις πιθανές αλλαγές στην αντιοξειδωτική δράση κατά τη διάρκεια ζωής του. Η παρούσα μελέτη αναφέρει την περιεκτικότητα σε πολυφαινόλες και την αντιοξειδωτική δραστηριότητα του σκόρδου και των έτοιμων προς κατανάλωση προϊόντων του και τις πιθανές μεταβολές που οφείλονται στην αξιολόγηση της αντιοξειδωτικής δραστηριότητας του φρέσκου σκόρδου και των έτοιμων προς κατανάλωση προϊόντων σκόρδου κατά τη διάρκεια της διάρκειας ζωής τους.

Τελικά αποδείχθηκε ότι το τηγανισμένο σκόρδο παρουσίασε υψηλότερη περιεκτικότητα σε πολυφαινόλες από το φρέσκο σκόρδο, σε αντίθεση με τη συμπεριφορά που παρατηρήθηκε από τον Lanzotti (2006) για την κερκετίνη, η οποία είναι μια φλαβονόλη. Υπήρξε σημαντική μείωση του ολικού φαινολικού περιεχομένου λόγω της αποθήκευσης στο μισό της ημερομηνίας λήξης (T2) για το ψιλοκομμένο σκόρδο (με και χωρίς αλάτι) και το μικτό σκόρδο όπως έχει ήδη περιγραφεί (Gorinstein, Leontowicz, Drzewiecki, et al., 2006). Η περιεκτικότητα σε πολυφαινόλες μειώθηκε από το T2 έως την ημερομηνία λήξης για όλα τα εκχυλίσματα προϊόντων σκόρδου. Η μείωση της πολυφαινόλης κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης μπορεί να εξηγηθεί από την πιθανή οξειδωση των πολυφαινολών σε κινόνες, λαμβάνοντας υπόψη τη δράση τους ως αντιοξειδωτικά (Gorinstein, Leontowicz, Drzewiecki, et al., 2006, Jastrzebski et al., 2007).

Η ικανότητα απορρόφησης ελεύθερων ριζών ήταν σημαντικά διαφορετική μεταξύ του φρέσκου σκόρδου και των έτοιμων προς κατανάλωση προϊόντων σκόρδου. Το τηγάνισμα αύξησε την ενεργότητα απορρόφησης ελεύθερων ριζών, γεγονός που μπορεί να οφείλεται σε: (1) την υψηλότερη περιεκτικότητα σε ολικές φαινόλες μεταξύ όλων των δειγμάτων που αναλύθηκαν, γεγονός που υποδηλώνει θετική συσχέτιση μεταξύ της περιεκτικότητας σε ολικές φαινόλες και της ανάλυσης DPPH, όπως έχει ήδη παρατηρηθεί από άλλους συγγραφείς Shahidi and Wanasundara (1992) και Schlesier, Harwat, Böhm, and Bitsch (2002). (2) Το σκόρδο τηγανίστηκε σε λάδι σόγιας, το οποίο περιέχει φυσικά και πρόσθετα αντιοξειδωτικά, ορισμένα από τα οποία θα μπορούσαν να έχουν ενσωματωθεί στο σκόρδο κατά τη διαδικασία τηγανίσματος. (3) Η έκθεση σε υψηλή θερμοκρασία μπορεί να συνέβαλε στη δημιουργία προϊόντων της αντίδρασης Maillard που διαθέτουν αντιοξειδωτική δράση (Nicoli et al., 1999- Peralta et al., 2008). Το εκχύλισμα τηγανητού σκόρδου προστάτευσε επίσης το λινολεϊκό οξύ από την υπεροξειδωση πιο αποτελεσματικά

από τα άλλα έτοιμα προς κατανάλωση προϊόντα

σκόρδου. Ωστόσο, το εκχύλισμα φρέσκου σκόρδου (FG) ήταν το λιγότερο αποτελεσματικό στην αναστολή της υπεροξειδωσής του λινολεϊκού οξέος. Οι σημαντικές αυξήσεις των επιπέδων του β-καροτενίου/λινολεϊκού οξέος στα εκχυλίσματα ψιλοκομμένου σκόρδου (CG και CGS) και του μικτού σκόρδου (MG) θα μπορούσαν να εξηγηθούν από τις προσθήκες μεταβιζουλικού νατρίου και κιτρικού οξέος στα έτοιμα προς κατανάλωση προϊόντα σκόρδου, που μπορεί να συμβάλλουν στην αντιοξειδωτική δράση, δεδομένου ότι οι ουσίες αυτές μπορούν να σβήσουν τα ιόντα μετάλλων, δρώντας συνεργατικά με άλλες αντιοξειδωτικές ενώσεις στα τρόφιμα. Μεταξύ των προϊόντων που μελετήθηκαν, το τηγανητό σκόρδο (FRG) παρουσίασε καλύτερη απόδοση στην προστασία του φυτικού λίπους από την οξείδωση, γεγονός που μπορεί να σχετίζεται με τη συνολική περιεκτικότητά του σε πολυφαινόλες. Κατά τη διάρκεια της διάρκειας ζωής, υπήρξε μια μικρή αύξηση του συντελεστή προστασίας για όλα τα προϊόντα σκόρδου, όπως παρατηρήθηκε στην ανάλυση β-καροτενίου/λινολεϊκού οξέος. Συνοψίζοντας, τα αποτελέσματά μας δείχνουν ότι το φρέσκο σκόρδο και τα έτοιμα προς κατανάλωση προϊόντα σκόρδου παρουσιάζουν αντιοξειδωτικές ιδιότητες που επηρεάζονται από τη διαδικασία και το χρόνο αποθήκευσης. Το εκχύλισμα τηγανητού σκόρδου παρουσίασε τις καλύτερες επιδόσεις σε όλες τις δοκιμές.

## Κεφάλαιο 2: Κρεμμύδι

### 2.1. Γενικά στοιχεία

Το κρεμμύδι (*Allium cepa*) είναι διετές (άνθηση κάθε 2η χρονιά) φυτό, το οποίο παράγει βολβούς από φρέσκα εσωτερικά λέπια που προστατεύονται από ξηρά εξωτερικά δέρματα (Εικόνα 7), των οποίων ο αριθμός και η ακεραιότητα παίζουν ουσιαστικό ρόλο στην αξιολόγηση της εμπορικής αξίας. Το χρώμα των λεπιών είναι ένα ποικιλιακό χαρακτηριστικό, που συνδέεται με την παρουσία χρωστικών ουσιών που μπορεί να δρουν ως αντιοξειδωτικά, οι οποίες παρουσιάζουν σημαντικά διαφορετικές συγκεντρώσεις μεταξύ των εσωτερικών και των εξωτερικών λεπιών, όπως διαπιστώθηκε στην ποικιλία *Ramata di Montoro* (Caruso et al., 2014). Οι γενετικοί παράγοντες επηρεάζουν τη μεταβλητότητα πολλών χαρακτηριστικών, σηματοδοτώντας διαφορές μεταξύ των ποικιλιών: μορφοφυσιολογικά χαρακτηριστικά, απαιτήσεις φωτοπεριόδου, μέγεθος, σχήμα, χρώμα και ποιότητα των βολβών (Yang et al., 2004).



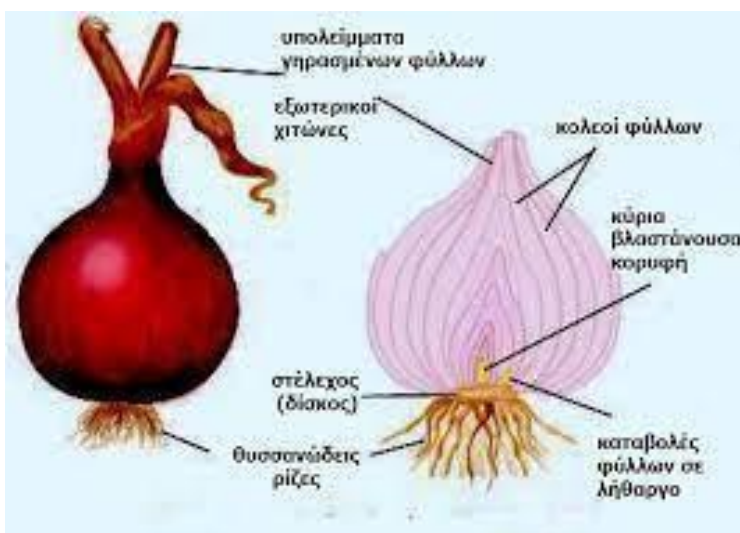
Εικόνα 7: Εσωτερικά λέπια και εξωτερικά δέρματα κρεμμυδιού

Ειδικότερα, οι θρεπτικές και αντιοξειδωτικές ιδιότητες των βολβών κρεμμυδιού αποδίδονται σε διάφορους δείκτες, όπως το ξηρό υπόλειμμα, τα διαλυτά στερεά, τα ανόργανα θρεπτικά συστατικά, τα σάκχαρα, τα αμινοξέα, οι λεκτίνες, το πυρουβικό οξύ, τα θειοσουλφινικά άλατα, οι σαπωνίνες και οι πολυφαινόλες. Οι τρεις τελευταίες ομάδες ουσιών παρουσιάζουν βιολογικές και φαρμακολογικές ιδιότητες, όπως αντιμυκητιακές, αντιβακτηριακές, αντικαρκινικές, αντιφλεγμονώδεις, αντιθρομβωτικές και υποχοληστερολαιμικές ιδιότητες (Lanzotti, 2006).

Επιπλέον, υπάρχει αυξανόμενο ενδιαφέρον για την ταυτοποίηση δευτερογενών μεταβολιτών από τα τρόφιμα, όπως οι σαπωνίνες, που πρόσφατα ονομάστηκαν με τους όρους "nutraceuticals" ή "phytochemicals", οι οποίοι ταξινομούνται ως μη απαραίτητα μικροθρεπτικά συστατικά, τα οποία όμως είναι σε θέση να συμβάλλουν στην ανθρώπινη ομοιόσταση, διαδραματίζοντας κρίσιμο ρόλο στη διατήρηση της υγείας (Lanzotti, 2006).

### Μορφολογία του φυτού

Το φυτό του κρεμμυδιού αποτελείται από το στέλεχος, το οποίο είναι πλάκα ή δίσκος στη βάση του βολβού κάτω από τα φύλλα και πάνω από τις ρίζες, τον βολβό, ο οποίος είναι διογκωμένοι κολεοί (βάσεις) των φύλλων και τη ρίζα. Το κρεμμύδι αποτελεί παράδειγμα θυσανώδους ριζικού συστήματος καθώς έχει επιφανειακές θυσανώδεις ρίζες σε βάθος 30 εκατοστών από την επιφάνεια του εδάφους (εικόνα 8).



Εικόνα 8: Μορφολογία του φυτού

## **2.2. Ιστορική αναδρομή**

Το κρεμμύδι (*Allium cepa* L.) ανήκει στην οικογένεια *Amaryllidaceae*, κατάγεται από τη δυτική Ασία και είναι από τα παλαιότερα καλλιεργούμενα είδη. Η μέγιστη ποικιλότητα των ειδών *Allium* βρίσκεται σε μια ζώνη από τη λεκάνη της Μεσογείου έως το Ιράν και το Αφγανιστάν. Η Ασία παράγει το 66,8% της παγκόσμιας παραγωγής κρεμμυδιών, με την Κίνα να είναι ο μεγαλύτερος παραγωγός με 22,3 εκατ. τόνους, ακολουθούμενη

από

την Ινδία με 19,3 εκατ.τόνους. Η ευρωπαϊκή παραγωγή φθάνει στους 9.2 εκατ.τόνους, που αντιστοιχεί στο 10,8% της συνολικής παγκόσμιας παραγωγής, με την υψηλότερη τιμή να είναι 1,3 εκατ.τόνοι στις Κάτω Χώρες και 1,2 εκατ.τόνοι στην Ισπανία (FAOSTAT, 2014).

### 2.3. Χημική σύσταση

Ένα κοινό κρεμμύδι περιέχει τα ακόλουθα θρεπτικά συστατικά:

Πίνακας 3: Ποσοστά θρεπτικών συστατικών κρεμμυδιού

Θρεπτικά συστατικά	Τιμές
Υγρασία	88,6-92,8%
Πρωτεΐνη	0,9-1,6%
Λίπος (Ιχνη)	0,2%
Υδατάνθρακες	5,2-9,0%
Τέφρα	0,6%
Ενέργεια	23-38kcal/100g

Ακόμα, περιέχει τα ακόλουθα χημικά στοιχεία:

Πίνακας 4: Χημικά στοιχεία (mg/100g καθαρού βάρους):

Ca	190-540
P	200-430
K	80-110
Na	31-50
Mg	81-150
Al	0,5-1
Ba	0,1-1
Fe	1,8-2,6
Sr	0,8-7
B	0,6-1
Cu	0,05–0,64
Zn	1,5-2,8

Mn	0,5-1,0
S	50-51

Τέλος, περιέχει τις ακόλουθες βιταμίνες:

Πίνακας 5: Βιταμίνες (στα 100g φρέσκου προϊόντος)

Βιταμίνη D	0,3 mg
Ριβοφλαβίνη	0,05 mg
Νικοτινικό οξύ	0,2 mg
Βιταμίνη C1	0,0 mg
Φολικό οξύ	16,0μg
Βιοτίνη	0,9 μg
Παντοθενικό οξύ	0,14 mg

Μεταξύ των διαφόρων ελεύθερων αμινοξέων που ποικίλλουν σε μεγάλο βαθμό, το γλουταμινικό οξύ και η αργινίνη είναι άφθονα στο κρεμμύδι. Η συγκέντρωση αυτών των αμινοξέων είναι υψηλότερη στο κέντρο του βολβού και μειώνεται προς τα εξωτερικά λέπια.

Το κρεμμύδι χαρακτηρίζεται από χαρακτηριστική γεύση και οξύτητα, οι οποίες οφείλονται στις ενώσεις που περιέχουν θείο και είναι διαθέσιμες στα λέπια των βολβών. Το θείο βρίσκεται υπό μορφή διαφόρων μη πρωτεϊνικών αμινοξέων που περιλαμβάνουν τις πρόδρομες ενώσεις των πτητικών αρωματικών ενώσεων.

#### **2.4. Οφέλη για την υγεία**

Το κρεμμύδι είναι γνωστό για τις ιδιαίτερες φαρμακευτικές και λειτουργικές του ιδιότητες εδώ και χιλιάδες χρόνια εκτός από τη χρήση του ως καρύκευμα και μπαχαρικό για τον αρωματισμό και τον εμπλουτισμό διαφόρων κουζινών. Ο Augusti απαρίθμησε διάφορες παραδοσιακές χρήσεις του κρεμμυδιού, μεταξύ των οποίων:

- Δρα ως διεγερτικό, διουρητικό και αποχρεμπτικό και, αναμειγμένο με ξύδι, είναι χρήσιμο σε περίπτωση πονόλαιμου.
- Το αιθέριο έλαιο από κρεμμύδι περιέχει ένα καρδιοδιεγερτικό, αυξάνοντας την συχνότητα των παλμών, της συστολικής πίεσης και της στεφανιαίας ροής.
- Η κατανάλωση κρεμμυδιού μειώνει το σάκχαρο στο αίμα, τα λιπίδια και



τη χοληστερόλη.

