



ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ (ΕΛ.ΜΕ.ΠΑ)

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ & ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ

Πτυχιακή Εργασία

«Η θρεπτική αξία του χαρουπιού και τα πιθανά οφέλη του στην
υγεία»

Κηπαράκη Δήμητρα ΑΜ:2005

Τσιροπούλου Αδαμαντία ΑΜ:2050

Επιβλέπουσα: Σφακιανάκη Ειρήνη

ΣΗΤΕΙΑ, Φεβρουάριος 2020



ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ (ΕΛ.ΜΕ.ΠΑ)

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ & ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ

THESIS

for the Undergraduate Degree

Nutritional value of carob

EDITORS:

Kiparaki Dimitra

Tsiropoulou Adamantia

SUPERVISOR:Sfakianaki Eirini

SITIA, February 2020



*Δήμητρα Κηπαράκη Αδαμαντία Τσιροπούλου, Η θρεπτική αξία του χαρουπιού
και τα πιθανά οφέλη του στην υγεία*

Αφιέρωση

Αφιερώνουμε την πτυχιακή μας εργασία στις οικογένειές μας για την υποστήριξη που μας παρείχαν κατά τη διάρκεια των σπουδών μας.

Ευχαριστίες

Ευχαριστούμε την καθηγήτριά μας για την εμπιστοσύνη που μας έδειξε και την βοήθεια που μας παρείχε κατά την εκπόνηση της πτυχιακής μας εργασίας.



Περίληψη

Εισαγωγή: Η χαρουπιά (*Ceratonia siliqua* L.) είναι ένα αειθαλές δέντρο το οποίο ανήκει στην οικογένεια Leguminosae (υποοικογένεια Caesalpinioideae). Η καλλιέργεια της χαρουπιάς εξυπηρετεί πολλαπλούς σκοπούς και έχει μεγάλη κοινωνικοοικονομική αξία.

Σκοπός: Σκοπός της πτυχιακής εργασίας ήταν η παρουσίαση της διατροφικής αξίας του χαρουπιού καθώς και τα οφέλη της κατανάλωσης του στην υγεία και στην αντιμετώπιση συγκεκριμένων ασθενειών.

Μεθοδολογία: Έγινε ανασκόπηση της πρόσφατης ελληνικής και αγγλόφωνης βιβλιογραφίας σε επιστημονικές βάσεις δεδομένων (Pubmed, Medline, Google Scholar, Research Gate).

Αποτελέσματα: Από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας διαπιστώθηκε ότι η χαρουπιά χρησιμοποιείται σε διάφορες μορφές (χαρουπάλευρο ή σκόνη χαρουπιού, ολόκληρος ο καρπός, ο πυρήνας του καρπού, χαρουπόμελο. Το χαρούπι χαρακτηρίζεται από υψηλό περιεχόμενο σε σάκχαρα, (σουκρόζη, γλυκόζη και φρουκτόζη), πρωτεΐνη, διαιτητικές ίνες, πολυφαινόλες (ταννίνες, φλαβονοειδή, φαινολικά οξέα), ιχνοστοιχεία (K, Ca, Mg, Na, Cu, Fe, Mn, Zn), καθώς και χαμηλό περιεχόμενο σε λιπίδια. Επιπρόσθετα, στους σπόρους της χαρουπιάς βρίσκεται ένας σημαντικός αριθμός κυκλιτολών όπως είναι η D-pinitol. Το ενδοσπέρμιο του σπόρου του χαρουπιού περιέχει το υδατοδιαλυτό κόμμι το οποίο είναι ένας πολυσακχαρίτης (γαλακτομανάνη) ο οποίος αποτελείται από 16%–20% D-γαλακτόζη και από 80%–84% D-μανόζη ενώ το φύτρο χαρουπιού περιέχει υψηλή συγκέντρωση πρωτεΐνης καρουβίνης. Το χαρούπι και τα προϊόντα του μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως υποκατάστατο του κακάου, ως γλυκαντικό ενώ δεν περιέχουν γλουτένη, γεγονός που τα καθιστά κατάλληλα για τους ασθενείς με κοιλιοκάκη. Η κατανάλωση του χαρουπιού έχει πολλαπλά οφέλη για την υγεία για του ανθρώπου, ειδικά όσο αφορά την πρόληψη και την αντιμετώπιση σημαντικών νοσημάτων όπως είναι ο καρκίνος του παχέος εντέρου, ο διαβήτης, τα καρδιαγγειακά νοσήματα, η υπερλιπιδαιμία και οι γαστρεντερικές διαταραχές.

Συμπεράσματα: Η υψηλή διατροφική αξία του χαρουπιού και οι θετικές επιδράσεις στην προώθηση της υγείας, ενισχύουν την ανάγκη ενσωμάτωσης του στη καθημερινή διατροφή.

Λέξεις – Κλειδιά

Χαρούπι, θρεπτική αξία, *Ceratonia siliqua* L, διατροφική σύσταση, οφέλη υγείας



Δήμητρα Κηπαράκη Αδαμαντία Τσιροπούλου, Η θρεπτική αξία του χαρουπιού και τα πιθανά οφέλη του στην υγεία

Abstract

Introduction: Carob (*Ceratonia siliqua* L.) is an evergreen tree belonging to the Leguminosae family (subfamily Caesalpinioideae). Carob cultivation serves multiple purposes and it is of great socio-economic value.

Purpose: The purpose of the thesis was to present the nutritional value of carob as well as the benefits of its consumption regarding health and the treatment of specific diseases.

Methodology: A systematic review was conducted in scientific databases (Pubmed, Medline, Google Scholar, Research Gate), searching recent Greek and English papers.

Results: From the literature review, it was found that carob is used in various forms (carob powder, whole fruit, carob honey). Carob is characterized by a high content of sugars, (sucrose, glucose, fructose), dietary fiber, polyphenols (tannins, flavonoids, phenolic acids), micronutrients (K, Ca, Mg, Na, Cu, Fe, Mn, Zn), and low lipid content. In addition, a significant number of cyclitols of carob seeds such as D-pinitol. The endosperm of carob contains the water-soluble gum which is a polysaccharide (lactomannan) which consists of 16% –20% D-galactose and 80% –84% D-mannose. The carob and its products can be used as a substitute for cocoa, as a sweetener and the fact that they don't contain gluten, is making them suitable for patients with celiac disease. Eating carob has multiple health benefits for humans, especially in the prevention and treatment of major diseases such as colon cancer, diabetes, cardiovascular disease, hyperlipidemia and gastrointestinal disorders.

Conclusions: The high nutritional value of carob and its positive effects on health promote the need to incorporate it into our daily diet.

Keywords

Nutritional value, nutritional content, Carob, Ceratonia siliqua L., health benefits



Περιεχόμενα

Περίληψη.....	iv
Abstract	v
Περιεχόμενα	vi
Κατάλογος Πινάκων	viii
Κατάλογος Εικόνων/Σχημάτων/Γραφημάτων	viii
Συνοτομογραφίες & Ακρωνύμια.....	ix
Εισαγωγή.....	1
Σκοπός.....	3
Μεθοδολογία έρευνας	3
1. Η χαρουπιά.....	3
1.1 Η καλλιέργεια της χαρουπιάς.....	3
1.2 Κλιματικές και εδαφικές απαιτήσεις της χαρουπιάς	6
1.3 Οι ποικιλίες της χαρουπιάς.....	7
2. Η θρεπτική αξία του χαρουπιού	10
2.1 Η σύσταση του χαρουπιού	10
2.2.1 Σάκχαρα	14
2.2.2 Κυκλιτόλες	15
2.2.3 Διαιτητικές ίνες	17
2.2.4 Κόμμι	18
2.2.5 Πολυφαινόλες	19
2.2.6 Αμινοξέα	22
2.2.7 Ιχνοστοιχεία	22



*Δήμητρα Κηπαράκη Αδαμαντία Τσιροπούλου, Η θρεπτική αξία του χαρουπιού
και τα πιθανά οφέλη του στην υγεία*

2.2.8 Καρουβίνη	25
2.2.9 Βιταμίνες	25
3.Οφέλη για την υγεία	33
3.1 Το χαρούπι ως υπερτροφή.....	33
3.1.1 Γαστρεντερικές δράσεις	33
3.1.2 Αντικαρκινική δράση	34
3.1.3 Αντιδιαβητική δράση	37
3.1.4 Αντυπερλιπιδαιμική δράση	38
4.Εφαρμογές.....	41
4.1 Παραδείγματα εφαρμογών σε τροφές	41
4.1.1 Υποκατάστατο του κακάου	44
4.1.2 Υποκατάστατο ζάχαρης	48
4.1.3 Χαρουπάλευρο	50
Συμπεράσματα- Συζήτηση	53
Βιβλιογραφία.....	56



Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Οι κυριότερες ποικιλίες χαρουπιάς ανά χώρα (Batlle and Tous, 1997).....	8
Πίνακας 2: Η θρεπτική σύσταση διαφορετικών ποικιλιών ωμών χαρουπιών της Νότιας Αφρικής (g 100 g-1 ξηρής μάζας) (Sigge et al, 2011).....	12
Πίνακας 3: Η θρεπτική σύσταση διαφορετικών ποικιλιών χαρουπιών της Κύπρου (g 100 g-1 ξηρής μάζας) (Papaefstathiou et al, (2018).....	13
Πίνακας 4: Η θρεπτική σύσταση χαρουπιών του Μαρόκου (Khlifa et al, 2013)	14
Πίνακας 5: Λειτουργικές ιδιότητες της γαλακτομαννάνης και οι εφαρμογές της(Batlle and Tous, 1997)	18
Πίνακας 6: Οι κύριες πολυφαινόλες του χαρουπιού (Goulas et al, 2016).....	20
Πίνακας 7: Η σύσταση τριών διαφορετικών κυπριακών ποικιλιών χαρουπιού σε ιχνοστοιχεία (mg/100 g) (Papaefstathiou et al, 2018).....	25
Πίνακας 8: Σύσταση των κόκκων του κακάου και της πούλπας του χαρουπιού (Loullis, & Pinakoulaki, 2017).....	46

Κατάλογος Εικόνων/Σχημάτων/Γραφημάτων

Εικόνα 1: Μεταποιημένα χαρουπία (Υπουργείο Γεωργίας Κύπρου, 2016).	42
Σχήμα 1: Τα κύρια μέρη του φρούτου της χαρουπιάς (Zhu et al, 2019).	5
Σχήμα 2: Τα κύρια θρεπτικά συστατικά του χαρουπιού και η εντόπιση τους (Goulas et al, 2016).	11
Σχήμα 3: Χημική δομή της D-pinitol (López-Sánchez et al, 2018).....	16



Δήμητρα Κηπαράκη Αδαμαντία Τσιροπούλου, Η θρεπτική αξία του χαρουπιού και τα πιθανά οφέλη του στην υγεία

Διάγραμμα 1: Μέρη του χαρουπιού και τα αντίστοιχα προϊόντα τους (Stavrou et al, 2018).
.....42

Γράφημα 1: Η παραγωγή και η απόδοση της καλλιέργειας του χαρουπιού παγκοσμίως από το 1994 έως το 2014 (Stavrou et al, 2018).9

Γράφημα 2: Συγκεντρώσεις D-pinitol (g/Kg ξηρού βάρους) σε καλλιεργούμενες και άγριες ποικιλίες χαρουπιού (Turhan, 2013). 17

Συνομογραφίες & Ακρωνύμια

LBG	Κόμμα του χαρουπιού
PUFA	Polyunsaturated fatty acids
SFA	Saturated fatty acids
HMF	5-hydroxymethyl-2-furaldehyde



Εισαγωγή

Είναι γνωστό, από την αρχαιότητα ακόμα, ότι οι ισορροπημένες διατροφικές συνήθειες αποτελούν απαραίτητη προϋπόθεση τόσο για την ομαλή σωματική και διανοητική ανάπτυξη όσο και για την πρόληψη διάφορων νοσημάτων. Στην εποχή που ζούμε, η αφθονία και η υπερκατανάλωση συγκεκριμένων κατηγοριών τροφίμων καθώς και η υιοθέτηση του «Δυτικού τύπου» διατροφής, φαίνεται να δίνει νέα υπόσταση στη σχέση διατροφής και υγείας. Πιο συγκεκριμένα, το δυτικό πρότυπο διατροφής που δυστυχώς είναι εξαιρετικά διαδεδομένο σ' όλο τον κόσμο, επιβαρύνει σε μεγάλο βαθμό το επίπεδο υγείας των ατόμων (Bach-Faig et al, 2011).

Χαρακτηριστικό της εποχής μας είναι το γεγονός ότι η παχυσαρκία έχει εξελιχτεί σε παγκόσμια επιδημία, τόσο στους ενήλικες, όσο και στα παιδιά και τους εφήβους, σε αναπτυσσόμενες και σε αναπτυγμένες χώρες. Η παχυσαρκία θεωρείται χρόνια και πολυπαραγοντικό νόσημα και αποτελεί μείζον παγκόσμιο πρόβλημα της δημόσιας υγείας. Υπεύθυνη διαταραχή είναι το ανεπιθύμητο θετικό ενεργειακό ισοζύγιο και η αύξηση του βάρους. Η διατροφή θεωρείται ότι είναι από τους ευκολότερα τροποποιήσιμους παράγοντες κινδύνου, και για αυτό το λόγο αποτελεί πολλές φορές στόχο πολλών δραστηριοτήτων τόσο για την πρόληψη όσο και για την θεραπεία ποικίλων νοσημάτων όπως είναι ο σακχαρώδης διαβήτης (Dan, 2016).

Ο σακχαρώδης διαβήτης αποτελεί παγκόσμιο πρόβλημα δημόσιας υγείας ενώ οι τεράστιες διαστάσεις που έχει λάβει η νόσος τα τελευταία χρόνια έχει σαν αποτέλεσμα να χαρακτηρίζεται ως μια από τις πιο επικίνδυνες μάστιγες της εποχής μας. Η συνεχόμενη αύξηση των ατόμων που πάσχουν από την συγκεκριμένη νόσο οφείλεται στην παχυσαρκία, στην έλλειψη σωματικής άσκησης που χαρακτηρίζει τον σύγχρονο τρόπο ζωής αλλά και στην γενική γήρανση του πληθυσμού (Schmidt, 2018).

Εκτός από τις συνέπειες που έχει ο τρόπος διατροφής στην υγεία του πληθυσμού, θα πρέπει να σημειωθούν και οι σοβαρές οικονομικές επιπτώσεις, που περιλαμβάνουν τα άμεσα κόστη που αφορούν τις δαπάνες περίθαλψης των νοσημάτων, που συνδέονται με τη



διατροφή και το έμμεσο κόστος από τη χαμένη παραγωγικότητα λόγω ασθένειας, αναπηρίας ή και πρόωρου θανάτου. Συνεπώς, η υιοθέτηση μιας υγιεινής και θρεπτικής διατροφής δεν είναι σημαντική μόνο σε σχέση με τη Δημόσια Υγεία, αλλά και με τις μακροπρόθεσμες δαπάνες των συστημάτων υγείας και το σύνολο της οικονομίας, καθώς και με τη δυνατότητα των πολιτών να ζουν μια παραγωγική ζωή (Naberhuis et al, 2017).

Το χαρούπι μπορεί να αποτελέσει, λόγω της διατροφικής του αξίας, ένα τρόφιμο που όταν ενσωματωθεί στα πλαίσια μιας υγιεινής διατροφής, να έχει ποικίλες θετικές επιδράσεις στην υγεία ενός ατόμου. Το χαρούπι είναι ο καρπός ενός μακρόβιου δένδρου, της χαρουπιάς, η οποία ευδοκίμει κυρίως στη Μεσόγειο. Η χαρουπιά είναι γνωστή και ως ξυλοκερατιά και το χαρούπι ως ξυλοκέρατο. Η χαρουπιά είναι ένα από τα πιο χρήσιμα δέντρα της λεκάνης της Μεσογείου. Το χαρούπι μοιάζει με τον καρπό της φασολιάς και το χρησιμοποιούσαν από την αρχαιότητα ως φυσικό γλυκαντικό. Το χαρούπι έχει μακρά ιστορία στην ανθρώπινη κατανάλωση. Η χαρουπιά ήταν γνωστή στους αρχαίους Έλληνες οι οποίοι την καλλιεργούσαν για τους καρπούς της. Ο Πλίνιος περιγράφει τα γλυκά φασόλια της χαρουπιάς σαν τροφή για τα γουρούνια. Ο Έλληνας φιλόσοφος Θεόφραστος κατέγραψε το 4ο π.Χ. ότι οι Έλληνες αποκαλούσαν το χαρούπι «Αιγυπτιακό Σύκο». Ο Θεόφραστος μάλιστα περιέγραψε σωστά πως οι καρποί της βγαίνουν από τον κορμό του δένδρου, κι αυτό γιατί τα λουλούδια φυτρώνουν πάντοτε στις μασχάλες των φύλλων ή απευθείας από τα παλιά κλαδιά. Υπάρχουν στοιχεία ότι οι αρχαίοι Αιγύπτιοι χρησιμοποιούσαν το χαρούπι ως γλυκαντική ουσία για το γλυκό «νετζέμ». Λοβοί αλλά και σπόροι χαρουπιού έχουν βρεθεί σε Αιγυπτιακούς Τάφους. Επίσης οι Ρωμαίοι έτρωγαν τις φλούδες του χαρουπιού για τη φυσική γλυκύτητά τους όταν ήταν ακόμα πράσινες και φρέσκιες. Οι Ισραηλινοί έτρωγαν τα χαρούπια κατά τη διάρκεια των εβραϊκών διακοπών του «Του Μπισβάτ», ενώ οι μουσουλμάνοι κατά τη διάρκεια του Ραμαζάν έπιναν χυμό χαρουπιού. Το χαρούπι λέγεται και «ψωμί του Αγίου Ιωάννη του Βαπτιστή» γιατί, σύμφωνα με ένα θρύλο, ο προφήτης Ιωάννης το έτρωγε όσο ήταν ασκητής στην έρημο. Στη λαϊκή ιατρική χρησιμοποιούσαν το χαρουπόμελο για τα παιδιά που έπασχαν από βρογχίτιδα ή κοκίτη. Επίσης τα έβραζαν μαζί με ξερά σύκα και σταφίδες και το έπιναν ως αντιβηχικό φάρμακο (Παταπίου, 2018)



Σκοπός

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η παρουσίαση της διατροφικής αξίας του χαρουπιού, μέσω ανασκόπησης της πρόσφατης βιβλιογραφίας. Ειδικότερα, η περιγραφή της χημικής σύστασης του λοβού, του ενδοσπερμίου και του φύτρου του χαρουπιού, τα οφέλη της κατανάλωσης του χαρουπιού στην υγεία και στην αντιμετώπιση συγκεκριμένων ασθενειών καθώς και οι εφαρμογές του χαρουπιού και των προϊόντων του σε διάφορα τρόφιμα.

Μεθοδολογία έρευνας

Για την βιβλιογραφική ανασκόπηση, πραγματοποιήθηκε αναζήτηση λέξεων κλειδιών (nutritional value, nutritional content, Carob, *Ceratonia siliqua* L., health benefits) σε ηλεκτρονικές βάσεις δεδομένων και επιλεγμένους επιστημονικούς ιστότοπους (Pubmed, Medline, Google Scholar, Research Gate). Τα άρθρα και οι μελέτες που συγκεντρώθηκαν αξιολογήθηκαν με βάση τα επιστημονικά τους ευρήματα, τη χρονολογία δημοσίευσης και τη σχετικότητα τους με το θέμα της παρούσας εργασίας.

Κεφάλαιο 1. Η χαρουπιιά

1.1 Η καλλιέργεια της χαρουπιιάς

Η χαρουπιιά (*Ceratonia siliqua* L.) είναι ένα αειθαλές δέντρο το οποίο ανήκει στην οικογένεια Leguminosae (υποοικογένεια Caesalpinioideae). Ο επιστημονικός όρος προέρχεται από την ελληνική λέξη «κέρας» και τη λατινική *siliqua*, υποδηλώνοντας την σκληρότητα και το σχήμα του λοβού του χαρουπιού (Sidina et al., 2009).