- Ο φρέσκος χυμός κρεμμυδιού έχει αντιβακτηριακές ιδιότητες που οφείλονται στην αλλικίνη, τις δισουλφιδικές και τις cysteine ενώσεις και τις αλληλεπιδράσεις τους.
- Έχει αναφερθεί δράση κατά της συσσώρευσης αιμοπεταλίων στο αίμα ανθρώπων και ζώων λόγω της τακτικής κατανάλωσης κρεμμυδιού.

Οι βολβοί κρεμμυδιού παρουσιάζουν διάφορες ιδιότητες, όπως αντιοξειδωτικές, αντικαρκινογόνες, αντιμικροβιακές, καρδιοπροστατευτικές, αντιελμινθικές, υπογλυκαιμικές, αντιφλεγμονώδεις, αντιρευματικές, αντισπασμολυτικές, διουρητικές, αντιθρομβωτικές, αντισηπτικές, αντιασθματικές, υποχοληστερολαιμικές και πνευμονοθεραπευτικές ιδιότητες (Griffiths et al., 2002). Μια 15ετής επιδημιολογική έρευνα στη Δυτική Ευρώπη, που πραγματοποιήθηκε σε δύο ομάδες πληθυσμού με διαφορετικά επίπεδα κατανάλωσης κρεμμυδιού, αποκάλυψε στατιστικά σημαντική μείωση του καρκίνου της στοματικής κοιλότητας, του φάρυγγα, του λάρυγγα, του μαστού, των ωθηκών, του προστάτη και των νεφρικών κυττάρων στην ομάδα με υψηλό επίπεδο κατανάλωσης *Allium* (Galeone and Pelucchi, 2007).

Το ευρύ φάσμα των ευεργετικών επιδράσεων του κρεμμυδιού στην ανθρώπινη υγεία που αναφέρθηκε παραπάνω οφείλεται στην παρουσία σημαντικών χημικών ενώσεων, όπως τα флаβονοειδή, οι σουλφοξειδές της αλκενυλοκουστεΐνης (ACSOs), οι φρουκτοολιγοσακχαρίτες, οι διαιτητικές ίνες, οι στεροειδείς σαπωνίνες, καθώς και ορισμένα ιχνοστοιχεία, όπως το σελήνιο (Se), το μαγγάνιο και ο σίδηρος.

Τα флаβονοειδή θεωρούνται σημαντικοί παράγοντες της συνολικής αντιοξειδωτικής δράσης (AOA) των φυτών- ειδικότερα, η κερκετίνη έχει δείξει την ικανότητα να προστατεύει την LDL χοληστερόλη από την οξειδωση, μειώνοντας έτσι τον κίνδυνο καρδιαγγειακών νοσημάτων (Lanzotti, 2006). Επιπλέον, πειραματικές μελέτες παρέχουν ενδείξεις για την ευεργετική δράση των флаβονοειδών σχετικά με τον καρκίνο όπως η βιοενεργοποίηση καρκινογόνων ουσιών, η κυτταρική ανάφλεξη, η ρύθμιση του κυτταρικού κύκλου, το οξειδωτικό στρες και ειδικά η αποτελεσματικότητα του κρεμμυδιού έναντι του καρκίνου του πνεύμονα.

Τα αλκυλοσουλφίδια και τα δισουλφίδια διαλλυλίου έδειξαν πιθανές προστατευτικές επιδράσεις στην έναρξη της καρκινογένεσης, μέσω της διαμόρφωσης ενζύμων που εμπλέκονται στο μεταβολισμό καρκινογόνων ουσιών.

Οι σαπωνίνες που απομονώνονται από το κρεμμύδι μπορούν να δράσουν ως φυσικά φάρμακα σε πολλές ασθένειες, καθώς παρουσιάζουν θετικές επιδράσεις ως αντιμυκητιασικοί, αντικαρκινικοί, αντισπασμωδικοί και αντιχοληστερολαιμικοί παράγοντες, καθώς και δράση κατά της κυτταροτοξικότητας και της πηκτικότητας του

αίματος (Corea et al., 2005).

## **2.5. Αντιοξειδωτικά φυτοχημικά και ιδιότητες**

Οι βολβοί κρεμμυδιού περιέχουν ορισμένα σημαντικά αντιοξειδωτικά συστατικά, όπως οργανοθειούχες ενώσεις, φαινολικά και σαπωνίνες, τα οποία προστατεύουν τον άνθρωπο από κυτταρικές βλάβες που προκαλούνται από ROS ή ελεύθερες ρίζες (Griffiths et al., 2002). Η κατανάλωση τέτοιων ενώσεων μπορεί να προσφέρει άμεσους χημικοπροστατευτικούς ρόλους, συμβάλλοντας στη μείωση του οξειδωτικού στρες, ή μπορεί επίσης να ενεργοποιήσει τα κύτταρα να παράγουν τους δικούς τους χημικούς μηχανισμούς οξειδωτικής άμυνας, όπως η επαγωγή ενζύμων μεταβολισμού φαρμάκων φάσης II.

## **2.6. Ποικιλίες κρεμμυδιού και βιολογική αξία τους**

Η διερεύνηση των χημικών χαρακτηριστικών και της βιολογικής δραστηριότητας του *A. cera* αποτελεί σημαντικό στόχο για την αξιοποίηση αυτού του είδους ως πηγής φυσικών ευεργετικών ενώσεων.

### **2.6.1. Μεσογειακοί βολβοί κρεμμυδιού (Ιταλία)**

Μελετήθηκαν και διερευνήθηκαν από το Τμήμα Βιομηχανικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο του Σαλέρνο (Liguori Loredana, Adiletta Giuseppina, Di Matteo Marisa, Albanese Donatella) και το Ινστιτούτο Επιστήμης τροφίμων, CNR-ISA (Nazzaro Filomena, Fratianni Florinda) οι κύριες χημικές και βιολογικές ιδιότητες των ποικιλιών κρεμμυδιού που καλλιεργούνται στη νότια μεσογειακή περιοχή (Ιταλία), οι οποίες μπορούν να αποτελέσουν μια έγκυρη και δυναμική εναλλακτική λύση για τις κοινές ποικιλίες κρεμμυδιού από αυτές που είναι ήδη διαθέσιμες στην αγορά. Οι ποικιλίες κρεμμυδιού παρουσιάζονται στην εικόνα 9.



Εικόνα 9:

a: ΜΟ-κρεμμύδι Montoro

b: ΑΟ-κρεμμύδι Alife

c: ΣΤVΟ-κρεμμύδι Vatolla (σβούρα)

d: ΤSVO-κρεμμύδι Vatolla (κωνικό σχήμα)

## 2.6.2. Πέντε ποικιλίες λευκού κρεμμυδιού (*Allium cepa* L.)



Εικόνα 10: Λευκά κρεμμύδια

Μελετήθηκε και διερευνήθηκε ο χαρακτηρισμός διαφόρων ποικιλιών κρεμμυδιού που

ανήκουν στην ποικιλία *Bianca di Pompei cv* όσον αφορά στις κύριες ποιοτικές παραμέτρους για την καλλιέργεια αυτή (πτητικές ενώσεις, πολυφαινόλες, αντιοξειδωτική δράση και οξύτητα) (Liguori, Loredana, et al.2017)

### **2.6.3. Ισπανικές ποικιλίες κρεμμυδιού**

Μελετήθηκε ο προσδιορισμός της περιεκτικότητας σε ολικές φαινόλες και της αντιοξειδωτικής ικανότητας των ακατέργαστων εκχυλισμάτων κρεμμυδιού Ισπανικών ποικιλιών.

Σε όλα τα παραπάνω είδη που αναφέραμε πραγματοποιήθηκαν διάφορες μελέτες με σκοπό τον προσδιορισμό των ιδιοτήτων τους. Οι μέθοδοι προσδιορισμού που ακολουθήθηκαν στις παραπάνω μελέτες για τα ευρήματα και τα αποτελέσματα για τις κύριες χημικές και βιολογικές ιδιότητες των ποικιλιών κρεμμυδιού και τις κύριες ποιοτικές παραμέτρους (πτητικές ενώσεις, πολυφαινόλες, αντιοξειδωτική δράση και οξύτητα) είναι οι εξής:

### **2.7.Μέθοδοι προσδιορισμού**

- *Προσδιορισμός πτητικών ουσιών με εκχύλιση*

Η ταυτοποίηση και ο προσδιορισμός των πτητικών συστατικών πραγματοποιήθηκαν με GC-MS (Trace MS plus, Thermo Finnigan, ΗΠΑ) εξοπλισμένο με τριχοειδή στήλη (Supelcowax 10; 60 m, 0,25 mm, 0,25  $\mu$ m, Supelco, ΗΠΑ). Ο χρωματογραφικός διαχωρισμός και η ταυτοποίηση των πτητικών ενώσεων πραγματοποιήθηκαν σύμφωνα με τους Liguori et al. 2017.

- *Προσδιορισμός της αντιοξειδωτικής δράσης*

Τα εκχυλίσματα κρεμμυδιών μετρήθηκαν ως προς την αντιοξειδωτική τους δράση σύμφωνα με τους Sharma et al. (2014). Η αντιοξειδωτική δράση μετρήθηκε με διάλυμα 1,1-διφαινυλο-2-πικρυλυδραζύλιο (DPPH) ( $6 \cdot 10^{-5}$  M σε μεθανόλη) και η δράση απορρόφησης ελεύθερων ριζών εκφράστηκε ως EC50: ο όγκος ( $\mu$ L) που απαιτείται για τη μείωση του 50% της αρχικής δραστηριότητας των ριζών DPPH.

- *Ποιοτικό-ποσοτικό προφίλ πολυφαινολών*

Οι ολικές φαινόλες εκτιμήθηκαν με τη χρωματομετρική ανάλυση Folin-Ciocalteu (33,56). Η απορρόφηση των διαλυμάτων μετρήθηκε με τη χρήση φασματοφωτομέτρου UV-Vis (Lambda Bio 40; PerkinElmer, Waltham, MA, USA). Η ταυτοποίηση των φαινολικών ενώσεων στα εκχυλίσματα κρεμμυδιού πραγματοποιήθηκε με HPLC, χρησιμοποιώντας χρωματογράφο Agilent 1100 (Agilent, Santa Clara, ΗΠΑ). Ο χρωματογραφικός διαχωρισμός πραγματοποιήθηκε σε στήλη RP-Amide (5  $\mu\text{m}$   $\times$  150 mm  $\times$  4,6 mm) (Phenomenex, Torrance, ΗΠΑ).

Οι ολικές φαινόλες, που προσδιορίστηκαν ποσοτικά στα δείγματα κρεμμυδιού, αναφέρονται στον πίνακα 6.

Οι ποικιλίες κρεμμυδιού μελετήθηκαν επίσης για την ειδική σύνθεση των φαινολών τους (Εικόνα 11 και Πίνακας 6). Για όλες τις ποικιλίες, η πιο άφθονη φαινόλη ήταν το γαλλικό οξύ, η ποσότητα του οποίου μεταβάλλεται από 55,66 έως 64,90  $\mu\text{g/g dw}$  στο Febbrarese και στο Giugnese, αντίστοιχα. Μεταξύ των αναγνωρισμένων φαινολών, η κερκετίνη έχει σημαντικό ρόλο από διατροφική άποψη. Η κερκετίνη είναι η αγλυκονική μορφή πολλών άλλων γλυκοζιτών φλαβονοειδών, όπως η ρουτίνη και η κερσιτρίνη, που βρίσκονται στα εσπεριδοειδή, στο φαγόπυρο και στα κρεμμύδια. Τα λειτουργικά οφέλη της κερκετίνης περιλαμβάνουν αντιφλεγμονώδη δράση, αντιισταμινικό αποτέλεσμα, φαρμακευτική αγωγή κατά των αλλεργιών και αντικαρκινικές και αντιπικτικές δραστηριότητες. Έχει επίσης υποστηριχθεί ότι ρυθμίζει την αρτηριακή πίεση σε υπερτασικά άτομα.

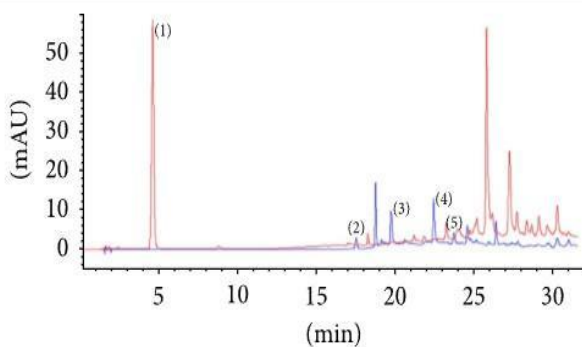
Πίνακας 6:

Φαινόλες (mg/g dw; μέση  $\pm$  SD), αντιοξειδωτική δράση (EC50 mg εκχύλισμα/mL, μέση  $\pm$  SD) και ολικές φαινόλες (mg GAE/g dw) των τοπικών φυλών κρεμμυδιού *Bianca di Pompei*.

	<i>Febbrarese</i>	<i>Marzatica</i>	<i>Aprilatica</i>	<i>Maggiola</i>	<i>Giugnese</i>
Φαινόλες (mg/g dw)					
Γαλλικό οξύ	55.66 $\pm$ 2.30a	59.56 $\pm$ 1.10ab	61.23 $\pm$ 2.50b	61.94 $\pm$ 1.91b	64.90 $\pm$ 1.22b

Φερουλικό οξύ	1.52 ± 0.20a	1.62 ± 0.25a	1.67 ± 0.41a	1.69 ± 0.19a	1.77 ± 0.30a
Κερκετίνη	6.98 ± 0.42a	7.47 ± 0.30b	7.68 ± 0.28b	7.77 ± 0.30b	8.14 ± 0.20b
Καμφερόλη	1.62 ± 0.33a	1.73 ± 0.27a	1.78 ± 0.15a	1.80 ± 0.21a	1.89 ± 0.32a
Χλωρογενικό οξύ	0.84 ± 0.06a	0.90 ± 0.02a	0.92 ± 0.08a	0.93 ± 0.04a	0.98 ± 0.07a
Αντιοξειδωτική δράση					
EC50 (mg εκχυλίσματος/ml)	18.80 ± 1.0a	18.50 ± 0.50a	20.90 ± 0.60b	20.25 ± 0.40b	21.27 ± 0.8b
Συνολικές φαινόλες (mg GAE/g dw)	4.75 ± 0.24a	4.90 ± 0.10a	5.14 ± 0.35a	5.06 ± 0.28a	5.31 ± 0.30a

Τα διαφορετικά γράμματα (a,b) αντιστοιχούν σε σημαντικές διαφορές ( $p \leq 0,05$ ) μεταξύ των ποικιλιών κρεμμυδιού.



Εικόνα 11: Χρωματογραφήματα φαινολών σε δείγματα κρεμμυδιού στα 280 και 350 nm (κόκκινες και μπλε γραμμές, αντίστοιχα).