Η καλλιέργεια της χαρουπιιάς εξυπηρετεί πολλαπλούς σκοπούς και έχει μεγάλη κοινωνικοοικονομική αξία (Sandolo et al, 2007). Η χαρουπιιά αναπτύσσεται σε χαμηλής παραγωγικότητας εδάφη, με ήπιο και ξηρό κλίμα και με χαμηλές ή μεσαίες βροχοπτώσεις



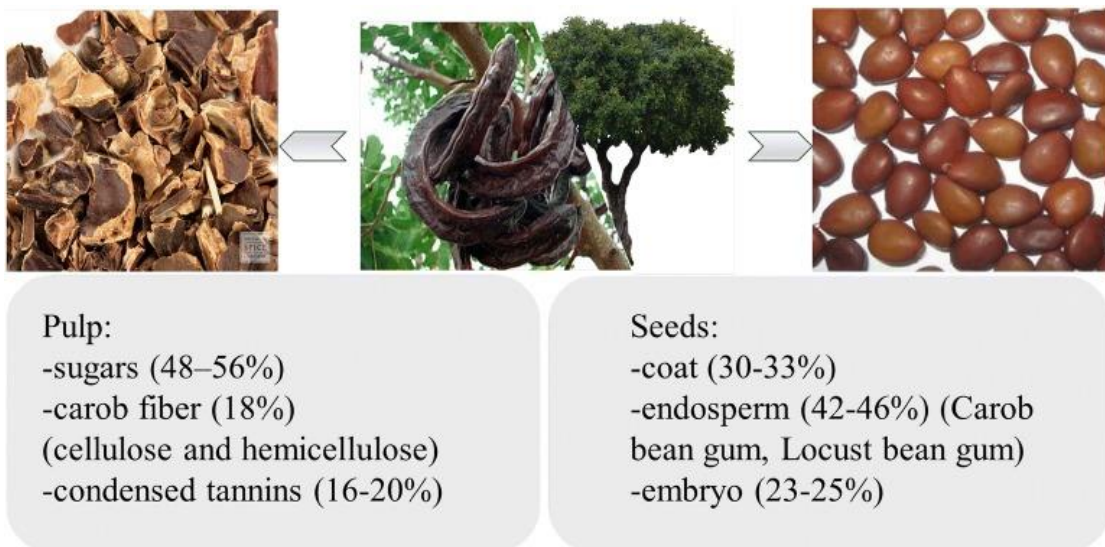
(250 έως 500 mm/ετησίως). Η χαρουπιά ευδοκιμεί και καλλιεργείται κυρίως στην περιοχή της Μεσογείου, εδώ και χιλιετίες. Συναντάται κυρίως σε περιοχές της Μέσης Ανατολής, της Συρίας, της Τουρκίας, της Αιγύπτου και της Κύπρου. Στην Ελλάδα βρίσκεται αυτοφυής σε πολλές νησιώτικες περιοχές και κυρίως στην Κρήτη. Κάποια είδη χαρουπιάς εισήχθηκαν στις Η.Π.Α (Καλιφόρνια), στο Μεξικό, στη νότια Αφρική και στην Αυστραλία (Ramon-Laca και Mabberley, 2004).

Ο καρπός είναι ένας επιμήκης λοβός, συμπιεσμένος, ευθύγραμμος ή με καμπύλη, παχύτερος στις ραφές, με διαστάσεις 10-30 cm μήκος και 1,5 έως 3,5 cm πλάτος. Οι λοβοί (ψύχα) που αποτελούν το 90% του βάρους των χαρουπιών είναι γεμάτοι με πολλούς σπόρους διατεταγμένους με γραμμικό μη επικαλυπτόμενο τρόπο και διαχωρίζονται από το μεσοκάρπιο. Οι σπόροι είναι συμπιεσμένοι και ελαφρώς επιμηκισμένοι με διαστάσεις από 8 έως 10 mm μήκος, 7 έως 8 mm πλάτος και 3 έως 5 mm πάχος (Batlle and Tous, 1997).

Η χαρουπιά είναι δέντρο αείφυλλο, μέτριου ως μεγάλου μεγέθους, που μπορεί να φθάσει τα 10 μέτρα ύψος, με πλαγιόκλαδη κυρίως βλάστηση, κόμη σφαιρική και δυνατούς βλαστούς με τραχύ φλοιό. Τα φύλλα είναι σύνθετα, κατ' εναλλαγή, μήκους 10-20 εκατοστών. Έχουν χρώμα χαλκοκόκκινο στη νεαρή ηλικία και βαθυπράσινο όταν ωριμάσουν. Είναι λεία και δερματώδη και καλύπτονται από μία παχιά κηρώδη επίστρωση που αποτρέπει την υπερβολική απώλεια υγρασίας σε ημίξηρα κλίματα. Οι οφθαλμοί της διακρίνονται σε βλαστοφόρους και ανθοφόρους (απλοί). Οι ανθοφόροι που βρίσκονται σε ξύλο του προηγούμενου χρόνου εκπτύσσονται το φθινόπωρο και δίνουν μονοστέλεχες ταξιανθίες, ενώ αυτοί που βρίσκονται σε ξύλο μεγαλύτερης ηλικίας, 3-15 ετών, δίνουν πολυστέλεχες ταξιανθίες. Οι οφθαλμοί στερούνται λεπίων (γυμνοί) αλλά περιβάλλονται από πυκνό τρίχωμα. Τα άνθη είναι μικρά (μήκους 6-12 χιλιοστών), πολλαπλά, τοποθετημένα σπειροειδώς σε βοτρυοειδείς ταξιανθίες, σε ξύλο ηλικίας 2-15 ετών. Έχουν χρώμα πρασινοκόκκινο και δυσάρεστη οσμή (κυρίως τα αρσενικά). Φέρουν μόνο χνουδωτά σέπαλα και διακρίνονται σε αρσενικά, θηλυκά και ερμαφρόδιτα. Τα θηλυκά φέρουν ένα βραχύστυλο ύπερο και τα αρσενικά πέντε στήμονες. Τα ερμαφρόδιτα άνθη (τα οποία σπανίζουν), περιέχουν τόσο βραχύστυλο ύπερο όσο και στήμονες. Μόνο ένα μικρό ποσοστό από τα άνθη αποδίδει καρπούς και σπάνια δημιουργούνται δύο καρποί ανά άνθος (Υπουργείο Γεωργίας Κύπρου, 2016).



Η χαρουπιά είναι δίοικο δέντρο, ο καρπός της είναι χέδρωπας, έχει σχήμα τοξοειδές, χρώμα καστανό και συρρικνωμένη, δερματώδη υφή (αφού ωριμάσει). Αποτελείται κατά 90% από πούλπα, πλούσια σε σακχαρόζη, γλυκόζη, κυτταρίνη και τανίνες, και κατά 10% από σπόρους. Συγκεκριμένα, ο καρπός αποτελείται από το περικάρπιο (σκληρό, δερματώδες περίβλημα) και το μεσοκάρπιο (σαρκώδες, πλούσιο σε σάκχαρα), ενώ περιέχει 10 - 16 σκληρά σπέρματα, γυαλιστερά και κεραμόχροα. Χαρακτηριστικό των σπερμάτων είναι ότι έχουν όλα το ίδιο βάρος. Λέγεται δε ότι το μέτρημα του χρυσού σε καράτια πήρε το όνομα του από το κεράτιο, δηλαδή το χαρούπι (Batlle and Tous, 1997).



Σχήμα 1: Τα κύρια μέρη του φρούτου της χαρουπιάς (Zhu et al, 2019).



1.2 Κλιματικές και εδαφικές απαιτήσεις της χαρουπιάς

Η χαρουπιά είναι δέντρο θερμών και ξηρών περιοχών και μπορεί να ευδοκιμήσει και να αποδώσει ικανοποιητικά σε θερμές, υποτροπικές περιοχές. Η βλαστική ανάπτυξη της χαρουπιάς μειώνεται αισθητά όταν οι θερμοκρασίες είναι κάτω των 10°C ενώ, ως είδος, παρουσιάζει κάποια ευαισθησία στον παγετό, είναι ωστόσο λιγότερο ευαίσθητη από την ελιά. Συγκεκριμένα, θερμοκρασίες μεταξύ -4°C και -7°C είναι δυνατό να προκαλέσουν ζημιές στο φυτό, με ξηράνσεις όχι μόνο των νεαρών βλαστών αλλά και των παλαιότερων ή ακόμη και ολόκληρης της κόμης. Ωστόσο, λόγω της ιδιότητας της χαρουπιάς να παράγει πολλές παραφυάδες είναι δυνατό να γίνει αντικατάσταση των κατεστραμμένων βλαστών από αυτές. Αντίθετα, το φυτό είναι εξαιρετικά ανθεκτικό σε υψηλές θερμοκρασίες που ξεπερνούν τους 40°C χωρίς να υπόκειται οποιαδήποτε ζημιά. Γι' αυτό, κατάλληλες περιοχές για φύτευση με χαρουπιά θεωρούνται οι περιοχές με ήπιους χειμώνες, ήπια/ζεστή άνοιξη και θερμά/ξηρά καλοκαίρια, αποφεύγοντας κατά το δυνατό, περιοχές που πλήττονται από παγετούς ή περιοχές με υψόμετρο μεγαλύτερο των 600 μέτρων. Επίσης, θα πρέπει να αποφεύγονται περιοχές που πλήττονται από ανέμους καθώς τα νεαρά δέντρα είναι επιρρεπή στους ισχυρούς ανέμους. Οι καλύτερες συνθήκες ανάπτυξης για τη χαρουπιά εντοπίζονται στις παράλιες περιοχές λόγω ευνοϊκότερων κλιματικών συνθηκών. Σε χρονιές με έντονες φθινοπωρινές βροχές είναι δυνατό να παρατηρηθεί μειωμένη καρπώδεση καθώς η βροχή παρεμποδίζει τη μεταφορά γύρης και, κατ' επέκταση, τη μη ικανοποιητική επικονίαση. Επιπρόσθετα, υψηλά ποσοστά υγρασίας κατά την περίοδο της άνοιξης δυνατό να αυξήσουν την πιθανότητα προσβολής από οΐδιο (μύκητας γένους *Oidium*) τόσο στα φύλλα όσο και στους καρπούς (Υπουργείο Γεωργίας Κύπρου, 2016).

Η χαρουπιά είναι δέντρο με περιορισμένες εδαφικές απαιτήσεις. Ευδοκιμεί σε διάφορα είδη εδαφών, εκτός από πολύ αργιλώδη και υγρά εδάφη, ευδοκιμεί ακόμα και σε βραχώδη, ξηρά και επικλινή εδάφη με την προϋπόθεση ότι είναι βαθιά και ελαφριά ούτως ώστε να διαπερνώνται από το ριζικό σύστημα της χαρουπιάς. Ως καταλληλότερα εδάφη



θεωρούνται τα αμμοπηλώδη εδάφη με καλή αποστράγγιση. Στην Κύπρο η χαρουπιά καλλιεργείται με επιτυχία σε εδάφη ξηρά, πετρώδη και ασβεστολιθικά. Έτσι αξιοποιούνται περιοχές ξηρές και άγονες, που η γεωργική τους εκμετάλλευση με άλλα είδη είναι αδύνατη (Batlle and Tous, 1997).