(1): Γαλλικό οξύ

(2): Χλωρογενικό οξύ



(3): Φερουλικό οξύ

(4) : Κερκετίνη

(5) : Καμφερόλη

- *Ανάλυση του προφίλ πολυφαινολών*

Το ποιοτικό-ποσοτικό προφίλ προσδιορίστηκε με HPLC (1100, Agilent, Waldbronn, Γερμανία) σύμφωνα με τους Cinquanta et al. (2015).

Οι ολικές φαινόλες, που προσδιορίστηκαν ποσοτικά στα δείγματα κρεμμυδιού, αναφέρονται στον πίνακα 6. Η συγκέντρωση κυμάνθηκε από ένα ελάχιστο 4,75 στο Febrarese έως ένα μέγιστο 5,31 στο Giugnese. Τα αποτελέσματα ήταν σύμφωνα με τους Santos et al. (2008) και Prakash et al. (2007), οι οποίοι αξιολόγησαν τις λευκές ισπανικές και τις κόκκινες, βιολετί και πράσινες ποικιλίες κρεμμυδιών, αντίστοιχα..

- *Προσδιορισμός οξύτητας*

Η καυστικότητα των κρεμμυδιών προσδιορίστηκε μέσω μιας ενζυμικής διεργασίας (αλλινάση) που παράγει πυροσταφυλικό (EPY) με χρωματομετρική ανάλυση σύμφωνα με τους Schwimmer και Weston (1961) με μικρές τροποποιήσεις. .

Συνήθως, η ταξινόμηση των ποικιλιών κρεμμυδιού βασίζεται στα επίπεδα καυστικότητας: γλυκό (0-3 μμοL πυρουβικού οξέος/g fw), μέτρια καυστικότητα (3-7 μμοL πυρουβικού οξέος/g fw) και υψηλή καυστικότητα (πάνω από 7 μμοL πυρουβικού οξέος/g fw).

## **2.8. Αποτελέσματα - Συμπεράσματα ερευνών**

Στις παραπάνω μελέτες αναδείχθηκε ότι υπάρχουν διαφορές στις σημαντικότερες ποιοτικές παραμέτρους μεταξύ πέντε ποικιλιών κρεμμυδιού που ανήκουν στην ποικιλία "Bianca di Pompei". Οι πτητικές ενώσεις φάνηκε να επηρεάζονται από τον μήνα συγκομιδής και από τη θερμοκρασία ανάπτυξης. Οι ποικιλίες Aprilatica, Maggiaiola και Giugnese που καλλιεργήθηκαν κατά την ηπιότερη χρονική περίοδο παρουσίασαν υψηλότερη ποσότητα θειούχων ενώσεων από εκείνες που καταγράφηκαν στις ποικιλίες Febrarese και Marzatica που καλλιεργήθηκαν και συγκομίστηκαν κατά τους χειμερινούς

μήνες. Ομοίως, οι ολικές φαινόλες, το προφίλ φαινολών και η αντιοξειδωτική δραστηριότητα αυξήθηκαν στις ποικιλίες κρεμμυδιού που συγκομίστηκαν κατά τους θερινούς μήνες. Η καυστικότητα όλων των τοπικών ποικιλιών βρέθηκε υψηλή σύμφωνα με την ταξινόμηση της καυστικότητας του κρεμμυδιού. Επίσης, για την παράμετρο αυτή, οι υψηλότερες τιμές βρέθηκαν για τα δείγματα κρεμμυδιού που καλλιεργήθηκαν κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Έτσι, η μία από τις μελέτες αναδεικνύει την άποψη ότι και οι εξωγενείς παράγοντες, όπως η περίοδος ανάπτυξης, επηρεάζουν ορισμένα από τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, όπως το άρωμα και η γεύση.

Τα αποτελέσματα βρίσκονται σε καλή συμφωνία με πρόσφατες δημοσιεύσεις, όπου τα αβονοειδή ήταν κυρίως παρόντα στο υποκλάσμα του οξικού αιθυλεστέρα, αλλά αντιπροσώπευαν μόνο ένα μικρό ποσοστό των συνολικών φαινολών που υπήρχαν στο υδατικό υποκλάσμα (Singh et al., 2009). Αυτό συνάδει με τη χαμηλή διαλυτότητα των φλαβονολών στο νερό, με την κερκετίνη και την καμφερόλη να είναι τα πιο κοινά φλαβονοειδή που υπάρχουν στα εκχυλίσματα κρεμμυδιού (Nuutila et al., 2002- Lanzotti, 2006).

Το βρώσιμο μέρος της ποικιλίας κίτρινου κρεμμυδιού είχε υψηλότερη περιεκτικότητα σε ολικές φαινόλες και αβονοειδή από τις λευκές ποικιλίες κρεμμυδιού, ενώ μεταξύ των λευκών ποικιλιών που εξετάστηκαν η FE είχε την υψηλότερη περιεκτικότητα σε φαινολικά και φλαβονοειδή όπως έχει αναφερθεί προηγουμένως (Sellappan & Akoh, 2002; Yang et al., 2004; Santas et al., 2008).

Αρκετές δημοσιεύσεις έχουν αναφέρει ότι τα φλαβονοειδή είναι η κύρια ομάδα φαινολών που υπάρχουν στο λευκό κρεμμύδι FE και στις κίτρινες ποικιλίες κρεμμυδιού (Sellappan & Akoh, 2002- Santas et al., 2008). Ωστόσο, τα αποτελέσματα αποκαλύπτουν ότι η μέθοδος Folin-Ciocalteu μπορεί να δημιουργήσει υπερεκτίμηση της συνολικής περιεκτικότητας σε φαινόλες, όπως μπορεί να παρατηρηθεί στο υποκλάσμα νερού. Άλλες μη φαινολικές ουσίες, όπως η βιταμίνη C ή τα σάκχαρα, που υπάρχουν στο υποκλάσμα του νερού, μπορούν να επηρεάσουν τα αποτελέσματα της μεθόδου Folin-Ciocalteu δημιουργώντας υπερεκτίμηση της συνολικής περιεκτικότητας σε φαινόλες (George et al., 2005).

Η αντιοξειδωτική ικανότητα των εκχυλισμάτων ήταν σύμφωνη με την περιεκτικότητα σε φαινόλες και φλαβονοειδή.

Η GO παρουσίασε την υψηλότερη αντιοξειδωτική ικανότητα λόγω της παρουσίας υψηλότερης περιεκτικότητας σε φλαβονοειδή, ενώ η αντιοξειδωτική ικανότητα και η περιεκτικότητα σε φλαβονοειδή της CV ήταν χαμηλότερες από τις τιμές των άλλων δύο ποικιλιών. Άλλες δημοσιεύσεις έχουν αναφέρει στο παρελθόν ότι οι έγχρωμες ποικιλίες

κρεμμυδιών, όπως τα κίτρινα ή κόκκινα κρεμμύδια, έχουν υψηλότερη αντιοξειδωτική ικανότητα από τις λευκές ποικιλίες κρεμμυδιών, γεγονός που μπορεί να αποδοθεί στην υψηλότερη περιεκτικότητα σε φλαβονοειδή (Yang et al. , 2004- Stratil et al. , 2006). Κατά συνέπεια, οι διαφορές στην περιεκτικότητα σε φλαβονοειδή συσχετίζονται καλά με εκείνη της αντιοξειδωτικής ικανότητας.

Οι τιμές της περιεκτικότητας σε ολικές φαινόλες (TP) που προσδιορίστηκαν με τη μέθοδο Folin-Ciocalteu παρουσιάζονται στον πίνακα 7.

Πίνακας 7:

Περιεκτικότητα σε ολικές φαινόλες, φλαβονοειδή και αντιοξειδωτική ικανότητα των διαφόρων εκχυλισμάτων κρεμμυδιού.

	Περιεκτικότητα σε φαινόλη μολ rutin eq. g <sup>-1</sup> d.w.	Περιεκτικότητα σε φλαβονοειδή μολ rutin eq. g <sup>-1</sup> d.w.	TEAC μολ Trolox g <sup>-1</sup> d.w.
Οξικός αιθυλεστέρας			
CV	1.35 ± 0.10	0.38 ± 0.01	4.55 ± 0.44
FE	12.59 ± 0.09	7.95 ± 0.16	24.59 ± 0.67
GO	44.37 ± 1.49	34.92 ± 0.75	74.86 ± 1.77
H <sub>2</sub> O			
CV	8.36 ± 0.49	0.29 ± 0.10	8.74 ± 0.29
FE	18.82 ± 0.49	0.78 ± 0.02	26.69 ± 0.00
GO	23.46 ± 0.84	2.51 ± 0.11	24.07 ± 0.45

Τα αποτελέσματα εκφράζονται ως μέσοι όροι ± SD τριπλής ανάλυσης.

(FE): "Fuentes de Ebro"

(CV): "Calc, ot de

Valls" (GO): "Grano de

Oro"

Συμπερασματικά, τα κρεμμύδια είναι γνωστά ως καλή πηγή φλαβονοειδών, κυρίως κερκετίνης και των γλυκοζυλιωμένων παραγώγων της. Η παρούσα μελέτη επιβεβαιώνει την παρουσία φλαβονοειδών σε ακατέργαστα εκχυλίσματα κρεμμυδιού και επιβεβαιώνει τη δραστηριότητά τους ως αντιοξειδωτικές ενώσεις. Τα φλαβονοειδή υπήρχαν κυρίως στο υποκλάσμα του οξικού αιθυλεστέρα των εκχυλισμάτων. Η ποικιλία Grano de Oro περιείχε την υψηλότερη ποσότητα φαιολών και φλαβονοειδών και είχε την υψηλότερη αντιοξειδωτική ικανότητα, ακολουθούμενη από τις ποικιλίες Fuentes de Ebro και Calcot de Valls.

## Κεφάλαιο 3: Μπρόκολο

### 3.1. Γενικά στοιχεία

Το μπρόκολο (*Brassica oleracea* ποικιλία *italica*) είναι ένα διετές φυτό που ανήκει στην οικογένεια Brassicaceae και είναι ένα από τα πιο κοινά σταυρανθή λαχανικά στον κόσμο. Τα άνθη και τα φύτρα μπρόκολου χρησιμοποιούνται συνήθως για κατανάλωση, ενώ τα άλλα μέρη του, όπως οι μίσχοι και τα φύλλα, απορρίπτονται κατά τη συγκομιδή. Το μπρόκολο είναι ένα ταχέως αναπτυσσόμενο ετήσιο φυτό που αναπτύσσεται σε ύψος 60-90 εκατοστά.



Εικόνα12: Μπρόκολο (*Brassica oleracea*) ([www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org))

Η παλαιότερη περιγραφή της βλάστησης του μπρόκολου είναι πιθανώς αυτή του Dalechamp τον 16ο αιώνα (Nieuwhof, 1969). Το λεξικό των κηπουρών του Μίλερ του 1724 αναφέρεται σε "βλαστάρι" ή "ιταλικά σπαράγγια" (Sturtevant, 1919). Και στις δύο περιπτώσεις η φύση της βλάστησης του φυτού αναφέρεται στις περιγραφές τους. Κατάγεται από την ανατολική Μεσόγειο και τη Μικρά Ασία και αργότερα εισήχθη στην Αγγλία και την Αμερική τη δεκαετία του 1700. Από την Ανατολική Μεσόγειο, τα μπρόκολα εισήχθησαν στην Ιταλία, όπου πρέπει να έχει πραγματοποιηθεί σημαντική διαφοροποίηση. Για παράδειγμα, ο Giles (1941) κατέγραψε και ταξινόμησε ένα ευρύ φάσμα τόσο βλάστησης όσο και μπρόκολα έγχρωμης κεφαλής. Αυτά συνέβησαν όπου υπήρχε καλλιέργεια γης στην Κεντρική και νότια Ιταλία και τη Σικελία. Από τα μπρόκολα έγχρωμης κεφαλής, πολλές ποικιλίες είδε να αναπτύσσονται γύρω από τη Νάπολη, τη Ρώμη, τη Φλωρεντία και άλλες πόλεις στην νότια Ιταλία (Giles, 1941).

Πίνακας 8: Καλλιεργούμενη έκταση και ποσότητα παραγωγής συνολικά για το μπρόκολο και το κουνουπίδι σε παγκόσμιο επίπεδο (στοιχεία 2009/ FAO).

Ήπειρος	Έκταση x 1000 στρέμματα	Παραγωγή x 1000 MT	% επί του συνόλου της παραγωγής
B. και Κ. Αμερική	498	827	4,17
N. Αμερική	964	151	0,76
Ασία	8.473	16.175	81,60
Αφρική	146	289	1,46
Ευρώπη	1.319	2.266	11,43
Ωκεανία	40	112	0,57
Σύνολο	11.440*	19.823*	100

\*Ανεπίσημα στοιχεία. (Πηγή: FAO)

Το μπρόκολο διαθέτει πολλές ιδιότητες που προάγουν την υγεία, οι οποίες αποδίδονται στις αντιοξειδωτικές και αντικαρκινογόνες ενώσεις του. Αποτελείται κυρίως από πολυφαινόλες, γλυκοζινολίτες, σουλφοραφάνη και σελήνιο. Τα γλυκοζινολίτες είναι προϊόν ενζυμικής υδρόλυσης. Επιπλέον η σουλφοραφάνη παράγεται κατά την μάσηση από τους γλυκοζινολίτες. Μικρές ποσότητες φύτρων σταυρανθών μπορεί να προστατεύουν από τον κίνδυνο εμφάνισης καρκίνου εξίσου αποτελεσματικά με πολύ μεγαλύτερες ποσότητες ώριμων λαχανικών της ίδιας ποικιλίας. Επιπλέον, περιέχουν υψηλή περιεκτικότητα σε φλαβονοειδή, βιταμίνες και ανόργανα θρεπτικά συστατικά.

Το μπρόκολο που παράγεται το χειμώνα περιέχει διπλάσια ποσότητα βιταμίνης C σε σύγκριση με το μπρόκολο του καλοκαιριού, ίσως επειδή το φυτό παράγει περισσότερες αντιοξειδωτικές ουσίες για να αμυνθεί απέναντι στις χαμηλές θερμοκρασίες (Elwan et al., 2011).

Ακόμα, πολυάριθμες επιδημιολογικές μελέτες έχουν επιβεβαιώσει τα διατροφικά και θεραπευτικά οφέλη του μπρόκολου, όπως η ρύθμιση του ανοσοποιητικού, η αποτοξίνωση, η υγεία των ματιών, η υγεία των οστών και οι αντιμικροβιακές και αντιοξειδωτικές ιδιότητες. Τα εκχυλίσματα από το μπρόκολο παρουσιάζουν σημαντικές αντιοξειδωτικές ιδιότητες κατά της υπεροξειδωσης των λιπιδίων. Ωστόσο, αυτή η αντιοξειδωτική δράση δεν οφείλεται στην περιεκτικότητα σε γλυκοζινολίτες, η οποία πιθανόν περιλαμβάνει την περιεκτικότητα σε υδροξυλιωμένες φαινόλες και

πολυφαινόλες (Plumb et al. 1996).