1.3 Οι ποικιλίες της χαρουπιάς

Οι ποικιλίες της χαρουπιάς μπορούν να διακριθούν σε ήμερες και άγριες. Οι άγριες, οι οποίες είναι δέντρα με λεπτούς κορμούς, μικρά φύλλα και μικρή έως ελάχιστη παραγωγή μικρού μεγέθους χαρουπιών ενώ οι ήμερες χαρουπιές είναι τα εμβολιασμένα δέντρα. Οι πιο αξιόλογες Ελληνικές και ξενικές ποικιλίες είναι οι εξής (Ποντίκης, 1996):

- Ελληνικές: Αγρία, Κρητικά (Κονδυλάτα, Μπαντούρια, Ξανθά), Κύπρου (Βακλωτά, Κουμπωτά, Κούντουρκα), Χιώτικα, Σαμιώτικα, κ.α.
- Ξενικές: Matalafan, Matalafera, Roya, Costelates (Ισπανίας), Cipriana, Saccarata, Racemosa (Ιταλικές), Santa Fe, Bolsor, Conejo, Excelsior, Gabriel, Grantham, Molino, Sykea, Tyllivia, White, Amele, Sfax, Clifford, Tantillo (Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής)

Ειδικότερα, οι ήμερες ποικιλίες χαρουπιάς της Κύπρου και της Ελλάδας περιλαμβάνουν τις πιο κάτω ποικιλίες (Υπουργείο Γεωργίας Κύπρου, 2016):

α) Τηλλυρίας Τα δέντρα της ποικιλίας αυτής είναι ορθόκλαδα, ζωηρής ανάπτυξης, κυρίως όταν το έδαφος είναι γόνιμο με ικανοποιητική υγρασία. Οι κορυφές των νέων βλαστών και τα μικρά φύλλα έχουν χρώμα πράσινο προς ελαφρά κόκκινο. Η ωρίμαση των καρπών αρχίζει κατά το δεύτερο δεκαπενθήμερο του Αυγούστου και το χρώμα τους είναι βαθύ σοκολατί έως καφέ. Ο καρπός είναι μακρύς, 17 εκατοστά περίπου, και ίσιος. Οι σπόροι, 15 - 16 σε αριθμό, αποτελούν το 7,6 - 10,6% του καρπού και είναι πεπλατυσμένοι με ομαλή επιφάνεια. Ο καρπός περιέχει 51% σάκχαρα και οι σπόροι 49% κόμμι. Χαρακτηριστικό της ποικιλίας είναι ότι ακόμα και μετά την πλήρη ωρίμαση οι καρποί δεν έχουν την τάση να πέφτουν.



Δήμητρα Κηπαράκη Αδαμαντία Τσιροπούλου, Η θρεπτική αξία του χαρουπιού και τα πιθανά οφέλη του στην υγεία

β) Κουντούρκα Οι νεαροί βλαστοί και τα φύλλα της ποικιλίας αυτής έχουν ερυθρό χρώμα. Οι βλαστοί και οι κλώνοι έχουν την τάση να κλείνουν προς το έδαφος. Τα παλιά φύλλα σε περιόδους ανομβρίας συστρέφονται. Η ανθοταξία είναι ίσια. Η ωρίμαση του καρπού αρχίζει το δεύτερο δεκαπενθήμερο του Αυγούστου και ο καρπός έχει χρώμα καφέ σοκολατί, είναι ίσιος, μήκους 13 περίπου εκατοστών και συγκριτικά με την ποικιλία «Τηλλυρία» δεν έχει κοφτερή άνω ραφή. Χαρακτηριστικό της ποικιλίας είναι ότι η μία πλευρά του καρπού είναι πιο χοντρή από την άλλη. Το πάχος του καρπού φθάνει τα 7,3 - 9,7 χιλιοστά και οι σπόροι στον ώριμο καρπό ακούγονται κατά το τράνταγμα. Οι σπόροι αποτελούν το 14,7% του καρπού, είναι γωνιώδεις και πιο χοντροί από της «Τηλλυρίας». Με την έναρξη της πλήρους ωρίμασης των καρπών παρατηρείται φυσική καρπόπτωση, γεγονός που διευκολύνει τη διαδικασία συγκομιδής. Ο καρπός περιέχει 50% σάκχαρα και οι σπόροι 58% κόμμι.

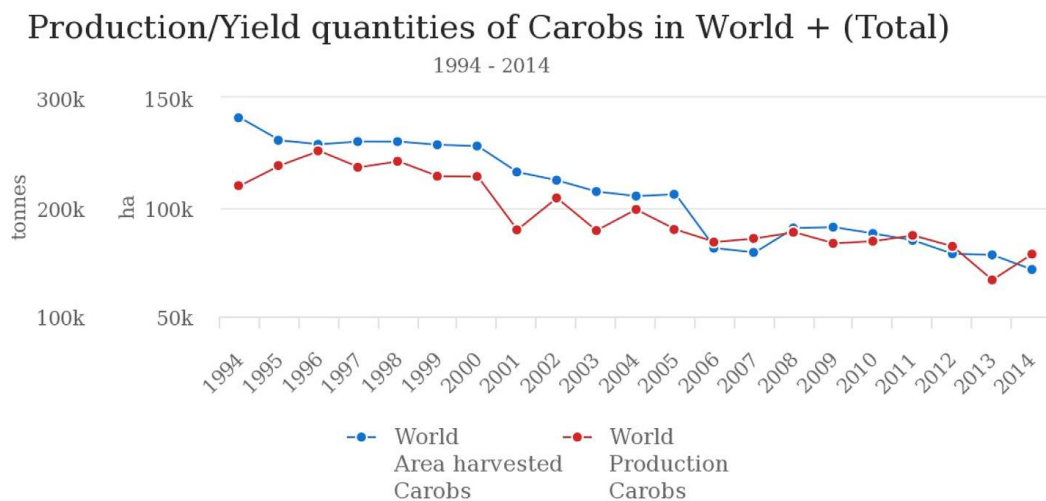
γ) Κουμποτά Οι νεαροί βλαστοί και τα φύλλα έχουν χρώμα ανοικτό ερυθρό. Οι καρποί έχουν μήκος 20 περίπου εκατοστά και ωριμάζουν περί τα μέσα Αυγούστου. Έχουν χρώμα καφέ σοκολατί και είναι πιο κυρτοί από τις άλλες ποικιλίες. Έχουν πάχος 7,6 - 10,5 χιλιοστά και περιέχουν 53% σάκχαρα. Οι σπόροι περιέχουν 53% κόμμι.

Πίνακας 1: Οι κυριότερες ποικιλίες χαρουπιάς ανά χώρα (Batlle and Tous, 1997).

Χώρες	Ποικιλίες χαρουπιάς
Ιταλία	Gibiliana, ‘Racemosa, Saccarata, Amele di Bari
Πορτογαλία	Mulata, Galhosa , Canela , AIDA
Μαρόκο	Άγριοι τύποι
Ελλάδα	Hemere ,Tylliria
Κύπρος	Tylliria, Koundourka , Koumbouta
Τουρκία	Sisam
Τυνησία	Sfax
Ισραήλ	Tylliria, Sandalawi , Habati ,Aaronsohn nos
Η.Π.Α	Santa Fe, Clifford , Bolser , Grantham
Αυστραλία	Bath, Irlam, Maitllan, KP-1 , Princess, Marshall no. 1



Παρά το γεγονός ότι το χαρούπι χρησιμοποιείται από την αρχαιότητα ως τρόφιμο και ζωοτροφή, η παραγωγή χαρουπιού μειώνεται. Ειδικότερα, η παραγωγή χαρουπιού έχει μειωθεί σημαντικά τις τελευταίες δεκαετίες. Το 1994, η συνολική περιοχή συγκομιδής ήταν περίπου 140,849 εκτάρια και η παραγωγή έφτανε τους 219,541 τόνους, ενώ το 2014, οι αντίστοιχες τιμές ήταν 71,374 εκτάρια και 156,798 τόνους (Stavrou et al, 2018).



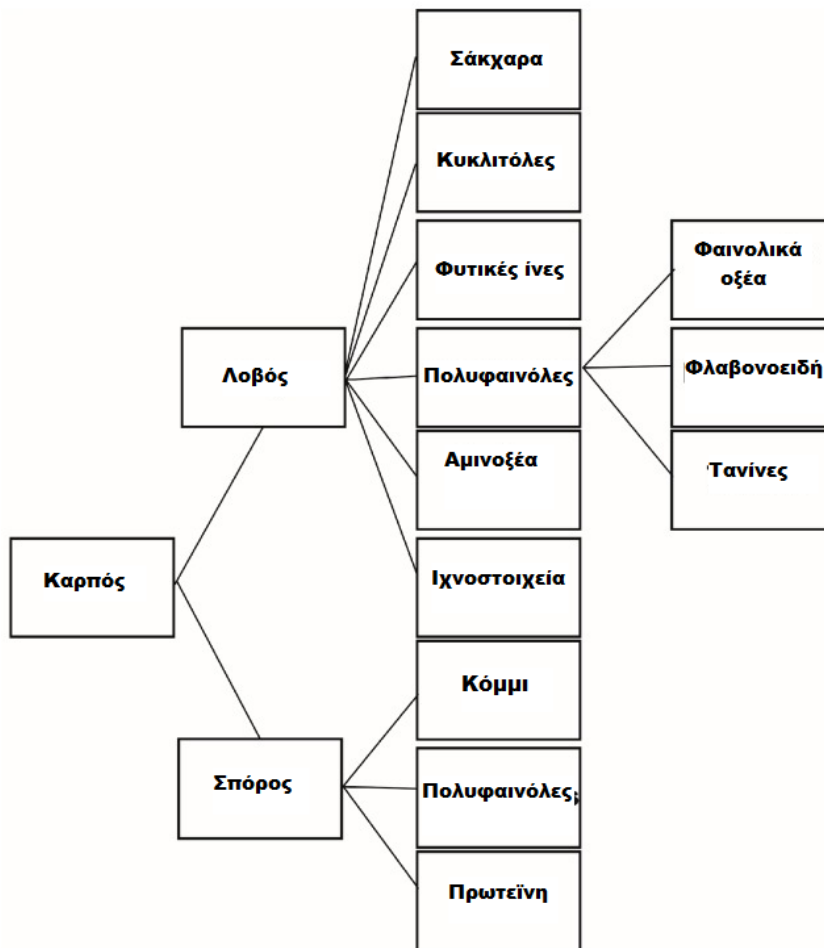
Γράφημα 1: Η παραγωγή και η απόδοση της καλλιέργειας του χαρουπιού παγκοσμίως από το 1994 έως το 2014 (Stavrou et al, 2018).



2. Η θρεπτική αξία του χαρουπιού

2.1 Η σύσταση του χαρουπιού

Το χαρούπι συνιστά ένα περίπλοκο μείγμα πρωτογενών και δευτερογενών μεταβολιτών, με την παρουσία των σακχάρων, των διαιτητικών ινών και των πολυφαινόλων να το χαρακτηρίζουν σε μεγάλο βαθμό. Επιπρόσθετα, στο χαρούπι εντοπίζεται ένας μεγάλος αριθμός αμινοξέων και ιχνοστοιχείων (Goulas et al, 2016). Ειδικότερα, ο καρπός του χαρουπιού αποτελείται από περίπου 90% πούλπα του λοβού, πλούσια σε σακχαρόζη, γλυκόζη, κυτταρίνη, και τανίνες, και 10% από σπόρους. (Rizzo et al., 2004). Οι λοβοί έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε διαλυτά σάκχαρα (περίπου 40-50% επί ξηράς ουσίας), αλλά χαμηλή πρωτεΐνη (3-4%) και χαμηλό περιεχόμενο λιπιδίων (0,4-0,8%). Οι λοβοί περιέχουν επίσης πολλές πολυφαινόλες (Kumazawa et al., 2002). Οι σπόροι αποτελούνται από φλοιό (30-33%), ενδοσπέρμιο (42-46%) και έμβρυο ή φυτό (23-25%). Το ενδοσπέρμιο των σπόρων αποτελείται από μονάδες σακχάρων, μαννόζης και γαλακτόζης και από πολυσακχαρίτες τα οποία χρησιμεύουν για τη βλάστηση των σπόρων. Το ενδοσπέρμιο των σπόρων αποτελείται κατά κύριο λόγο από γαλακτομαννάνη (Manso et al, 2010). Το φυτό αντιπροσωπεύει το 23 έως 25% του βάρους των σπόρων. Αποτελείται κατά κύριο λόγο από πρωτεΐνες με ισορροπημένη περιεκτικότητα σε αμινοξέα, υδατανθράκες, λιπίδια, υγρασία, τέφρα, και πολυφαινόλες (Bengoechea et al., 2008).



Σχήμα 2: Τα κύρια θρεπτικά συστατικά του χαρουπιού και η εντόπιση τους (Goulas et al, 2016).

Στη μελέτη των Sigge et al, (2011), αναλύθηκε η θρεπτική σύσταση πέντε ποικιλιών χαρουπιού που αναπτύσσονται στη Νότια Αφρική. Ειδικότερα, αναλύθηκαν οι συγκεντρώσεις των πολυφαινόλων, των ιχνοστοιχείων, των αμινοξέων και των λιπιδίων, μέσω ειδικών τυποποιημένων μεθόδων. Πιο συγκεκριμένα, η μέση περιεκτικότητα των λοβών των χαρουπιών σε υγρασία κυμάνθηκε από 8.17 έως 9.56% επί ξηρού βάρους σώματος, η περιεκτικότητα των ολικών πρωτεϊνών τους από 3.07 έως 4.42%, η περιεκτικότητα τους σε ολικές λιπαρές ουσίες από 0.45 έως 0.86%, η περιεκτικότητα τους σε τέφρα από 2.13 έως 2.69%, η περιεκτικότητα τους σε σάκχαρα από 40.69 έως 54.74%, η περιεκτικότητα τους σε διαιτητικές ίνες από 29.88 έως 36.07%, η



περιεκτικότητα τους σε πολυφαινόλες από 2.58 έως 3.08%. Συνολικά, ανιχνεύθηκαν 17 αμινοξέα, συμπεριλαμβανομένων επτά απαραίτητων αμινοξέων. Όλες οι ποικιλίες που αναλύθηκαν, βρέθηκαν να έχουν καλή θρεπτική σύσταση όσο αφορά της αναλογίες των λιπαρών οξέων μακράς αλύσου. Ειδικότερα, η αναλογία των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (Polyunsaturated fatty acids, PUFA) προς τα κορεσμένα λιπαρά οξέα (Saturated fatty acids, SFA) ήταν $n-6: n-3$. Όσο αφορά την θρεπτική σύσταση των διαφορετικών ποικιλιών δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Οι ερευνητές επεσήμαναν την υψηλή θρεπτική αξία του χαρουπιού και το γεγονός ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως σημαντικό εναλλακτικό τρόφιμο.

Πίνακας 2: Η θρεπτική σύσταση διαφορετικών ποικιλιών ωμών χαρουπιών της Νότιας Αφρικής (g 100 g⁻¹ ξηρής μάζας) (Sigge et al, 2011).

Συστατικό	Ποικιλίες χαρουπιού				
	<i>Tylliria</i>	<i>SFax</i>	<i>Aaronsohn</i>	<i>Santa Fe</i>	<i>Άγνωστο</i>
Υγρασία	9.27± 0.40	9.56 ± 0.19	9.29 ± 0.02	8.91 ± 0.00	8.17 ± 0.01
Ολικά σάκχαρα	54.74± 1.35	40.69± 0.77	50.55 ± 0.64	45.61 ± 1.09	51.46 ± 1.98
Σουκρόζη	45.09± 1.49	33.70± 0.72	40.41 ± 0.55	42.02 ± 1.05	44.84 ± 3.13
Γλυκόζη	4.92± 0.15	3.54± 0.15	4.95 ± 0.26	1.79 ± 0.08b	2.22 ± 0.51
Φρουκτόζη	4.73± 0.43	3.45 ± 0.24	5.19 ± 0.16	1.80 ± 0.16	4.40 ± 0.83
Διαιτητικές ίνες	31.47± 1.04	36.07 ± 2.71	33.35 ± 1.56	35.85 ± 2.10	29.88 ± 1.30
Πρωτεΐνες	3.57± 0.11	4.42 ± 0.01	3.07 ± 0.01	3.26 ± 0.02	3.42 ± 0.00
Πολυφαινόλες	2.65± 0.26	2.87 ± 0.27	3.08 ± 0.51	2.58 ± 0.33	2.94 ± 0.36
Λιπίδια	0.71± 0.06	0.45 ± 0.04	0.74 ± 0.02	0.86 ± 0.05	0.85 ± 0.04
Τέφρα	2.37± 0.02	2.69 ± 0.09	2.31 ± 0.07	2.17 ± 0.02	2.13 ± 0.06



Στη μελέτη των Papaefstathiou et al, (2018), μελετήθηκε η θρεπτική σύσταση της πούλπας τριών διαφορετικών ποικιλιών χαρουπιού της Κύπρου και συγκρίθηκε με την σύσταση είκοσι επεξεργασμένων προϊόντων χαρουπιού. Ειδικότερα, οι παράμετροι που αναλύθηκαν ήταν η υγρασία, η τέφρα, τα λιπίδια, τα ιχνοστοιχεία, η καφεΐνη, οι υδατάνθρακες και το ενεργειακό περιεχόμενο. Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν ότι μόνο το 60% των προϊόντων είχαν ετικέτα στην οποία να σημειώνεται η θρεπτική αξία. Επιπρόσθετα, το χαρούπι και τα προϊόντα του χαρακτηρίζονται ως λειτουργικά τρόφιμα με υψηλό περιεχόμενο σε διαιτητικές ίνες και ιχνοστοιχεία και με χαμηλό επίπεδο λιπιδίων.

Πίνακας 3: Η θρεπτική σύσταση διαφορετικών ποικιλιών χαρουπιών της Κύπρου (g 100 g⁻¹ ξηρής μάζας) (Papaefstathiou et al, (2018).

Συστατικό	Ποικιλίες χαρουπιού		
	<i>Koumpota</i> (πούλπα)	<i>Kountourka</i> (πούλπα)	<i>Tylliria</i> (πούλπα)
Υγρασία (%) ± U	14.48 ± 0.07	14.80 ± 0.09	13.59 ± 0.11
Ολικά σάκχαρα (%)	53.59	54.03	54.83
Διαιτητικές ίνες (%)	26.24	25.56	25.43
Πρωτεΐνες (%)	4.57	4.54	4.60
Λιπίδια (%) ± U	0.22 ± 0.01	0.21 ± 0.02	0.23 ± 0.01
Τέφρα (%) ± U	2.63 ± 0.07	2.49 ± 0.05	2.46 ± 0.03
Ενεργειακό περιεχόμενο (kcal/100 g)	280.17	280.78	286.07



Πίνακας 4: Η θρεπτική σύσταση χαρουπιών του Μαρόκου (Khlifa et al, 2013)

Συστατικό	Ποικιλίες χαρουπιού (πούλπα)
Υγρασία (%) ± U	10.2 ± 0.13
Ολικά σάκχαρα (%)	83.7 ± 2.0
Σουκρόζη	44.64 ± 0.49
Γλυκόζη	2.20 ± 0.11
Φρουκτόζη	7.18 ± 0.17
Διαιτητικές ίνες (%)	6.90 ± 0.06
Πρωτεΐνες (%)	2.74 ± 0.03
Λιπίδια (%) ± U	1.15 ± 0.07
Τέφρα (%) ± U	3.0 ± 0.05
Πολυφαινόλες (mg)	16.98 ± 0.42

Στη μελέτη των Khlifa et al (2013), οι λοβοί του χαρουπιού περιέχουν υψηλές συγκεντρώσεις υδατανθράκων, σημαντικές ποσότητες πρωτεϊνών και χαμηλά επίπεδα λιπιδίων.

2.2.1 Σάκχαρα

Το χαρούπι χαρακτηρίζεται από υψηλή περιεκτικότητα σε σάκχαρα. Ειδικότερα, προηγούμενες μελέτες έδειξαν ότι η συνολική περιεκτικότητα σε σάκχαρα μεταξύ των διαφορετικών ποικιλιών χαρουπιού κυμαινόταν από 40 έως 55 g/100 g⁻¹*d.m. Σε γενικές γραμμές, οι καλλιεργήσιμες ποικιλίες έχουν υψηλότερη περιεκτικότητα σε σάκχαρα σε σχέση με τις άγριες. Όσο αφορά τη σύσταση των σακχάρων, η σουκρόζη συνιστά τον κύριο υδατάνθρακα στο σπόρο του χαρουπιού, και η συγκέντρωση της μπορεί να φτάσει

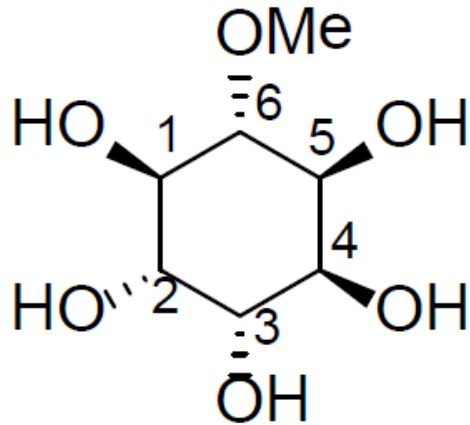


έως και τα 52 g/100 g¹*d.m. Οι συγκεντρώσεις της φρουκτόζης και της γλυκόζης είναι αντίστοιχα 1.8–12.5 g/100 g¹*d.m και 1.8–10.2 g/100 g¹*d.m. Τα σάκχαρα του χαρουπιού συνήθως χρησιμοποιούνται για την παραγωγή σιροπιού (Goulas et al, 2016).