Το μπρόκολο παρέχει τεράστια οφέλη στην προστασία του ανθρώπου από τον καρκίνο και επίσης εξασφαλίζει τη μείωση του κινδύνου εμφάνισης συγκεκριμένων μορφών καρκίνου. Συγκεκριμένα η κατανάλωση μιας ουσίας που υπάρχει στο μπρόκολο (indole-3-carbinol) και η οποία μετατρέπεται σε μία άλλη ουσία, την 3,3'-diindolylmethane (DIM), θεωρείται από πολλούς επιστήμονες το πιο γνωστό φυσικό αμυντικό όπλο του ανθρώπου κατά του καρκίνου. Η ουσία αυτή έχει ήδη αποδειχθεί από προηγούμενες μελέτες ότι εμποδίζει τη διαίρεση των καρκινικών κυττάρων του μαστού και επίσης εμποδίζει την τεστοστερόνη, την ορμόνη που συμβάλλει στην ανάπτυξη των καρκινικών κυττάρων στον προστάτη. (Riby et al., 2000)

### 3.2. Σύνθεση μπρόκολου

Το μπρόκολο περιέχει φολικό οξύ (B. Lin and Lin 1999) και γλυκοζινολίτες (Kristal 2002) και είναι μια πλούσια πηγή βιταμίνης C και βιταμίνης K. Περιέχει επίσης σημαντικές ποσότητες βιταμινών B1, B3, B5, B6 και E. Επίσης, φολικό οξύ, χρώμιο, μαγνήσιο, φώσφορο, ψευδάργυρο, ασβέστιο, σίδηρο, σελήνιο, πρωτεΐνες και ωμέγα-3 λιπαρά οξέα βρίσκονται στο μπρόκολο. Το μπρόκολο περιέχει ακόμα πολυάριθμες φυτοχημικές ουσίες, όπως πολυφαινόλες, συγκεκριμένα την καμφερόλη, τους γλυκοζίτες της κερκετίνης, την ισοραμνετίνη, τα γλυκοζινολίτες και τα παράγωγά τους. Αυτά είναι υπεύθυνα για τις αντιοξειδωτικές και αντικαρκινικές του ιδιότητες και άλλα οφέλη για την υγεία. Το μπρόκολο έγινε ένα από τα αγαπημένα φαγητά των καταναλωτών εξαιτίας της υψηλής περιεκτικότητάς του σε θρεπτικά συστατικά και φυτικές ίνες. Επιπλέον, το μπρόκολο έχει ινδόλη-3-καρβινόλη που μπορεί να καταπολεμήσει τον καρκίνο του μαστού μετατρέποντας ένα οιστρογόνο που προάγει τον καρκίνο σε μια πιο προστατευτική ποικιλία.

Δεδομένου ότι η περιεκτικότητα για αυτά τα συστατικά του μπρόκολου ποικίλλει σημαντικά, μπορεί να μην είναι εύκολο να συμβουλευτεί κανείς το ευρύ κοινό σχετικά με το πόσο λαχανικό πρέπει να συμπεριλάβει στη διατροφή του. Μια εξέταση 50 ποικιλιών μπρόκολου έδειξε ότι τα επίπεδα β-καροτένιου ποικίλλουν πάνω από έξι φορές. Η α-τοκοφερόλη και το ασκορβικό οξύ ποικίλλουν επίσης, αλλά όχι σε συνδυασμό με το β-καροτένιο.

#### Πίνακας 9:

Διατροφικές πληροφορίες ανά 100g νωπού προϊόντος (Πηγή: Σουηδική Υπηρεσία Ελέγχου Τροφίμων/Livsmedelsverket)

Ουσία	Τιμή
Πρωτεΐνες	3,5g

Υδατάνθρακες	3,1g
Λίπη	0,3g
Βιταμίνη Ε, (α- τοκοφερόλη)	0,36mg
Καροτένιο	920 µg
Θειαμίνη	0,8 mg
Ριβοφλαβίνη	0,12 mg
Βιταμίνη C (Ασκορβικό οξύ)	83 mg
Βιταμίνη Β3 (Νιασίνη)	0,6 mg
Ισοδύναμα Νιασίνης	1,2 mg
Βιταμίνη Β6 (Πυριδοξίνη)	0,21 mg
Βιταμίνη Β9 (Φολικό οξύ)	175 µg
Φώσφορος P	81 mg
Σίδηρος Fe	0,66 mg
Κάλιο K	332 mg
Ασβέστιο Ca	62 mg
Μαγνήσιο Mg	23 mg
Νάτριο Na	4mg
Σελήνιο Se	0,5 µg
Ψευδάργυρος Zn	0,4 mg
Ιώδιο	1 µg

### 3.3. Ιδιότητες μπρόκολου και μέθοδοι προσδιορισμού

Το μπρόκολο είναι ένα δυνητικά υγιεινό λαχανικό με ενισχυμένη αντιοξειδωτική δραστηριότητα λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς του σε φαινόλες. Περιλαμβάνει επίσης ένα μείγμα άλλων αντιοξειδωτικών, όπως το ασκορβικό οξύ, τα καροτενοειδή και η α-τοκοφερόλη, τα οποία είναι γνωστό ότι προλαμβάνουν την εμφάνιση χρόνιων ασθενειών. (D.A. Moreno M. Carvajal C. López-Berenguer C. García-Viguera, 2006)

Ακόμα, ξεχωρίζει για την διατροφική του αξία και την αντιοξειδωτική του δράση, επειδή είναι εξαιρετικά πλούσιο σε βιταμίνες και άλλα συστατικά.

Μέθοδοι Προσδιορισμού:

Η αντιοξειδωτική ικανότητα στο εκχύλισμα μπρόκολου προσδιορίστηκε με τρεις μεθόδους αντιοξειδωτικής δράσης, δηλαδή με τις δοκιμασίες BCO, FSA, FRAP, με τη χρήση DPPH, και άλλες που αναφέρονται και αναλύονται παρακάτω.

- Προσδιορισμός οξειδωσης β-καροτένιου (BCO) και α-τοκοφερόλης  
Ο προσδιορισμός περιγράφεται από τους Taga *et al.* (1984) και βασίζεται στη συζευγμένη οξειδωση του β-καροτενίου και του λινολεϊκού οξέος.  
Το β-καροτένιο που περιέχει το μπρόκολο είναι ένα σημαντικό θρεπτικό συστατικό με αξία προβιταμίνης Α.

Η βιταμίνη Ε είναι ένα σημαντικό λιποδιαλυτό αντιοξειδωτικό που είναι υπεύθυνο για την προστασία των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων στις μεμβράνες από την υπεροξειδωση των λιπιδίων, τις ελεύθερες ρίζες και τις μονήρεις μορφές οξυγόνου (Machlin και Bendich 1987). Το φυσικό ισομερές από (d-α-τοκοφερόλη) είναι το πιο βιολογικά ενεργό (Piironen *et al.* 1986).

- Προσδιορισμός απορρόφησης ελεύθερων ριζών (FSA)  
Ο βαθμός αποχρωματισμού υποδεικνύει την αποτελεσματικότητα των εκχυλισμάτων ελεύθερων ριζών (Sanchez-Moreno *et al.* 1998) και η FSA για το μπρόκολο αξιολογείται με τον αποχρωματισμό μεθανολικού διαλύματος του DPPH.

- Προσδιορισμός αντιοξειδωτικής δύναμης αναγωγής με σίδηρο (FRAP)  
Το συνολικό αντιοξειδωτικό δυναμικό του δείγματος προσδιορίστηκε με τη χρήση της δοκιμασίας αναγωγικής αντιοξειδωτικής δύναμης σιδήρου (FRAP) των Benzie και Strain (1996) ως μέτρο της "αντιοξειδωτικής δύναμης". Η δοκιμασία FRAP μετρά τη μεταβολή της απορρόφησης στα 593 nm λόγω του σχηματισμού μιας ένωσης Fe<sup>II</sup>-τριπυριδυλοτριαζίνης (μπλε χρώμα) από οξειδωμένο Fe<sup>III</sup> (άχρωμο) με τη δράση αντιοξειδωτικών που δίνουν ηλεκτρόνια.

Εφόσον είναι δύσκολο να προσδιοριστεί η αντιοξειδωτική δράση μεμονωμένων φυτοχημικών διαιτητικών ενώσεων, ο προσδιορισμός της συνολικής αντιοξειδωτικής δραστηριότητας (AOX) επιτρέπει μια πιο ρεαλιστική αξιολόγηση των πιθανών επιδράσεων των τροφίμων στην υγεία. Έτσι, η αντιοξειδωτική δραστηριότητα στο εκχύλισμα μπρόκολου που προσδιορίστηκε με τις τρεις δοκιμασίες αντιοξειδωτικής δραστηριότητας (FRAP, FSA με τη χρήση DPPH και BCO) επέδειξαν διαφορετικό βαθμό αποτελεσματικότητας σε κάθε αντιοξειδωτική δοκιμή (Πίνακας 10). Η

αντιοξειδωτική δράση όπως που προσδιορίστηκε με τη μέθοδο FRAP στα εκχυλίσματα μπρόκολου κυμάνθηκε από 2,06 έως 3,56 mmol Trolox/g. Οι τιμές είναι σταθερά υψηλότερες από άλλα λαχανικά όπως τα καρότα, το κουνουπίδι, το λευκό κρεμμύδι, η πατάτα, το μπιζέλι, τα φασόλια και το μπρόκολο, όπως αναφέρθηκε από τους Ou et al. (2002) και Chu et al. (2002).

**Πίνακας 10:** Σύγκριση αντιοξειδωτικής δραστηριότητας σε ποικιλίες μπρόκολου

Cultivars	FRAP (μmol Trolox/g)	FSA (% inhibition)	BCO assay (%)
Aishwarya	3.56 ± 0.36	70.12 ± 1.37	65.34 ± 2.86
Packman	3.49 ± 0.15	71.45 ± 2.88	62.66 ± 0.64
Punjab broccoli	3.34 ± 0.24	74.64 ± 2.05	65.35 ± 0.48
Green sprouting broccoli	3.18 ± 0.07	62.25 ± 1.10	60.74 ± 1.82
Fiesta	3.12 ± 0.20	65.29 ± 4.1	57.91 ± 1.02
Hybrid-3021	2.82 ± 0.32	55.56 ± 3.50	47.4 ± 1.17
Palam Samridhi	2.34 ± 0.30	54.49 ± 1.20	44.75 ± 0.67
Pusa KTS-1	2.06 ± 0.20	57.78 ± 1.20	47.23 ± 3.48
CD at 5%			
Cultivar	0.43	4.00	2.05
Year	0.21	2.00	1.02
Cultivar × year	0.61	5.66	2.90

Υπήρξε σημαντική διαφορά ( $P < 0,05$ ) στην αντιοξειδωτική δραστηριότητα μεταξύ των ποικιλιών μπρόκολου. Η σειρά κατάταξης της ΑΟΧ ήταν: Aishwarya > Packman > μπρόκολο Punjab > πράσινο βλαστό μπρόκολο > Fiesta > Hybrid-3021 > Palam Samridhi > Pusa KTS-1. Οι τιμές FRAP είναι παρόμοιες με εκείνες που αναφέρθηκαν από τους Ou et al. (2002), αλλά είναι υψηλότερες από εκείνες που αναφέρθηκαν από τους Halvorsen et al. (2002).

- Προσδιορισμός περιεκτικότητας σε φλαβονόλες

Ο προσδιορισμός αυτός βασίστηκε στην μέθοδο που αναπτύχθηκε από τους Hertog et al. (1992) όπου γίνεται με εκχύλιση και υδρόλυση των δειγμάτων του μπρόκολου και αναλύεται με υγρή χρωματογραφία υψηλής απόδοσης (HPLC).

Σύμφωνα με δημοσιευμένες έρευνες, οι φλαβονόλες (αγλυκόνες της κερκετίνης και της καμφερόλης) είναι αυτές που αναγνωρίζονται στο μπρόκολο με ανάλυση υγρής χρωματογραφίας υψηλής απόδοσης HPLC, αλλά μόνο η καμφερόλη υπήρξε σε μετρήσιμες ποσότητες. Οι διαφορές αυτές θα μπορούσαν να οφείλονται είτε σε γονοτυπικούς παράγοντες είτε στην περίοδο αποθήκευσης είτε στις συνθήκες πριν από την ανάλυση. Η περιεκτικότητα σε φλαβονοειδή (κερκετίνη και καμφερόλη) και η αναλογία τους μπορεί να διαφέρει σημαντικά μεταξύ των ποικιλιών (Kurlich AC, Jeffery

EH, Juvik JA, Wallig MA and Klein BP:(2002), Hertog MGL, Hollman PCH and Katan MB: (1992), Mattila P, Astola J and Kumpulainen J: (2000), Justesen U, Knunthsen P and Leth T:(1998).

Σύμφωνα με έρευνα σχετικά με τη γήρανση των ανθοφόρων οφθαλμών του μπρόκολου κατά τη βραχυχρόνια αποθήκευση (Starzynska A, Leja M and Mareczek A: (2003)), οι συνθήκες αποθήκευσης υπό πίεση (20° C, υπαίθριος αέρας) ενισχύουν τους μηχανισμούς άμυνας των ιστών του μπρόκολου που παράγουν ριζοσπαστικές ενώσεις. Από την άλλη πλευρά, η αποθήκευση στους 5°C και η συσκευασία σε μεμβράνη πολυαιθυλενίου χαμηλής πυκνότητας δεν προκάλεσε τέτοια επίδραση και το επίπεδο των φλαβονοειδών παρέμεινε αμετάβλητο μετά από 10 ημέρες αποθήκευσης

- Προσδιορισμός περιεκτικότητας ασκορβικού οξέος

Ο προσδιορισμός αυτός βασίστηκε στην μέθοδο που ανέπτυξαν οι Graham και Annette (1992), όπου πραγματοποιήθηκε με εκχύλιση και ανάλυση HPLC.

Μεταξύ των λαχανικών, το μπρόκολο αποτελεί εξαιρετική πηγή βιταμίνης C. Υπάρχει σημαντική διαφορά ( $P < 0,05\%$ ) στην περιεκτικότητα σε ασκορβικό οξύ μεταξύ των διαφόρων ποικιλιών μπρόκολου.

- Προσδιορισμός περιεκτικότητας ολικής πολυφαινόλης (TPP)

Ο προσδιορισμός αυτός βασίστηκε στη μέθοδο που περιγράφεται από τους Vinson *et al.* (1998) όπου πραγματοποιήθηκε με εκχύλιση.

Ο ποσοτικός προσδιορισμός των φαινολικών και ο ρόλος τους στην υγεία είχε περιοριστεί κυρίως στα φρούτα. Ωστόσο, πρόσφατα έχουν δημοσιευθεί ορισμένες αναφορές σχετικά με τη φαινολική σύνθεση των λαχανικών (Vinson *et al.* 1998- Chu *et al.* 2000- Kaur and Karoor 2002). Οι Chu *et al.* (2002) ανέφεραν ότι στο μπρόκολο, οι ελεύθερες φαινόλες αποτελούσαν το 76,20% των συνολικών φαινολών. Οι δεσμευμένες ή συζευγμένες φαινόλες των λαχανικών έχουν σε μεγάλο βαθμό υποτιμηθεί, επειδή εμφανίζονται σε εστερικές μορφές και συνδέονται με συστατικά του κυτταρικού τοιχώματος (Chu *et al.* 2002). Λόγω των σταθερών δομών διασύνδεσης, επιβιώνουν από την πέψη του ανώτερου γαστρεντερικού συστήματος και μπορούν τελικά να διασπαστούν μέσω ζύμωσης από τη μικροχλωρίδα του παχέος εντέρου. Κατά μέσο

όρο, περίπου το ένα τέταρτο των φαινολικών ενώσεων των φρέσκων λαχανικών μπορεί να απελευθερωθεί και να απορροφηθεί στο παχύ έντερο και να προσφέρει πρόσθετα οφέλη για την υγεία. Αυτός είναι πιθανόν ο λόγος για την αντίστροφη σχέση που παρατηρείται μεταξύ της πρόσληψης λαχανικών και του μειωμένου κινδύνου εμφάνισης καρκίνου (Ng et al. 1998).

- Προσδιορισμός δραστηριότητας απορρόφησης ριζών

Προσδιορίστηκε με τη μέθοδο των Brand-Williams *et al.* (1995), χρησιμοποιώντας DPPH ως ελεύθερη ρίζα.

Τα εκχυλίσματα μπρόκολου ήταν ικανά να απομακρύνουν τις ρίζες DPPH με δοσοεξαρτώμενο τρόπο και ενδέχεται να είναι σε θέση να αποτρέψουν την έναρξη αλυσιδωτής αντίδρασης με τη μεσολάβηση ελεύθερων ριζών εμποδίζοντας την αφαίρεση υδρογόνου από ευαίσθητα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα. Η FSA των εκχυλισμάτων μπρόκολου που μελετήθηκαν (Πίνακας 10), χρησιμοποιώντας τη σταθερή ελεύθερη ρίζα DPPH και εκφρασμένη ως ποσοστιαία αναστολή, κυμάνθηκε από 54,49% στο Palam Samridhi έως 74,64% στο μπρόκολο Punjab. Το Aishwarya, το Packman και το μπρόκολο Punjab ήταν μεταξύ των δυνητικών δεσμευτών ελευθέρων ριζών.

### 3.4. Συμπεράσματα

Οι ερευνητές συμφωνούν ομόφωνα ότι οι φαινολικές ενώσεις είναι οι υποψήφιες ενώσεις που ευθύνονται για την AOX. Οι γλυκοζίτες φλαβονόλης (κερκετίνη και καμφερόλη), το σιναπικό και το καφεοϋλο-κινινοξύ (Vallejo et al. 2003) αποτελούν τις κυριότερες φαινολικές ενώσεις που βρίσκονται στο μπρόκολο.

Από έρευνα που έγινε τα εκχυλίσματα μπρόκολου με υψηλότερη περιεκτικότητα σε φαινόλες είχαν επίσης υψηλότερη αντιοξειδωτική δράση, όπως αντικατοπτρίζεται σε όλα τα συστήματα ανάλυσης (Charanjit Kaur, Kiran Kumar, Dahuja Anil and H.C. Karoor (2006)).

Επιπλέον, είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι η δοκιμασία FRAP έχει το πρόσθετο πλεονέκτημα του προσδιορισμού της αντιοξειδωτικής δραστηριότητας σε ολόκληρο το πλάσμα- έτσι, η υψηλή AOX του μπρόκολου (σε σύγκριση με τα λαχανικά που καταναλώνονται συνήθως) είναι ενδεικτική της υψηλής βιολογικής του δράσης και

μπορεί να έχει σημαντικό ρόλο στη μείωση του κινδύνου εκφυλιστικών ασθενειών (Pulido et al. 2000).

Όλες οι ποικιλίες μπρόκολου που έχουν αναλυθεί σε σχετική έρευνα βρέθηκαν να αποτελούν εξαιρετική πηγή ασκορβικού οξέος και να υπερβαίνουν περισσότερο από 100% τις τιμές της συνιστώμενης διαιτητικής δόσης (RDA) για τη βιταμίνη C (Charanjit Kaur, Kiran Kumar, Dahuja Anil and H.C. Kapoor (2006)).

Ακόμα, η υψηλή περιεκτικότητα της βιταμίνης E που βρίσκεται στο μπρόκολο είναι σημαντική λόγω του δυνητικού της ρόλου στην πρόληψη των καρδιακών παθήσεων, του καρκίνου, της νόσου Αλτσχάιμερ και άλλων εκφυλιστικών ασθενειών.

Παράλληλα, η περιεκτικότητα σε α-τοκοφερόλη που βρέθηκε στις διάφορες ποικιλίες μπρόκολου συμφωνεί με τις προηγούμενες αναφορές των Piironen et al. (1986).

Συμπερασματικά, το μπρόκολο που περιλαμβάνει ένα μείγμα αντιοξειδωτικών, συμπεριλαμβανομένων του ασκορβικού οξέος, των καροτενοειδών, της τοκοφερόλης και των φαινολικών, και υψηλή αντιοξειδωτική δράση, μπορεί να αποτελέσει εξαιρετική πηγή αντιοξειδωτικών που παρέχουν προστασία έναντι ευρέος φάσματος χρόνιων ασθενειών.

## Κεφάλαιο 4: Ρόδι

### 4.1. Γενικά στοιχεία

Το ρόδι (*Punica granatum L.*) ανήκει στην οικογένεια Punicaceae. Το όνομά του προήλθε από το "Pomuni granatum", Pomum (μήλο) granatus (κοκκώδες), το οποίο μεταφράζεται ως "μήλο με σπόρους" (Teixeira da Silva et al., 2013). Η οικογένεια των ροδιών έχει ένα μόνο γένος, το Punica, με δύο είδη, το *P. granatum* και το *Punica protorunica*. (Garima Pande et al., 2016)

Το δέντρο της ροδιάς έχει ύψος 3-5 μέτρα, έχει πολλά αγκαθωτά κλαδιά και μπορεί να είναι εξαιρετικά μεγάλης διάρκειας ζωής - πάνω από 200 χρόνια (Jurgenka, 2008). Ο καρπός της ροδιάς έχει σχήμα γρανάδας με πλάτος έως και 12-13 cm, μέσο βάρος μεταξύ 175-290 g, έχει βαθύ κόκκινο χρώμα και δερματώδη φλούδα. Ο καρπός θεωρείται συχνά ως ένα μεγάλο μούρο. Η περιεκτικότητα σε χυμό είναι 45-61 % του συνολικού βάρους του καρπού, το ποσοστό των αποβλήτων 43-66 % του βάρους του καρπού, αποτελούμενο από 28,1-39,2 % εξωτερικό φλοιό, 0,1 % κεντρικό έλασμα και 9,1-14,3 % σπόρους. Οι σπόροι του ροδιού που είναι πλούσιοι σε λάδι, βρίσκονται μέσα στον καρπό, είναι χωρισμένοι από ένα λευκό, μεμβρανώδες περικάρπιο, και κάθε σπόρος καλύπτεται από μικρές ποσότητες κόκκινου, πικρού χυμού. (Kazunori Koba et al., 2011)

Το ρόδι είναι ένα από τα αρχαιότερα γνωστά εδώδιμα φρούτα, με καταγωγή από την Κεντρική Ασία και την Περσία (το σημερινό Ιράν). Η εξημέρωσή του ξεκίνησε το 3000-4000 π.Χ. στο βόρειο Ιράν και την Τουρκία (Lye, 2008), απ' όπου εξαπλώθηκε και σε άλλες περιοχές. Στη συνέχεια, η καλλιέργειά του εξαπλώθηκε στην αρχαία Αίγυπτο, την Ινδία, τη Μικρά Ασία, τη Βόρεια Αφρική και τις ακτές της Μεσογείου. Οι Ισπανοί εισήγαγαν το ρόδι στην Κεντρική Αμερική, το Μεξικό και τη Νότια Αμερική τη δεκαετία του 1500 και 1600 (LaRue, 1980). Σύμφωνα με την παράδοση, η χρήση του ροδιού περιοριζόταν στις εγχώριες περιοχές, αλλά η καλλιέργεια και η κατανάλωσή του έχει πλέον αυξημένη ζήτηση και σε άλλα μέρη του κόσμου. Από την αρχαιότητα, το ρόδι έχει χρησιμοποιηθεί σε διάφορα ιατρικά συστήματα, όπως η Αγιουρβέδα (Ινδία) και η Ουνάνι (Μέση Ανατολή και Ινδία). (Garima Pande et al., 2016)



Τα ρόδια είναι πολύ ευάλωτα στην απώλεια νερού με αποτέλεσμα τη συρρίκνωση του φλοιού. Δύο από τους κύριους ανασταλτικούς παράγοντες για την παρατεταμένη αποθήκευση των ροδιών είναι η απώλεια βάρους και η συρρίκνωση (Elyatem and Kader, 1984- Ben-Arie and Or, 1986- Koksai, 1989). Σύμφωνα με τους Elyatem και Kader (1984), η απώλεια βάρους των ροδιών "Wonderful" κατά την ψυχρή αποθήκευση οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στην υδατική απώλεια μέσω του φυσικού πορώδους του φλοιού. Τα συμπτώματα συρρίκνωσης στους καρπούς γίνονται αντιληπτά μόνο όταν η απώλεια βάρους υπερβαίνει το 5% ή περισσότερο του αρχικού βάρους και εκδηλώνονται με μαύρισμα της επιδερμίδας, επιφανειακή διάβρωση και ξήρανση και συνοδεύονται από αύξηση της διαρροής ηλεκτρολυτών που οδηγεί σε απώλειες ποιότητας και μειωμένη διάρκεια ζωής. (Daniel Valero et al., 2015). Όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία και όσο χαμηλότερη είναι η σχετική υγρασία (RH), τόσο μεγαλύτερη είναι η απώλεια νερού. Σε γενικά πλαίσια, τα ρόδια που διατίθενται στο εμπόριο χωρίς αποφλοιώση θα πρέπει να διατηρούνται σε 90-95% RH για να αποφεύγεται η απώλεια νερού. Ωστόσο, η χρήση πλαστικής συσκευασίας και η χρήση κεριού μπορούν να μειώσουν την απώλεια νερού, ιδίως σε συνθήκες χαμηλότερης RH. Η συσκευασία σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα (MAP) είτε με χρήση πλαστικών σακουλών είτε με περιτύλιγμα με συρρικνωμένο φιλμ είναι ευεργετική για τη μείωση της απώλειας νερού και της συρρίκνωσης και μπορεί να διευκολύνει τη διατήρηση της ποιότητας των καρπών για τρεις μήνες ή περισσότερο μετά τη συγκομιδή (Artes et al., 2000, Nanda et al., 2001 Porat et al., 2008).

Η μελέτη του ροδιού ως φαρμακευτικής και διατροφικής πηγής τροφίμων έχει αυξηθεί τον τελευταίο καιρό. Μελέτες έχουν δείξει ότι οι καρποί, τα άνθη, τα φύλλα, ο φλοιός και η ρίζα του ροδιού περιέχουν διάφορα βιοενεργά φυτοχημικά που παρουσιάζουν ισχυρές ιδιότητες (Garima Pande et al., 2016).

Η συνολική ετήσια παγκόσμια παραγωγή ροδιού εκτιμάται σε περίπου 1,5 εκατομμύριο τόνους, με την Ινδία να έχει τη μεγαλύτερη έκταση και παραγωγή. Η Ισπανία κατέχει την πρώτη θέση στην παραγωγικότητα (18,5 t/ha(εκτάριο)), ακολουθούμενη από τις ΗΠΑ (18,3 t/ha), ενώ το Ιράν είναι ο μεγαλύτερος εξαγωγέας ροδιού (60.000 t/έτος) και ακολουθεί η Ινδία (35.176 t) (Teixeira da Silva et al., 2013).

Το ρόδι καταναλώνεται ως φρέσκο ή/και ως χυμός, χρησιμοποιείται σε διάφορες κουζίνες, ενώ τον τελευταίο καιρό χρησιμοποιείται εμπορικά σε αρτοσκευάσματα, καραμέλες, ενεργειακές μπάρες, γιαούρτι, παγωτό, σάλτσες σαλάτας, λάδι από

σπόρους ροδιού, προϊόντα περιποίησης του δέρματος και συμπληρώματα υγείας. Ο χυμός ροδιού έχει γίνει πιο δημοφιλής στη δυτική διατροφή λόγω των ποικίλων και τεκμηριωμένων πλεονεκτημάτων του για την υγεία, όπως οι αντιοξειδωτικές ιδιότητες (Çam et al., 2009), οι αντιαθηρογόνες επιδράσεις (Aviram et al., 2000), οι αντικαρκινικές δραστηριότητες (Seeram et al., 2005; Adams et al., 2006), η αντιδιαβητική δράση και η υπογλυκαιμική δραστηριότητα (Katz et al., 2007) και οι αντιμικροβιακές ιδιότητες (Salgado et al., 2009; Dahham et al., 2010).

Πίνακας 11: Ενδεικτική σύσταση ροδιού

<b>Θρεπτική σύσταση (ανά 100g)</b>	<b>Καρπός ροδιού</b>
Νερό	80,97 g
Υδατάνθρακες	17,17
Πρωτεΐνες	0.95 g
Λιπαρά	0,30 g
Ασβέστιο	3 mg
Σίδηρος	0,30 mg
Μαγνήσιο	3 mg
Φώσφορος	8 mg
Κάλιο	259 mg
Νάτριο	3 mg
Ψευδάργυρος	0,12 mg
Χαλκός	0,0070 mg
Σελήνιο	41,2 mcg
Βιταμίνη Α	108 mg
Βιταμίνη Ε	0,60 mg
Βιταμίνη Κ	4,6 mg
α-καροτένιο	50 µg
β-καροτένιο	40 µg

Πηγή: Βάση δεδομένων θρεπτικής ανάλυσης τροφίμων του Αμερικάνικου Υπουργείου Γεωργίας, έκδοση 18, (2005)

Τα ρόδια αποτελούν γνωστή πηγή πολλών πολύτιμων ουσιών, όπως υδρολύσιμες τανίνες (π.χ., punicalagins και punicalins) (Gil et al., 2000), συμπυκνωμένες τανίνες (π.χ., proanthocyanidins) (Poyrazoglu et al., 2002), ανθοκυανίνες (Hernández et al.,

1999), φαινολικά οξέα (π.χ., γαλλικό οξύ, ελλαγιικό οξύ) (Mousavinejad et al., 2009) και οργανικά οξέα (π.χ. μηλικό οξύ) (Poyrazoglu et al., 2002) (Πίνακας 11) όλες αυτές οι ενώσεις παρουσιάζουν υψηλή αντιοξειδωτική δράση (García-Alonso et al., 2004) και έχουν συσχετιστεί με οφέλη για την υγεία έναντι του καρκίνου, των καρδιαγγειακών και άλλων ασθενειών (Sun et al., 2004).