Η γεωγραφική περιοχή στην οποία καλλιεργούνται τα χαρούπια και το στάδιο ωρίμανσης στο οποίο βρίσκονται επηρεάζουν την ποσότητα και όχι την ποιότητα των σακχάρων. Τα κύρια σάκχαρα που εντοπίζονται στους λοβούς του χαρουπιού είναι η σουκρόζη, η φρουκτόζη και η γλυκόζη. Κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης, παρατηρείται μικρή αύξηση της φρουκτόζης και της γλυκόζης και συσσώρευση της σουκρόζης. Στο τέλος της ωρίμανσης, εντοπίζονται οι υψηλότερες συγκεντρώσεις σακχάρων (Ben Othmen et al, 2019).

2.2.2 Κυκλιτόλες

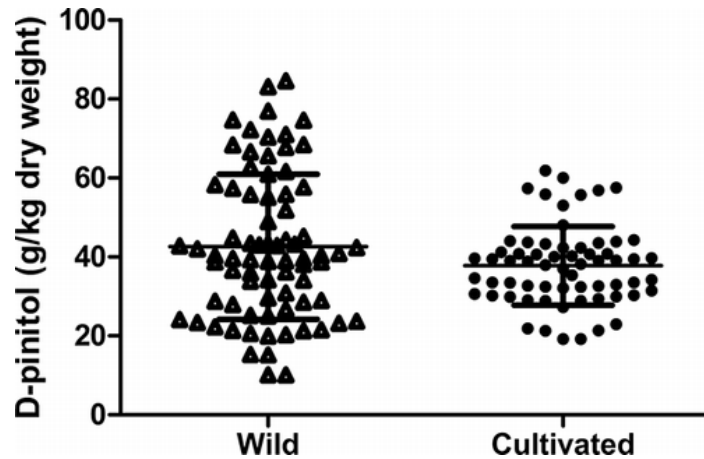
Ως κυκλιτόλες ορίζονται τα κυκλοαλκάνια που φέρουν ένα υδροξύλιο σε κάθε ένα από τα τρία ή περισσότερα άτομα άνθρακα του δακτυλίου. Η ανίχνευση μιας ποικιλίας κυκλιτολών με πολλά οφέλη για την υγεία έχει επιβεβαιωθεί με προηγούμενες μελέτες. Στον σπόρο του χαρουπιού, η κύρια κυκλιτόλη είναι η D-pinitol (3-O-methyl-D-chiro-inositol) με συγκεντρώσεις που κυμαίνονται από 1.0–8.5 g/100 g¹ d.m.). Η συγκέντρωση της D-pinitol επηρεάζεται από γενετικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες. Ειδικότερα, η μέση συγκέντρωση της D-pinitol στα άγρια είδη χαρουπιάς είναι υψηλότερη σε σχέση με τα καλλιεργούμενα. Η παρουσία της D-pinitol είναι εξαιρετικής σημασίας καθώς χρησιμοποιείται ως δείκτης για τη νοθεία του κακάου με σκόνη από χαρούπια. Επιπρόσθετα, ο σπόρος του χαρουπιού θεωρείται ως μια εξαιρετική δεξαμενή της d-pinitol με την διαδικασία της απομόνωσης να έχει κατοχυρωθεί με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας. Άλλες κυκλιτόλες όπως οι myo-inositol, d-(+)-chiro-inositol, ononitol (4-O-methyl-myio-inositol), sequoyitol (5-O-methyl-myio-inositol) και bornesitol (1-O-methyl-myio-inositol) έχουν ανιχνευτεί στο χαρούπι αλλά σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις (López-Sánchez et al, 2018).



Σχήμα 3: Χημική δομή της D-pinitol (López-Sánchez et al, 2018).

Η D-pinitol συμμετέχει σε μια ποικιλία σηματοδοτικών μονοπατιών που σχετίζονται με i) την αντικαρκινική δράση μέσω της αναστολής του TNF- α και του NF-kB ii) τη ρύθμιση της ινσουλίνης στον σακχαρώδη διαβήτη τύπου II iii) την αντιοξειδωτική δράση iv) την ηπατοπροστατευτική δράση v) την ανοσορύθμιση μέσω της εξισορρόπησης των Th1/Th2 κυτοκινών vi) την πρόληψη της οστεοπόρωσης μέσω των , μέσω των p38/JNK και NF-kB vii) και την καθυστέρηση της γήρανσης (López-Sánchez et al, 2018).

Στη μελέτη του Turhan (2013), οι συγκεντρώσεις της D-Pinitol σε καλλιεργούμενες και άγριες ποικιλίες χαρουπιού της Τουρκίας, κυμαίνονταν από 19.2 έως 61.9 g/kg και από 10.1 έως 84.6 g/kg, αντίστοιχα. Η μέση συγκέντρωση της D-pinitol για τους λοβούς καλλιεργούμενων και άγριων χαρουπιών ήταν 37.8 g/kg, και 42.6 g/kg αντίστοιχα. Η μέγιστη συγκέντρωση D-pinitol ήταν τα 84.6 g/kg σε λοβούς άγριων ποικιλιών χαρουπιού. Όσο αφορά τις συγκεντρώσεις της D-pinitol, σε σύγκριση με άλλα φρούτα, το χαρούπι παρουσιάζει καίρια πλεονεκτήματα καθώς έχει πολύ υψηλές συγκεντρώσεις ενώ η μέθοδος απομόνωσης είναι φθηνή και εύκολη.



Γράφημα 2: Συγκεντρώσεις D-pinitol (g/Kg ξηρού βάρους) σε καλλιεργούμενες και άγριες ποικιλίες χαρουπιού (Turhan, 2013).

Το σιρόπι χαρουπιού αποτελεί ένα παραδοσιακό προϊόν της Μεσογειακής λεκάνης το οποίο περιέχει υψηλές συγκεντρώσεις σακχάρων, φαινολικών συστατικών και ιχνοστοιχείων. Ειδικότερα, στη μελέτη των Tetik et al, (2011), αναλύθηκαν οι συγκεντρώσεις της d-pinitol των διαφορετικών σακχάρων σε 10 διαφορετικά δείγματα σιροπιών χαρουπιού που είναι διαθέσιμα στην αγορά της Τουρκίας. Οι μέσες τιμές της d-pinitol, της σουρόζης, της γλυκόζης και της φρουκτόζης ήταν αντίστοιχα 84.63 ± 10.73 , 385.90 ± 45.07 , 152.44 ± 21.72 και 162.03 ± 21.45 g/kg ξηρού βάρους. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το σιρόπι του χαρουπιού περιέχει σημαντικές ποσότητες και μπορεί να αποτελέσει κατάλληλη διατροφική πηγή της d-pinitol και δείκτη για την ανίχνευση νοθείας στο σιρόπι.

2.2.3 Διαιτητικές ίνες

Οι διαιτητικές ίνες αποτελούν μια ετερογενή ομάδα ουσιών οι οποίες διαχωρίζονται σε υδατοδιαλυτές και μη υδατοδιαλυτές. Οι διαιτητικές ίνες του χαρουπιού παράγονται με εκχύλιση με νερό, για να απομακρυνθεί η πλειοψηφία των υδατοδιαλυτών υδατανθράκων. Το συνολικό περιεχόμενο των διαιτητικών ινών στον πολτό του χαρουπιού κυμαίνεται από 30% έως 40%. Το μη υδατοδιαλυτό κλάσμα αποτελείται από



κυτταρίνη, ημικυτταρίνες, λιγνίνη και πολυφαινόλες. Η υψηλή συγκέντρωση των πολυφαινόλων διαφοροποιεί το χαρούπι σε σχέση με άλλες πηγές διαιτητικών ινών. Επίσης, οι διαιτητικές ίνες του χαρουπιού επηρεάζουν τη ρεολογία της ζύμης, όταν αυτό χρησιμοποιείται ως συστατικό σε προϊόντα αρτοποιίας (Nasar-Abbas et al, 2015).

2.2.4 Κόμμι

Το κόμμι του χαρουπιού (Locust bean gum, LBG) είναι μια άσπρη κρεμώδης σκόνη η οποία προέρχεται από το ενδοσπέρμιο του χαρουπιού. Αποτελείται από έναν υψηλού μοριακού βάρους πολυσακχαρίτη που συνιστάται από την γαλακτομαννάνη και η συγκέντρωση του μπορεί να φτάσει έως το 85% του σπόρου του χαρουπιού. Οι γαλακτομαννάνες αποτελούνται από μια γραμμική αλυσίδα συνδεδεμένων, με 1→4 δεσμούς, β-D-μαννοπυρανοζυλικών μονάδων, με α-D-γαλακτοπυρανοζυλικά μόρια, συνδεδεμένων με 1→6 δεσμούς ως πλευρικές αλυσίδες. Το μοριακό βάρος της είναι περίπου 310.000 kDa.

Πίνακας 5: Λειτουργικές ιδιότητες της γαλακτομαννάνης και οι εφαρμογές της (Batlle and Tous, 1997).

Λειτουργικές ιδιότητες	Παράδειγμα
Πρόσφυση	Χυμοί
Αναστολέας κρυστάλλωσης	Παγωτό, κατεψυγμένα τρόφιμα, ψωμί
Παράγοντας θόλωσης	Δημητριακά, ψωμί
Σταθεροποιητής αφρού	Παγωτό
Πηκτωματοποιητής	Πουτίγκα, γλυκά, είδη ζαχαροπλαστικής
Παράγοντας αποστείρωσης	Σάλτσες για σαλάτες, παγωτά
Διογκωτικός παράγοντας	Μεταποιημένα προϊόντα κρέατος
Συnergieστική δράση	Μαλακά τυριά, κατεψυγμένα τρόφιμα
Πυκνωτικό μέσο	Μαρμελάδες, σάλτσες, παιδικές τροφές



Η γαλακτόζη και η μανόζη είναι τα άλλα δύο συστατικά του LBG. Ειδικότερα, η αναλογία της γαλακτόζης προς τη μανόζη στο LBG υπολογίζεται μεταξύ 1:3.1–1:3.9 ενώ το περιεχόμενο της μανόζης και της γαλακτόζης είναι 77%–78% και 21%–23%, αντίστοιχα. Το μοριακό βάρος και η δομή των διαφορετικών γαλακτομαννάνων παίζουν σημαντικό ρόλο στη λειτουργικές ιδιότητες του LBG, όπως η διαλυτότητα, το ιξώδες, τη ρεολογία και την απορρόφηση του νερού (Goulas et al, 2016).