**Πίνακας 12:** Βιοδραστικές ενώσεις που βρίσκονται στους καρπούς και το χυμό ροδιού. ([www.google.com](http://www.google.com))

Compound	Chemical Group	Reference
Punicalagins	Hydrolysable tannins	Gil et al. (2000)
Punicalins	Hydrolysable tannins	Gil et al. (2000)
Proanthocyanidins	Condensed tannins	Poyrazoglu et al. (2002)
Cyanidin 3-glucoside	Anthocyanins	Gil et al. (2000)
Delphinidin 3-glucoside	Anthocyanins	Gil et al. (2000)
Cyanidin 3,5-diglucoside	Anthocyanins	Gil et al. (2000)
Delphinidin 3,5-diglucoside	Anthocyanins	Gil et al. (2000)
Gallic acid	Phenolic acids	Mousavinejad et al. (2009)
Ellagic acid	Phenolic acids	Mousavinejad et al. (2009)
Malic acid	Organic acids	Poyrazoglu et al. (2002)
Citric acid	Organic acids	Poyrazoglu et al. (2002)

Οι φλούδες θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή φαρμακευτικού παρασκευάσματος που περιέχει βιολογικά δραστικές ουσίες. Από την άλλη πλευρά, ο εκχυλισμένος χυμός ροδιού μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παρασκευή ποτών, φυσικών χυμών και για την παρασκευή κονσερβοποιημένων ποτών. Ο χυμός περιέχει σημαντικές ποσότητες ολικών σακχάρων, αναγωγικών σακχάρων, σακχαρόζης, ασκορβικού οξέος, βιταμίνης Β, πηκτίνης, κυτταρίνης, τανίνης και τέφρας. Συγκεκριμένα, ο φρέσκος χυμός ροδιού περιέχει 85% υγρασία, 10% ολικά σάκχαρα, 1,5% πηκτίνη, ασκορβικό οξύ και 0,2 έως 1,0% πολυφαινόλες (ανάλογα με την ποικιλία).



Εικόνα 12: Ρόδι και χυμός ροδιού (www.google.com)

Οι διαλυτές πολυφαινόλες που περιλαμβάνονται είναι κυρίως ανθοκυανίνες (όπως κυανιδίνη-3-γλυκοσίδη, 3-κυανιδίνη, 3-διγλυκοσίδη και δελφινιδίνη-3-γλυκοσίδη) και ανθοξανθίνες (όπως κατεχίνες, ελλαγικές τανίνες και γαλλικό και ελλαγικό οξύ)( Gil, M.I. et al.,2000, Ben Nasr, C., Ayed, N., and Metche, M., 1996.). Επιπλέον, ο χυμός του καρπού και οι εξωτερικές φλούδες είναι ικανοποιητικές πηγές πολυφαινολικών ενώσεων όπως ανθοκυανίνη, λευκοανθοκυανίνη, κατεχίνες και φλαβονόλες, γεγονός που φανερώνει την ευεργετική χρήση του ως πρόσθετο για την παροχή κόκκινου χρώματος στα τρόφιμα και ως αντιβακτηριδιακός παράγοντας λόγω της περιεκτικότητάς του σε φαινολικές ενώσεις, χρωστικές και κιτρικό οξύ.

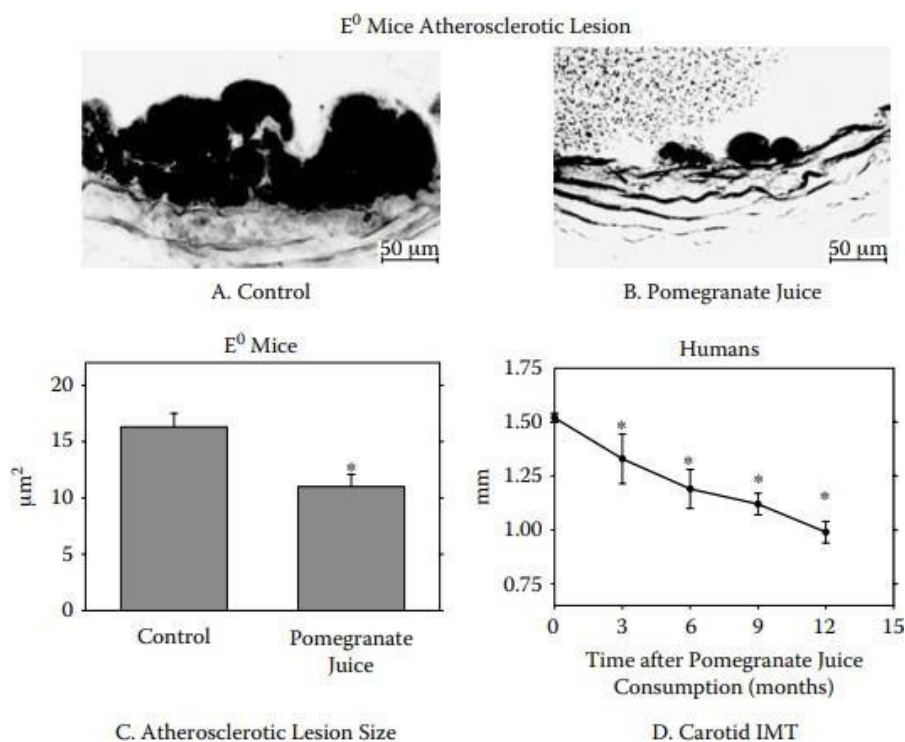
Οι φαινολικές ενώσεις είναι προϊόντα του βενζολίου με ένα ή παραπάνω υποκατεστημένα υδροξύλια (Manach. C., 2004). Οι πολυφαινόλες είναι δευτερογενείς μεταβολίτες των φυτών και έχουν κύριο λόγο στην αναπαραγωγή, στην ανάπτυξη και στην άμυνα των φυτών σε παθογόνους μικροοργανισμούς (Martin. K., and Appel. C., 2010).

Οι φαρμακευτικές ιδιότητες του ροδιού είναι γνωστές εδώ και χιλιάδες χρόνια. Το ρόδι στοχεύει στην καταπολέμηση πολλών ασθενειών όπως, το AIDS, η στεφανιαία νόσο, οι διαταραχές στον εγκέφαλο, η υποξία, ο καρκίνος του δέρματος, του μαστού, του παχέος εντέρου και του προστάτη, φλεγμονές, γήρανση, ο διαβήτης, η ισχαιμία, οι καρδιακές διαταραχές και η υπερλιπιδαιμία.

## 4.2. Επιδράσεις του χυμού ροδιού (Pomegranate Juice, PJ) στην υγεία

### 4.2.1. Αναστολή ανάπτυξης αθηρωματικών βλαβών

Το ελλαγικό οξύ και οι υδρολύσιμες ελλαγιταννίνες, που υπάρχουν στον χυμό ροδιού(PJ), συνεισφέρουν και τα δύο στην προστασία από την αθηρογένεση, και έχουν και ισχυρή αντιοξειδωτική ικανότητα. Η κύρια ελλαγιταννίνη στο PJ είναι η πουνικαλαγίνη και η ένωση αυτή είναι υπεύθυνη για την υψηλή αντιοξειδωτική δράση αυτού του χυμού. Ακόμη, το PJ, ως σημαντική πηγή πολυφαινολικών, αποδείχθηκε ότι είναι ένα πολύ ισχυρό αντιοξειδωτικό κατά όπως οξειδωσης της LDL και ότι αναστέλλει την ανάπτυξη αθηροσκλήρωσης σε ποντίκια και σε ανθρώπους (Aviram, M. et al. :2002).

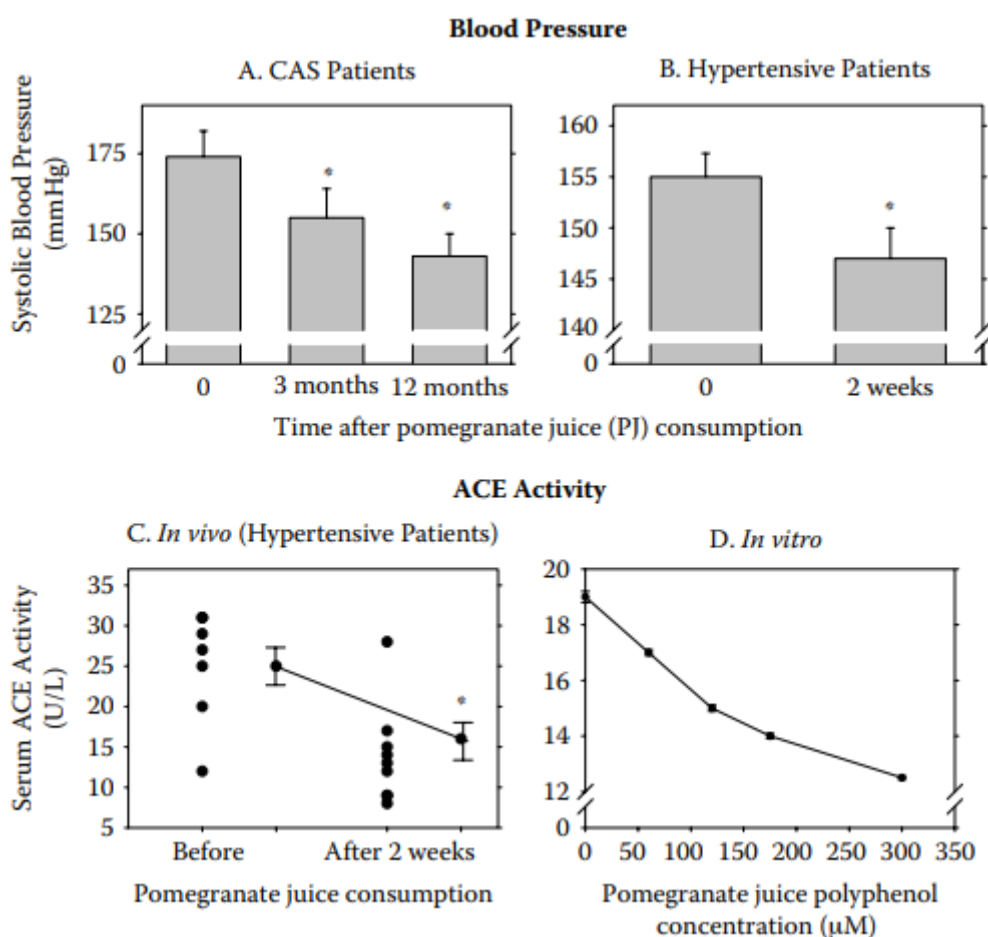


**Εικόνα 13:** Η κατανάλωση χυμού ροδιού από τα αθηροσκληρωτικά ποντίκια E0 (A-C) ή από ασθενείς με στένωση καρωτιδικής αρτηρίας (D) μειώνει το μέγεθος της αθηρωματικής βλάβης και την καρωτιδική IMT. Τριάντα ποντίκια E0 και 10 ασθενείς με σοβαρή CAS συμπληρώθηκαν με συμπύκνωμα PJ (12,5 μL/ποντικό/ημέρα και 50 mL/ημέρα, αντίστοιχα) για 9 εβδομάδες ή για 1 χρόνο, αντίστοιχα. Παρουσιάζονται μικροφωτογραφίες τυπικών κυττάρων αφρού από ποντίκια E0 που κατανάλωσαν νερό

(μάρτυρας, A) ή PJ (B). Δείχνεται η μέση ( $\pm$  SEM) επίδραση της κατανάλωσης PJ στην περιοχή της αθηροσκληρωτικής βλάβης (C) ποντικών και στην ανθρώπινη κοινή καρωτιδική αρτηρία IMT (D). \* $p < 0,01$  (μετά έναντι πριν από την κατανάλωση PJ).

#### 4.2.2. Επίδραση στην υπέρταση

Κάποια αντιοξειδωτικά, όπως η βιταμίνη C, η βιταμίνη E, το καροτένιο και το συνένζυμο Q έχει αποδειχθεί πρόσφατα ότι έχουν υποτασικές ιδιότητες. (Kitiyakara, C. and Wilcox, C.S.:1998, Duffy, S.J. et al., 1999, Galley, H.F., Thornton, J., Howdle, P.D., Walker, B.E., and Webster, N.R.: 1997, Singh, R.B. et al.: 1999.) Καθώς ο χυμός ροδιού διαθέτει πολύ ισχυρές αντιοξειδωτικές ιδιότητες, πραγματοποιήθηκε μελέτη για την επίδραση του PJ στην αρτηριακή πίεση και στη δραστηριότητα του MEA στον ορό. Η κατανάλωση PJ από τους ασθενείς με CAS μείωσε σημαντικά ( $p < 0,05$ ) τη συστολική αρτηριακή τους πίεση μετά από 1 έτος κατά 18% (από  $174 \pm 22$  έως  $143 \pm 17$  mmHg) (Aviram, M. et al, :2004).



**Εικόνα 14:** Η επίδραση του χυμού ροδιού στην αρτηριακή πίεση και τη δράση του MEA. Σε ασθενείς με στένωση καρωτιδικής αρτηρίας(CAS) (A) ή σε ασθενείς με υπέρταση (B) χορηγήθηκε PJ για 12 μήνες και για 2 εβδομάδες, αντίστοιχα. Η

αρτηριακή πίεση μετρήθηκε πριν από την κατανάλωση PJ (0) και μετά από 3 και 12 μήνες, ή 2 εβδομάδες, αντίστοιχα. Η δράση του MEA (μετατρεπτικό ένζυμο αγγειοτενσίνης) μετρήθηκε στον ορό που προέρχεται από υπερτασικούς ασθενείς πριν και μετά την κατανάλωση PJ για 2 εβδομάδες (C) και in vitro σε φυσιολογικό ορό που προεπεώσθη με αυξανόμενες συγκεντρώσεις PJ (D). Τα αποτελέσματα είναι μέσος όρος  $\pm$  SEM. \* $p < 0,01$  (μετά έναντι πριν από την κατανάλωση PJ).

#### **4.2.3. Επίδραση στη δραστηριότητα των αιμοπεταλίων**

Τα ανθρώπινα αιμοπετάλια που κυκλοφορούν παίζουν σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη αθηροσκλήρωσης και η αυξημένη συσσώρευση αιμοπεταλίων σχετίζεται με ενισχυμένη αθηρογένεση. Η ενεργοποίηση των αιμοπεταλίων αποδείχθηκε ότι έχει σχέση με το οξειδωτικό στρες. Για να μελετήσουμε εάν ο χυμός ροδιού (PJ) μπορεί να αναστείλει τη συσσώρευση αιμοπεταλίων, εξετάστηκαν 13 υγιείς, μη καπνιστές άνδρες με 50 mL/ημέρα συμπυκνώματος PJ (περιέχει 1,5 mmole συνολικών πολυφαινολών) για μια περίοδο 2 εβδομάδων (5. Aviram, M. et al.,:2000.). Μετά από 2 εβδομάδες κατανάλωσης PJ, παρατηρήθηκε μια σημαντική μείωση 11% στην επαγόμενη από κολλαγόνο συσσώρευση αιμοπεταλίων, συγκρίνοντας με τη συσσώρευση αιμοπεταλίων πριν από την κατανάλωση PJ στην αρχή της μελέτης. Η ικανότητα κατανάλωσης PJ να μειώνει τη συσσώρευση αιμοπεταλίων στον άνθρωπο υποστηρίχθηκε από την άμεση επίδραση του PJ στη συσσώρευση αιμοπεταλίων in vitro.

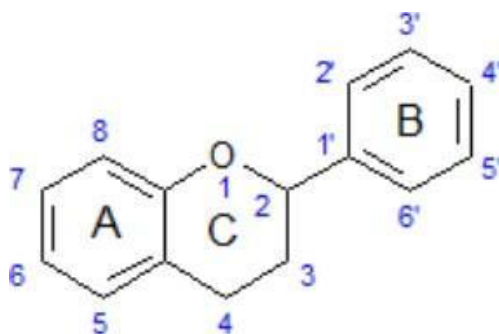
#### **4.3. Φυτοχημικά ροδιού**

Τα φυτοχημικά είναι δευτερογενείς φυτικοί μεταβολίτες που έχουν οφέλη για την υγεία του ανθρώπου, αλλά δεν θεωρούνται απαραίτητα θρεπτικά συστατικά. Παραδείγματα βασικών θρεπτικών συστατικών είναι οι πρωτεΐνες, τα λίπη, οι υδατάνθρακες, οι βιταμίνες και τα μέταλλα. Ως εκ τούτου, τα φυτοχημικά συχνά αναφέρονται ως "μη θρεπτικές" ενώσεις που πιστεύεται ότι παράγονται από τα φυτά ως μέσα προστασίας από κινδύνους όπως η επιβλαβής υπεριώδης ακτινοβολία (UV), τα παθογόνα και τα φυτοφάγα αρπακτικά. Τα φυτοχημικά διαθέτουν ένα ευρύ φάσμα δομικών παραλλαγών, οι οποίες προσδίδουν μοναδικές χημικές και βιολογικές ιδιότητες στις κατηγορίες και υποκατηγορίες τους. Η κατανάλωση φυτικής ή πλούσιας σε φυτοχημικά συστατικά διατροφής έχει συσχετιστεί με μειωμένο κίνδυνο εμφάνισης χρόνιων ανθρώπινων ασθενειών. Ως εκ τούτου, η βιολογία και η χημεία των φυτοχημικών ουσιών ενόσ

τροφίμου είναι σημαντικές για την αξιολόγηση των οφελών τους για την υγεία του ανθρώπου.

Στον καρπό του ροδιού (*Punica granatum L.*) καθώς και στο δέντρο έχουν εντοπιστεί πολλοί διαφορετικοί τύποι και κατηγορίες φυτοχημικών ουσιών. Η κυριότερη κατηγορία φυτοχημικών ουσιών του ροδιού είναι οι πολυφαινόλες (φαινολικοί δακτύλιοι που φέρουν πολλαπλές υδροξυλομάδες) που κυριαρχούν στους καρπούς. Οι πολυφαινόλες του ροδιού περιλαμβάνουν φλαβονοειδή (φλαβονόλες και ανθοκυανίνες), συμπυκνωμένες ταννίνες (προανθοκυανιδίνες) και υδρολυσιμες τανινες. Άλλα φυτοχημικά που έχουν αναγνωρισθεί από το ρόδι είναι οργανικά και φαινολικά οξέα, στερόλες και τριτερπενοειδή, λιπαρά οξέα, τριγλυκερίδια και αλκαλοειδή.

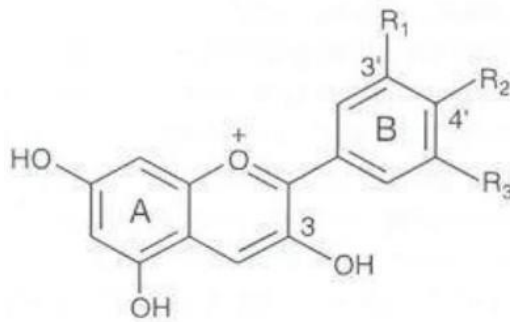
Τα φλαβονοειδή είναι η κύρια κατηγορία φαινολικών ουσιών. Περιέχουν δύο βενζολικούς πυρήνες και έναν ετεροκυκλικό δακτύλιο που περιέχει οξυγόνο. Τα φλαβονοειδή είναι υπεύθυνα για το χρώμα των ανθέων και των φύλλων των φυτών (Saxena. M., 2012).



Εικόνα 15: Γενικός τύπος φλαβονοειδών (Saxena. M., 2012)

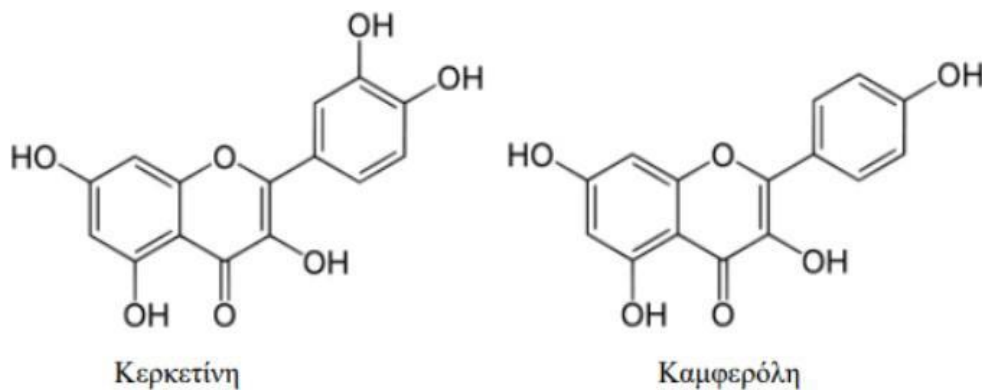
Οι ανθοκυανίνες προέρχονται από την γλυκοζυλίωση των ανθοκυανιδινών (κατηγορία φλαβονοειδών) με σάκχαρα. Στην φύση έχουν παρατηρηθεί 17 ανθοκυανιδίνες που έχει αποδειχθεί η ευεργετική τους δράση στην υγεία (Manach. C., 2004).





Εικόνα 16: Γενικός χημικός τύπος ανθοκυανινών (Γάτσιος. Κ., 2011)

Οι φλαβονόλες που περιέχει ο χυμός του ροδιού είναι η κερκετινή και η καμφερόλη.



Εικόνα 17: Χημική δομή κερκετινής και καμφερόλης (www.wikipedia.org)

Ο καρπός του ροδιού είναι η κύρια πηγή διαιτητικών φυτοχημικών ουσιών.

Τα ρόδια καταναλώνονται ευρέως ως φρέσκα φρούτα, ως ποτά, ως προϊόντα διατροφής και ως εκχυλίσματα. Ο εμπορικός χυμός ροδιού (PJ) λαμβάνεται με διαδικασία υδροστατικής συμπίεσης ολόκληρων καρπών, κατά την οποία δύο κυρίαρχοι τύποι πολυφαινολικών ενώσεων εκχυλίζονται στον PJ: τα φλαβονοειδή και οι υδρολυσιμες τανίνες (HT). Οι τανίνες είναι φαινολικές ενώσεις με μεσαίο έως υψηλό MB. Με βάση την χημική τους σύσταση διακρίνονται σε τέσσερις κατηγορίες: στις υδρολυσιμες τανίνες, στις συμπυκνωμένες τανίνες, στις σύνθετες τανίνες και στις φλωροτανίνες. Τα φλαβονοειδή περιλαμβάνουν φλαβονόλες που βρίσκονται στο εκχύλισμα της φλούδας και ανθοκυανίνες που βρίσκονται στον πυρήνα του καρπού. Για το έντονο κόκκινο χρώμα του χυμού ευθύνονται οι ανθοκυανίνες οι οποίες είναι

υδατοδιαλυτές χρωστικές ουσίες. Οι συγκεκριμένες είναι οι κυρίαρχες πολυφαινόλες του χυμού και αντιπροσωπεύουν το 92% των πολυφαινολών.

Παράλληλα, οι λευκοί σπόροι του ροδιού που παραμένουν μετά την έκθλιψη του χυμού τοποθετούνται σε ψυχρό πιεστήριο για την παραγωγή ροδέλαιου, το οποίο χρησιμοποιείται ως πρόσθετο τροφίμων και συμβάλλει στη μείωση της αρτηριακής πίεσης σε όσους πάσχουν από καρδιακές παθήσεις ή αθηροσκλήρωση. Βοηθά επίσης στη διατήρηση ισορροπημένων επιπέδων ινσουλίνης στον διαβήτη (Cohen, 2012, F. Matei., 2017)

Η φλούδα του ροδιού χαρακτηρίζεται από την παρουσία φλαβονοειδών και τανινών, οι οποίες έχουν συσχετιστεί με πολλές από τις βιολογικές ιδιότητες που επιδεικνύει η φλούδα. Μεταξύ του σπόρου, της φλούδας και του χυμού, η φλούδα είναι το συστατικό που διαθέτει υψηλότερη αντιοξειδωτική δράση *in vitro*, σε καλή συσχέτιση με την υψηλή περιεκτικότητα σε πολυφαινόλες. Μεταξύ άλλων φλοιών φρούτων, όπως οι μπανάνες, τα μάνγκο και οι καρύδες, το ρόδι επιδεικνύει την υψηλότερη αντιοξειδωτική ικανότητα *in vitro* (Ana Faria et al., 2010).

Η κυρίαρχη HT του ροδιού είναι η πουνικαλαγίνη, η οποία είναι υπεύθυνη για το μισό περίπου της συνολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας του χυμού. Οι HT είναι εστέρες γαλλικού και ελλαγικού οξέος σε μόρια πυρήνα που αποτελούνται από πολυόλες, όπως σάκχαρα. Οι HTs είναι ευαίσθητες σε ενζυμική και μη ενζυμική υδρόλυση και ταξινομούνται περαιτέρω ανάλογα με τα προϊόντα της υδρόλυσης: οι γαλλοτανίνες δίνουν γαλλικό οξύ και γλυκόζη, ενώ οι ελλαγιτανίνες δίνουν ελλαγικό οξύ και γλυκόζη.

Πρόσφατα, έχει αυξηθεί η χρήση εκχυλισμάτων φρούτων ροδιού ως βοτανικών συστατικών σε φυτικά φάρμακα και συμπληρώματα διατροφής. Σε αυτά τα εκχυλίσματα μπορεί να υπάρχουν τόσο πολυφαινόλες όσο και συστατικά λιπαρών οξέων από διάφορα μέρη του καρπού.

Εκτός από τα υψηλά επίπεδα τανινών και φλαβονοειδών σε αντιοξειδωτικά στο χυμό και στην φλούδα του ροδιού, οι θρυμματισμένοι και ξηροί σπόροι του καρπού του παράγουν ένα ξεχωριστό έλαιο (περίπου >60%) που είναι ένα σπάνιο λιπαρό οξύ 18-C, το οποίο αναφέρεται ως πουνικό οξύ. Το έλαιο αυτό περιέχει ισοφλαβόνες γενιστεΐνη, το φυτοοιστρογόνο κουμεστρόλη και το στεροειδές οιστρόνη. Γενικά, είναι από τα μοναδικά φυτά στην φύση που είναι γνωστό ότι περιέχει οιστρόνη και γι' αυτό

μπορεί εν

μέρει να εξηγηθεί η θεραπευτική του αποτελεσματικότητα. Σε ανίχνευση με φασματομετρία μάζας αποκαλύφθηκαν τρεις οιστρογονικές ενώσεις (λουτεολίνη, κερκετινη και καμφερόλη) στο ρόδι.

#### **4.4. Μέθοδοι διαχωρισμού, ανάλυσης και ταυτοποίησης φυτοχημικών ουσιών ροδιού**

- Χρωματογραφία

Για την απομόνωση των φυτοχημικών ουσιών του ροδιού κυρίως των πολυφαινόλων χρησιμοποιείται η χρωματογραφία με χρήση σπηλών όπως C-18, Sephadex- LH20 και Amberlite XAD.

Υπάρχουν τεράστιες δομικές παραλλαγές στις πολυφαινόλες που εξάγονται από τα φρούτα, τους χυμούς και άλλα μέρη του ροδιού. Η δομική πολυπλοκότητα και το εύρος του βαθμού πολυμερισμού που έχουν οι πολυφαινόλες επηρεάζει αρνητικά την σχέση μεταξύ της δομής των ολιγομερών πολυφαινόλων και τη βιολογική τους λειτουργία. Χρησιμοποιείται υγρή χρωματογραφία υψηλής απόδοσης (HPLC) σε συνδυασμό με ανιχνευτή υπεριώδους (UV), φθορισμού και ηλεκτροχημικούς ανιχνευτές (ECD) για την ταυτοποίηση των πολυφαινόλων του ροδιού. Όμως, οι μέθοδοι αυτές έχουν περιορισμούς λόγω απουσίας κατάλληλων προτύπων για συγκεκριμένα φυτοχημικά συστατικά.

Ωστόσο για την διερεύνηση των ολιγομερών πολυφαινόλων φαίνεται να βοηθάει στην ανίχνευσή τους η φασματομετρία μάζας.

Οι φασματομετρικές μέθοδοι μάζας που έχουν χρησιμοποιηθεί για την ταυτοποίηση των φυτοχημικών ουσιών του ροδιού είναι οι ακόλουθες.

- Φασματομετρία μάζας MALDI-TOF

Η εφαρμογή της συγκεκριμένης μεθόδου γίνεται με εκρόφηση με λέιζερ υποβοηθούμενη από μήτρα/χρόνο πτήσης ιονισμού (MALDI-TOF MS) για την ανάλυση ολιγομερών HTs.

- Φασματομετρία μάζας LC-ESI

Η σύζευξη της υγρής χρωματογραφίας υψηλής απόδοσης (HPLC) με τη φασματοσκοπία μάζας (MS), εξοπλισμένη με ήπιες τεχνικές ιονισμού, όπως ο ιονισμός με ηλεκτροψεκασμό (ESI), επιτρέπει τη μελέτη πολύπλοκων μειγμάτων με τη σύνδεση μιας μεθόδου διαχωρισμού και μιας μεθόδου ταυτοποίησης. Στο ESI-MS η διαδικασία ιονισμού γίνεται σε θερμοκρασία δωματίου και σε ατμοσφαιρική πίεση.

- Χρωματογραφία αερίου-φασματοσκοπία μάζας (GC-MS)

Η αέρια χρωματογραφία με ανιχνευτές ιονισμού φλόγας και φασματομετρίας μάζας έχει χρησιμοποιηθεί για την ταυτοποίηση λιποδιαλυτών φυτοχημικών ουσιών του ροδιού, όπως λιπαρά οξέα, τριγλυκερίδια και άλλα συστατικά του σπόρου και του σπορέλαιου.