2.2.5 Πολυφαινόλες

Οι πολυφαινόλες είναι μια κατηγορία χημικών ουσιών που υπάρχουν φυσικά στα φυτά. Οι συγκεκριμένες ενώσεις έχουν στο μόριό τους, τουλάχιστον ένα αρωματικό δακτύλιο και ένα ή περισσότερα υδροξύλια, ενώ δρουν ως δότες υδρογόνου απενεργοποιώντας τις ελεύθερες λιπιδικές ρίζες, με συνέπεια να δεσμεύουν το μοριακό οξυγόνο, τα μέταλλα, καθώς και τις πολύ επικίνδυνες ελεύθερες ρίζες. Οι κύριες κατηγορίες πολυφαινόλων που εντοπίζονται στο χαρούπι είναι τα φαινολικά οξέα, οι γαλλοταννίνες και τα φλαβονοειδή (Paragiannopoulos et al, 2004).

Οι πολυφαινόλες του χαρουπιού εντοπίζονται κυρίως στην πούλπα, καθώς αυτή αντιπροσωπεύει το ~90% του λοβού του χαρουπιού. Η συγκέντρωση των πολυφαινόλων στο χαρούπι εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από γενετικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες (Loullis, & Pinakoulaki, 2017). Οι πολυφαινόλες μπορούν να εντοπιστούν σε ελεύθερη αλλά και συνδεδεμένη μορφή. Οι διαδικασίες απομόνωσης και ανάλυσης που επιλέγεται έχει επίδραση στη σύσταση των πολυφαινόλων του χαρουπιού. Η υψηλής πίεσης εκχύλιση με CO₂ ή αλλιώς υπερκριτική εκχύλιση συνιστά την πιο αποτελεσματική μέθοδο απομόνωσης καθώς προστατεύει τις πολυφαινόλες από την αποσύνθεση (Stavrou et al, 2018).



Πίνακας 6: Οι κύριες πολυφαινόλες του χαρουπιού (Goulas et al, 2016).

Πολυφαινόλες	Μέρος χαρουπιού που εντοπίζονται
Φαινολικά οξέα	
4-υδροξυβενζοϊκό οξύ	Πούλπα του λοβού
Καφεϊκό οξύ	Πούλπα του λοβού
Χλωρογενικό οξύ	Σπόρος
Κιναμωμικό οξύ	Διαιτητικές ίνες, πούλπα του λοβού
Κουμαρικό οξύ	Διαιτητικές ίνες, πούλπα του λοβού
Φερουλικό οξύ	Διαιτητικές ίνες, πούλπα του λοβού, σπόρος
Γαλλικό οξύ	Διαιτητικές ίνες, πούλπα του λοβού, σπόρος
Γεντισικό οξύ	Σπόρος
Συριγγικό οξύ	Πούλπα του λοβού, σπόρος
Φλαβονοειδή	
Απιγενίνη	Διαιτητικές ίνες, πούλπα του λοβού
Κατεχίνη	Πούλπα του λοβού, σπόρος
Χρυσοεριόλη	Διαιτητικές ίνες, πούλπα του λοβού
Εριοδικτυόλη	Πούλπα του λοβού
Γενιστεΐνη	Πούλπα του λοβού
Ισοραμνέτινο	Διαιτητικές ίνες, πούλπα του λοβού
Καμφερόλη	Διαιτητικές ίνες, πούλπα του λοβού
Λουτεολίνη	Διαιτητικές ίνες, πούλπα του λοβού
Μυρσετίνη	Σπόρος
Ναρινγενίνη	Διαιτητικές ίνες, πούλπα του λοβού
Κερσετίνη	Διαιτητικές ίνες, σπόρος
Τριασετίνη 3', 5'	Διαιτητικές ίνες, πούλπα του λοβού
Ταννίνες	
Επιγαλλοκατεχίνη	Διαιτητικές ίνες
Προδελφινιδίνη	Διαιτητικές ίνες



Το βενζοϊκό, το γαλλικό, το κιναμωμικό, το συριγγικό, και το γεντισικό οξύ αποτελούν τις πιο άφθονές πολυφαινόλες του χαρουπιού. Τα φλαβονοειδή συνιστούν την πιο ποικιλόμορφη ομάδα των πολυφαινόλων. Η βασική χημική δομή των φλαβονοειδών είναι ένας σκελετός 15 ατόμων άνθρακα, τα οποία είναι διατεταγμένα σε δύο βενζολικούς δακτυλίους (Α και Β) που ενώνονται μεταξύ τους με μία γέφυρα τριών ατόμων άνθρακα και από αυτή προκύπτει ένας ετεροκυκλικός πυρολικός δακτύλιος (C). Ανάλογα με την οξειδωτική κατάσταση του κεντρικού δακτυλίου, τα φλαβονοειδή μπορούν να διαχωριστούν περαιτέρω σε φλαβονόλες, φλαβόνες, φλαβανονόλες, φλαβανόλες ή κατεχίνες, ανθοκυανίνες και χαλκόνες. Το χαρούπι είναι ιδιαίτερα πλούσιο σε φλαβονόλες όπως οι κερσετίνη, μυρισετίνη και καμφερόλη. Η παρουσία των φλαβονών (απιγενίνη, λουτεολίνη, χρυσοεριόλη) και των φλαβανολών (ναρινγενίνη) είναι σχετικά μικρή στο χαρούπι (Owen et al, 2003).

Οι ταννίνες αποτελούν την χαρακτηριστική ομάδα των πολυφαινόλων του χαρουπιού. Στο χυμό χαρουπιού η συγκέντρωση των ταννινών είναι δέκα φορές υψηλότερη σε σχέση με το χυμό σταφυλιού ενώ μειώνεται με την ωρίμανση του φρούτου. Οι ταννίνες, μπορούν να διαχωριστούν σε υδρολύσιμες ταννίνες (ελλαγικές ή γαλλικές ταννίνες) και συμπυκνωμένες ταννίνες. Οι υδρολύσιμες ταννίνες είναι πολλαπλοί εστέρες του ελλαγικού ή του γαλλικού οξέος με τη γλυκόζη ενώ οι συμπυκνωμένες ταννίνες είναι μη υδρολύσιμες ολιγομερή ή πολυμερή των προανθοκυανιδινών. Οι λοβοί του χαρουπιού περιέχουν κατά μέσο όρο 2.75 mg συμπυκνωμένων ταννινών/ g και 0.95 mg υδρολύσιμων ταννινών /g. Το φύτρο περιέχει μεγαλύτερες συγκεντρώσεις ταννινών (16.2 mg συμπυκνωμένων ταννινών /g and 2.98 mg υδρολύσιμων ταννινών /g), ενώ η συγκέντρωσή τους στον υπόλοιπο σπόρο του χαρουπιού είναι πολύ μικρή. Από χημική άποψη, οι ταννίνες του χαρουπιού είναι κυρίως συμπυκνωμένες ταννίνες (προανθοκυανιδίνες) (Goulas et al, 2016).



2.2.6 Αμινοξέα

Τα κυριότερα αμινοξέα που ανιχνεύονται στο χαρούπι περιλαμβάνουν τα ασπαρτικό οξύ, γλουταμικό οξύ, σερίνη, γλυκίνη, ιστιδίνη, ασπαραγίνη, αργινίνη, θρεονίνη, αλανίνη, τυροσίνη, βαλίνη, προλίνη, μεθειονίνη, ισολευκίνη, λευκίνη, κυστεΐνη, φαινυλαλανίνη και λυσίνη. Το ασπαρτικό οξύ, η ασπαραγίνη, η αλανίνη, το γλουταμικό οξύ, η λευκίνη και η βαλίνη συνιστούν το 57% του συνολικού αμινοξικού περιεχομένου των λοβών. Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας, το χαρούπι αποτελεί μια καλή πηγή αμινοξέων καθώς περιέχει και τα επτά βασικά αμινοξέα σε κατάλληλες συγκεντρώσεις (θρεονίνη, μεθειονίνη, βαλίνη, ισολευκίνη, λευκίνη, φαινυλαλανίνη και λυσίνη) (Ayaz et al, 2009).

2.2.7 Ιχνοστοιχεία

Το χαρούπι αποτελεί μια σημαντική πηγή ασβεστίου. Η συγκέντρωση του ασβεστίου έως και 300 mg 100 g⁻¹ ξηρού βάρους. Λαμβάνοντας υπόψη ότι το αγελαδινό γάλα κατά μέσο όρο περιέχει 1200 mg ασβεστίου ανά λίτρο, μια μερίδα χαρουπιού περιέχει σχεδόν ανάλογη συγκέντρωση ασβεστίου με ένα ποτήρι γάλα (Goulas et al, 2016). Το αυξημένο Ca που περιέχεται στα χαρούπια συντελεί στην ανάπτυξη και διατήρηση ισχυρών οστών και οδοντοφυΐας. Το ασβέστιο αποτελεί ένα από τα πιο σημαντικά μεταλλικά στοιχεία στον ανθρώπινο οργανισμό. Το 99% της συγκέντρωσης του ασβεστίου εντοπίζεται στα οστά και στα δόντια ενώ το υπόλοιπο βρίσκεται στο εξωκυττάριο υγρό και μέσα στα κύτταρα. Το ασβέστιο αποτελεί αναπόσπαστο συστατικό του σκελετού και ο σκελετός παρέχει μια δεξαμενή ασβεστίου για το σχηματισμό και την αναδιαμόρφωση των οστών και για άλλες βασικές λειτουργίες που εξαρτώνται από το ασβέστιο σε όλο το σώμα. Το ασβέστιο, ως μέρος του σκελετού, είναι κρίσιμο για τη δομή του και είναι απαραίτητο για την ακαμψία, τη δύναμη και την ελαστικότητα του σκελετικού ιστού. Αυτή η λειτουργία επιτρέπει την κανονική κίνηση και άσκηση. Επιπλέον, ο σκελετός λειτουργεί ως πηγή ιχνοστοιχείων και ως εκ τούτου είναι κρίσιμη για την ολική ομοιόσταση. Ταυτόχρονα, ο μυελός των οστών αποτελεί την κύρια θέση για



την ανάπτυξη αιματοποιητικών κυττάρων και κυττάρων του ανοσοποιητικού συστήματος. (Institute of Medicine, 2011).