#### **4.5. Συμπεράσματα- Μελλοντικές έρευνες**

Συμπερασματικά, είναι υψίστης σημασίας να συνεχίσουν οι ερευνητές να αναπτύσσουν νέες μεθόδους χρωματογραφικού διαχωρισμού που θα χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό με φυσικοχημικές αναλύσεις, όπως η φασματοσκοπία μάζας και οι τεχνικές NMR, για να βελτιώσουμε την κατανόηση της σύνθεσης των φυτοχημικών ουσιών του ροδιού, μεταξύ άλλων των ολιγομερών του. Οι περισσότερες από τις *in vitro* μελέτες έχουν ως στόχο την αξιολόγηση των αντιοξειδωτικών και αντιαθηρογόνων ιδιοτήτων της PJ. Ωστόσο, οι μελέτες αυτές παρέχουν ελάχιστες πληροφορίες σχετικά με τις φυτοχημικές συνθέσεις που ευθύνονται για τις παρατηρούμενες δραστηριότητες, ή σχετικά με τη βιοδιαθεσιμότητα των υποτιθέμενων δραστικών παραγόντων. Οι περιπτώσεις στις οποίες δοκιμάστηκαν συγκεκριμένα συστατικά του PJ αφορούσαν πειράματα *in vitro*, και ως εκ τούτου η συμβολή τους στη διερεύνηση του ρόλου συγκεκριμένων μορίων στους καρπούς ροδιού είναι λιγότερο σημαντική. Τα επόμενα χρόνια, ωστόσο, ενδέχεται να δούμε το χάσμα να μειώνεται, με περισσότερες προσπάθειες να κατευθύνονται στη διερεύνηση των επιδράσεων συγκεκριμένων φυτοχημικών ουσιών του ροδιού και της βιολογικής τους τύχης *in vivo*, καθώς και με έρευνες που κατευθύνονται στη διερεύνηση άλλων βιολογικών επιδράσεων αυτών των φυτοχημικών ουσιών και των μηχανισμών δράσης τους.

Τέλος, από εδώ και στο εξής, οι ερευνητές θα επικεντρωθούν και στις επιδράσεις της επεξεργασίας των βιοδραστικών ενώσεων του χυμού, επειδή αυτό είναι το πιο δημοφιλές και περιζήτητο προϊόν ροδιού. (Nallely Nuncio-Jáuregui et al;. 2015).

## 5. Γενικά Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα των μελετών και των διάφορων πειραματικών ερευνών που αναλύθηκαν υποδηλώνουν ότι τα ωποροκηπευτικά έχουν την δυνατότητα να φανούν χρήσιμα στην ιατρική επιστήμη και στις επιστήμες τροφίμων. Έχουν βρεθεί ότι είναι αρκετά αποτελεσματικά βάσει των ποικίλων ευεργετικών ιδιοτήτων τους (αντιοξειδωτικές, αντικαρκινικές κλπ), από τις οποίες οι άνθρωποι έχουν τη δυνατότητα να επωφεληθούν πλήρως.

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί το ενδιαφέρον των επιστημόνων για τις φαρμακευτικές ιδιότητες των προϊόντων βοτανικής προέλευσης. Είναι μεγάλης σημασίας να συνεχίσουν οι έρευνες, ώστε να αναπτυχθούν νέες μέθοδοι για την αξιολόγηση της αντιοξειδωτικής δράσης των ωποροκηπευτικών και την κατανόηση των φυτοχημικών ουσιών τους.

## 6.Βιβλιογραφία

1. Agarwal, Kailash C. "Therapeutic actions of garlic constituents." *Medicinal research reviews* 16.1 (1996): 111-124.
2. Aviram, M., Pomegranate juice as a major source for polyphenolic flavonoids and it is most potent antioxidant against LDL oxidation and atherosclerosis, in Proceedings of the 11th Biennial Meeting of the Society for Free Radical Research International, Monduzzi, S.p.A., ed., MEDIMOND, Paris, 2002, 523.
3. Aviram, M. and Fuhrman, B., Effects of flavonoids on the oxidation of LDL and atherosclerosis, in Flavonoids in health and disease, 2nd ed. Rice-Evans, C. and Packer, L., eds., Marcel Dekker, New York, 2003, 165.
4. Aviram, M. et al., Pomegranate juice polyphenols decreases oxidative stress, lowdensity lipoprotein atherogenic modifications and atherosclerosis, *Free Radic. Res.*, 36, (Supplement 1), 72, 2002.
5. Aviram, M. et al., Pomegranate juice flavonoids inhibit low-density lipoprotein oxidation and cardiovascular diseases: studies in atherosclerotic mice and in humans, *Drugs Ex. Clin. Res.*, 28, 49, 2002.
6. Aviram, M. et al., Pomegranate juice consumption for 3 years by patients with carotid artery stenosis reduces common carotid intima-media thickness, blood pressure and LDL oxidation, *Clin. Nutr.*, 23, 423, 2004
7. Aviram, M. et al., Pomegranate juice consumption reduces oxidative stress, atherogenic modifications to LDL, and platelet aggregation: studies in humans and in the atherosclerotic apolipoprotein E-deficient mice, *Am. J. Clin. Nutr.*, 71, 1062, 2000.
8. Banerjee, S. K., Pulok K. Mukherjee, and S. K. Maulik. "Garlic as an antioxidant: the good, the bad and the ugly." *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives* 17.2 (2003): 97-106
9. Bastaki, S. M. A., Ojha, S., Kalasz, H., & Adeghate, E. (2021). Chemical constituents and medicinal properties of Allium species. *Molecular and Cellular Biochemistry*.
10. Ben Nasr, C., Ayed, N., and Metche, M., Quantitative determination of the polyphenolic content of pomegranate peel, *Z. Lebensm. Unters. Forsch.*, 203, 374, 1996.



11. Benkeblia, Nouredine. "Free-radical scavenging capacity and antioxidant properties of some selected onions (*Allium cepa* L.) and garlic (*Allium sativum* L.) extracts." *Brazilian archives of biology and technology* 48 (2005): 753-759.
12. Borek, Carmia. "Antioxidant health effects of aged garlic extract." *The Journal of nutrition* 131.3 (2001): 1010S-1015S.
13. Bruno, Gene. "Pomegranate juice and extract." *Fruits, Vegetables, and Herbs* (2016): 293-312.
14. Burton, G.W., Joyce, A., and Ingold, K.U., Is vitamin E the only lipid-soluble, chain breaking antioxidant in human blood plasma and erythrocyte membranes?, *Arch. Biochem. Biophys.*, 221, 281, 1983.
15. Chu, Y.F., and Liu, R.H., Novel low-density lipoprotein (LDL) oxidation model: antioxidant capacity for the inhibition of LDL oxidation, *J. Agric. Food. Chem.*, 52, 6818, 2004.
16. Carpenter, K.L. et al., Oral alpha-tocopherol supplementation inhibits lipid peroxidation in established human atherosclerotic lesions, *Free. Radic. Res.*, 37,1235, 2003.
17. De Nigris, F. et al., Beneficial effects of pomegranate juice on oxidation-sensitive genes and endothelial nitric oxide synthase activity at sites of perturbed shear stress, *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 102, 4896, 2005.
18. Dini, Irene, Gian Carlo Tenore, and Antonio Dini. "Chemical composition, nutritional value and antioxidant properties of *Allium caepa* L. Var. *tropeana* (red onion) seeds." *Food chemistry* 107.2 (2008): 613-621.
19. Duffy, S.J. et al., Treatment of hypertension with ascorbic acid, *Lancet*, 354, 2048, 1999.
20. Faria, Ana, and Conceição Calhau. "Pomegranate in human health: An overview." *Bioactive Foods in Promoting Health* (2010): 551-563.
21. Galley, H.F., Thornton, J., Howdle, P.D., Walker, B.E., and Webster, N.R., Combination oral antioxidant supplementation reduces blood pressure, *Clin. Sci.*, 92, 361, 1997.
22. Golubkina, N., & Caruso, G. (2020). Onion. Nutritional Composition and Antioxidant Properties of Fruits and Vegetables, 73–87.
23. Gray, A. R. "Taxonomy and evolution of broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*)."  
*Economic Botany* 36.4 (1982): 397-410.

24. Hernandez, F. et al., Evolution of juice anthocyanins during ripening of new selected pomegranate (*Punica granatum*) clones, *Eur. Food Res. and Tech.*, 210, 39, 1999. 15.
25. Jang, H. W., Moon, J.-K., & Shibamoto, T. (2015). Analysis and Antioxidant Activity of Extracts from Broccoli (*Brassica oleracea* L.) Sprouts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63(4), 1169–1174.
26. KAUR, C., KUMAR, K., ANIL, D., & KAPOOR, H. C. (2007). VARIATIONS IN ANTIOXIDANT ACTIVITY IN BROCCOLI (*BRASSICA OLERACEA* L.) CULTIVARS. *Journal of Food Biochemistry*, 31(5), 621–638.
27. Kitiyakara, C. and Wilcox, C.S., Antioxidants for hypertension, *Curr. Opin. Nephrol. Hypertens.*, 7, 531, 1998.
28. Klouche, K. et al., Mechanism of in-vitro heme-induced LDL oxidation: effects of antioxidants, *Eur. J. Clin. Invest.*, 34, 619, 2004.
29. Koba, Kazunori, and Teruyoshi Yanagita. "Potential health benefits of pomegranate (*Punica granatum*) seed oil containing conjugated linolenic acid." *Nuts and seeds in health and disease prevention*. Academic Press, 2011. 919-924.
30. K. Sharma, A.D. Assefa, S. Kim, E.Y. Ko, E.T. Lee, S. Park, Evaluation of total phenolics, flavonoids and antioxidant activity of 18 Korean onion cultivars: a comparative study. *J. Sci. Food Agric.* 94, 1521–1529 (2014)
31. Lawande, K. E. (2012). Onion. *Handbook of Herbs and Spices*, 417–429.
32. Loredana, L., Giuseppina, A., Filomena, N., Florinda, F., Marisa, D. M., & Donatella, A. (2019). Biochemical, antioxidant properties and antimicrobial activity of different onion varieties in the Mediterranean area. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 13(2), 1232–1241.
33. L. Liguori, G. De Francesco, P. Russo, D. Albanese, G. Perretti, M. Di Matteo, Quality improvement of low alcohol craft beer produced by evaporative pertraction. *Chem. Eng. Trans.* 43, 13–18 (2015)
34. Liguori, Loredana, et al. "Chemical composition and antioxidant properties of five white onion (*Allium cepa* L.) landraces." *Journal of Food Quality* 2017 (2017).
35. Li, Hang, et al. "Nutritional values, beneficial effects, and food applications of broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica* Plenck)." *Trends in Food Science & Technology* (2021).
36. M. P. Jamaluddin, L. K. Krishnan, and A. Thomas, *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 153, 479 (1988)

37. Moreno, D. A., Carvajal, M., López-Berenguer, C., & García-Viguera, C. (2006). Chemical and biological characterisation of nutraceutical compounds of broccoli. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 41(5), 1508–1522.
38. Mrkic, V., Cocci, E., Rosa, M. D., & Sacchetti, G. (2006). Effect of drying conditions on bioactive compounds and antioxidant activity of broccoli (*Brassica oleracea* L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(10), 1559–1566.
39. Narr, B.C, Ayed, N., and Metche, M., Quantitative determination of the polyphenolic content of pomegranate peel. *Z Lebensm Unters Forsch*, 203, 374, 1996.
40. Nuncio-Jáuregui, Nallely, et al. "Processing pomegranates for juice and impact on bioactive components." *Processing and Impact on Active Components in Food*. Academic Press, 2015. 629-636.
41. Othman, Siti Fairuz Che, et al. "Antioxidant study of garlic and red onion: a comparative study." *Pertanika J. Trop. Agric. Sci* 34.2 (2011): 253-261.
42. Pande, Garima, and Casimir C. Akoh. "Pomegranate cultivars (*Punica granatum* L.)." *Nutritional composition of fruit cultivars*. Academic Press, 2016. 667-689.
43. Petropoulos, S., Fernandes, Â., Barros, L., Ciric, A., Sokovic, M., & Ferreira, I. C. F. R. (2018). Antimicrobial and antioxidant properties of various Greek garlic genotypes. *Food Chemistry*, 245, 7–12.
44. Queiroz, Yara S., et al. "Garlic (*Allium sativum* L.) and ready-to-eat garlic products: in vitro antioxidant activity." *Food chemistry* 115.1 (2009): 371-374.
45. Rahman, M. M., V. Fazlic, and N. W. Saad. "Antioxidant properties of raw garlic (*Allium sativum*) extract." *International Food Research Journal* 19.2 (2012): 589-591.
46. Rao, A.V., Lycopene, tomatoes, and the prevention of coronary heart disease, *Exp. Biol. Med.*, 227, 908, 2002.
47. Ravikumar, Chandini. "Therapeutic potential of *Brassica oleracea* (broccoli)—a review." *Int J Drug Dev Res* 7.2 (2015): 9-10.
48. Rice-Evans, C.A., Miller, N.J., and Paganga, G., Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids, *Free. Radic. Biol. Med.*, 20, 933, 1996.
49. Rivlin, Richard S. "Historical perspective on the use of garlic." *The Journal of nutrition* 131.3 (2001): 951S-954S.

50. Santas, Jonathan, María Pilar Almajano, and Rosa Carbó. "Antimicrobial and antioxidant activity of crude onion (*Allium cepa*, L.) extracts." *International journal of food science & technology* 45.2 (2010): 403-409.
51. Santagati, N.A., Duro, R., and Duro, F., Study on pigments present in pomegranate seeds, *J. Commodity Sci.*, 23, 247, 1984.
52. Schubert, S.Y., Lansky, E.P., and Neeman, I., Antioxidant and eicosanoids enzyme inhibition properties of pomegranate seed oil and fermented juice flavonoids, *J. Ethnopharmacol.*, 66, 11, 1999.
53. Seeram, N.P. et al., Rapid large-scale purification of ellagitannins from pomegranate husk, a by-product of the commercial juice industry. *Sep. Purif. Technol.*, 41, 49, 2005. 34.
54. Sidhu, J. S., Ali, M., Al-Rashdan, A., & Ahmed, N. (2019). Onion (*Allium cepa* L.) is potentially a good source of important antioxidants. *Journal of Food Science and Technology*. Gil, M.I. et al., Antioxidant activity of pomegranate juice and its relationship with phenolic composition and processing, *J. Agric. Food Chem.*, 48, 4581, 2000. 137.
55. Singh, R.B. et al., Effect of hydrosoluble coenzyme Q10 on blood pressures and insulin resistance in hypertensive patients with coronary artery disease, *J. Hum. Hypertens.*, 13, 203, 1999.
56. S. Schwimmer, W.J. Weston, Enzymatic development of pyruvic acid in onion as a measure of pungency. *J. Agric. Food Chem.* 9, 301–304 (1961)
57. V. Singleton, J. Rossi, Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagents. *Am. J. Enol Vitic.* 16, 144–158 (1965)
58. Valero, Daniel, et al. "Vapor treatments, chilling, storage, and antioxidants in pomegranates." *Processing and Impact on Active Components in Food*. Academic Press, 2015. 189-196.
59. Van Acker, SABE. et al., Structural aspects of antioxidants activity of flavonoids, *Free. Radic. Biol. Med.*, 20, 331, 1996.
60. Vaya, J. et al., Inhibition of LDL oxidation by flavonoids in relation to their structure and calculated enthalpy, *Phytochemistry*, 62, 89, 2003.
61. Yahia, Elhadi M., ed. *Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits: Mangosteen to white sapote*. Elsevier, 2011.
62. Yu, J. et al., Antioxidant activity of citrus limonoids, flavonoids, and coumarins, *J. Agric. Food. Chem.*, 53, 2009, 2005