Επίσης, το χαρούπι αποτελεί μια σημαντική πηγή καλίου. Το περιεχόμενο σε κάλιο κυμαίνεται από 970 mg 100 g⁻¹ ξηρού βάρους έως 1120 mg 100 g⁻¹ ξηρού βάρους. Το κάλιο είναι το κύριο ενδοκυττάριο κατιόν. Το 90% του ολικού καλίου του σώματος είναι ελεύθερο και επομένως ανταλλάξιμο ενώ το υπόλοιπο δεσμεύεται στα ερυθρά κύτταρα του αίματος, τα οστά και τον εγκέφαλο. Η συγκέντρωσή του στο ενδοκυττάριο διαμέρισμα κυμαίνεται μεταξύ 140-160mEq/L, ενώ στο εξωκυττάριο διαμέρισμα μεταξύ 3.5-5.5mEq/L Η διαφορά της συγκέντρωσης του ενδοκυττάρου-εξωκυττάρου K⁺ είναι ρυθμιστής της διατήρησης του δυναμικού ηρεμίας της κυτταρικής μεμβράνης. Το K⁺, επίσης, παίζει σημαντικό ρόλο στο μεταβολισμό του κυττάρου συμμετέχοντας μεταξύ άλλων στη σύνθεση των πρωτεϊνών και του γλυκογόνου Το ισοζύγιο του εξωκυτταρικού καλίου ελέγχεται πρωταρχικά από τους νεφρούς, και σε λιγότερο βαθμό από το γαστρεντερικό σωλήνα. Η φυσιολογική πρόσληψη καλίου σχετίζεται τη μείωση της αρτηριακής πίεσης στους ενήλικες, γεγονός που με τη σειρά του επηρεάζει τον κίνδυνο εγκεφαλικού επεισοδίου και στεφανιαίας νόσου. Επίσης, υπάρχουν μελέτες για την προστατευτική επίδραση του επαρκούς διαιτητικού καλίου στην οστική απώλεια που σχετίζεται με την ηλικία και στη μείωση της λειτουργίας των νεφρών. (Weaver, 2013).

Σε μικρότερες συγκεντρώσεις, ανιχνεύονται στο χαρούπι φώσφορος και μαγνήσιο. Επιπλέον, εντοπίζονται μικροποσότητες σιδήρου, χαλκού, ψευδαργύρου, μαγγανίου, νικελίου και κοβαλτίου, με αυτή του σιδήρου να έχει τη μεγαλύτερη συγκέντρωση συγκριτικά. Τα ιχνοστοιχεία περιέχονται σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις στους σπόρους, σε σύγκριση με τους λοβούς (Goulas et al, 2016). Ο σίδηρος αποτελεί βασικό συστατικό όλων των έμβιων οργανισμών το οποίο εμπλέκεται σε ένα ευρύ φάσμα βιολογικών αντιδράσεων κρίσιμων για την κυτταρική λειτουργία ενώ παίζει θεμελιώδη ρόλο στη μεταφορά οξυγόνου. Οι διαταραχές της ομοιόστασης του σιδήρου αποτελούν συχνό φαινόμενο. Αν και είναι το τέταρτο πιο άφθονο στοιχείο του φλοιού της Γης, η



βιοδιαθεσιμότητα του σιδήρου είναι πολύ χαμηλή και παρά τις χαμηλές ημερήσιες ανάγκες, η ανεπάρκεια σιδήρου αποτελεί την πιο κοινή διατροφική διαταραχή στον κόσμο. Ο σίδηρος των τροφών απορροφάται στο δωδεκαδάκτυλο και την εγγύς νήστιδα με τη μορφή του δισθενούς σιδήρου (Fe^{2+}). Στις τροφές, ο σίδηρος απαντά κυρίως ως τρισθενής (Fe^{3+}) και λιγότερο (10-15%) ως δισθενής σίδηρος αίμης (Fe^{2+}). Τροφή πλούσια σε κρέας (σίδηρος αίμης) και όξινο pH ευνοούν την απορρόφηση του σιδήρου. Αρχικά, ο Fe^{3+} ανάγεται σε Fe^{2+} , μέσω του κυτοχρώματος b (αναγωγάσης του δωδεκαδακτύλου), και μεταφέρεται στα κύτταρα του εντερικού επιθηλίου με τον μεταφορέα δισθενών μετάλλων (DMT1 ή DCT1). Στη συνέχεια, ο Fe^{2+} εξέρχεται στο πλάσμα ή αποθηκεύεται στα κύτταρα του εντερικού επιθηλίου με τη μορφή της φερριτίνης. Πριν από την έξοδό του στο πλάσμα, ο σίδηρος οξειδώνεται σε Fe^{3+} με τη δράση μιας ενδοοξειδάσης και εξέρχεται από την φερροπορτίνη (Tandara L., et al., 2012). Στη μελέτη των Ben Othmen et al, (2019), οι συγκεντρώσεις των ιχνοστοιχείων ήταν υψηλότερες στα άγουρα χαρούπια σε σχέση με τα ώριμα, εκτός από το μαγνήσιο και τον ψευδάργυρο, των οποίων οι συγκεντρώσεις ήταν σταθερές, ανεξάρτητα από το στάδιο ωρίμανσης. Σύμφωνα με τους Khelifa et al (2013), το χαρούπι περιέχει σημαντικές ποσότητες καλίου, ασβεστίου και πολυφαινόλων που μπορεί να δράσουν θετικά στη διατροφή και στην υγεία.

Πίνακας 7: Η σύσταση τριών διαφορετικών κυπριακών ποικιλιών χαρουπιού σε ιχνοστοιχεία (mg/100 g) (Papaefstathiou et al, 2018).

Ποικιλίες χαρουπιού	Ιχνοστοιχεία (mg/100 g)								
	Ca	K	Mg	Na	P	Cu	Fe	Mn	Zn
Κουμπότα (πούλπα)	215	921	50	2.5	65	0.26	0.65	0.38	0.68
Κουντούρκα (πούλπα)	295	870	44	3.2	57	0.20	0.63	0.44	0.74
Τυλλίριος (πούλπα)	204	919	47	1.8	60	0.28	0.66	0.36	0.79
Συνιστώμενη ημερήσια πρόσληψη (mg/100 g)	800	2000	375	–	700	1	14	2	10



Sigge et al., 2011	135.67– 302.67	852.33– 1091.33	55.00– 99.00	4.41– 14.45	44.00– 92.33	0.07– 0.23	0.47– 0.98	0.59– 1.23	0.11– 0.69
Khelifa et al., 2013	266.6– 327	993.6– 1042	82.75– 103	8.47– 12.78	68.2– 79.7	0.29– 0.03	1.78– 2.26	0.23– 0.30	0.41– 0.52

2.2.8 Καρουβίνη

Η καρουβίνη συνιστά ένα πρωτεϊνικό μίγμα το οποίο εντοπίζεται σε υψηλή συγκέντρωση στο φύτρο του χαρουπιού. Οι πρωτεΐνες από τις οποίες αποτελείται είναι αδιάλυτες στο νερό ενώ έχουν διαφορετικό μέγεθος και βαθμό πολυμερισμού. Τα αμινοξέα που εντοπίζονται περιλαμβάνουν την αργινίνη, τη κυστεΐνη, τη λυσίνη, το ασπαρτικό οξύ, τη φαινυλαλανίνη και την προλίνη. Παρά το γεγονός ότι η καρουβίνη μπορεί να αποτελέσει υποκατάστατο των πρωτεϊνών γάλακτος και σόγιας στα τρόφιμα, η χρήση της είναι μειωμένη (Custódio et al., 2011).

2.2.9 Βιταμίνες

Το χαρουπάλευρο αποτελεί καλή πηγή των βιταμινών E, D, C, της νιασίνης, της B6, και του φυλλικού οξέος. Σε χαμηλότερες συγκεντρώσεις εντοπίζονται οι βιταμίνες A, B2 και B12 (Papaefstathiou et al, 2018).

Πίνακας 8: Μέσες τιμές των συγκεντρώσεων των βιταμινών που εντοπίζονται στο χαρουπάλευρο (Youssef et al, 2013).

Βιταμίνες	Μονάδα μέτρησης
<i>Λιποδιαλυτές</i>	μg / 100 g
A	1.407
E	5.377
D	4.9
<i>Υδατοδιαλυτές</i>	mg / 100 g



C	830.08
B2	0.38
Νιασίνη	185.68
B6	23.80
Φυλλικό οξύ	41.97
B12	1.30

Οι λιποδιαλυτές βιταμίνες, συμπεριλαμβανομένων των βιταμινών A, D και E, απαιτούνται για μια ευρεία ποικιλία φυσιολογικών λειτουργιών. Τις τελευταίες δύο δεκαετίες, οι ανεπάρκειες αυτών των βιταμινών έχουν συσχετιστεί με αυξημένο κίνδυνο καρκίνου, σακχαρώδη διαβήτη τύπου II και με πολλές διαταραχές του ανοσοποιητικού συστήματος (Albahrani & Greaves, 2016).

Η μέση συγκέντρωση της βιταμίνης E στο χαρούπι είναι 5.377 $\mu\text{g} / 100 \text{g}$ (Youssef et al, 2013). Η Συνιστώμενη Διαιτητική Πρόσληψη (RDA) για τη βιταμίνη E είναι τα 15 mg (22 IU; 35 μmol) ημερησίως σε ενήλικες, 4 mg σε νεογνά από 0 έως 6 μηνών, 5 mg σε παιδιά από 7 έως 12 μηνών, 6 mg από 1 έως 3 ετών, 7 mg από 4 έως 8 ετών, 11 mg από 9 έως 13 ετών και 15 mg για εφήβους πάνω από 14 ετών (National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases, 2012). Η βιταμίνη E είναι μέρος μιας οικογένειας ενώσεων γνωστών ως τοκοφερόλες. Η οικογένεια αποτελείται από τέσσερις κύριες μορφές, τις α , β , γ και δ με την α τοκοφερόλη να παρουσιάζει την υψηλότερη βιολογική δραστηριότητα. Μία από τις μοναδικές ιδιότητες της βιταμίνης E είναι η αντιοξειδωτική της λειτουργία μέσω της ικανότητάς της να προστατεύει τον οργανισμό από τις ελεύθερες ρίζες. συμβάλλει στην καλή λειτουργία του ανοσοποιητικού συστήματος και έχει δειχθεί ότι συμβάλλει στον πολλαπλασιασμό των κυττάρων και την έκφραση των γονιδίων. Η κύρια διαιτητική πηγή της Βιταμίνης E για τους ανθρώπους είναι τα φυτικά έλαια, παρόλο που επιπλέον βρίσκεται στα δημητριακά, τα γαλακτοκομικά και τα αυγά. (Albahrani & Greaves, 2016). Εκτός από τις αντιοξειδωτικές δράσεις της βιταμίνης E, πρόσφατες μελέτες έχουν αναδείξει και επιπρόσθετες λειτουργίες. Η βιταμίνη E είναι σημαντική για τη διατήρηση της φυσιολογικής



μορφολογίας των ερυθροκυττάρων και στην επιβράδυνση της διαδικασίας της γήρανσης. Επιπλέον, η βιταμίνη Ε αναστέλλει την δημιουργία συσσωματώσεων αιμοπεταλίων και επομένως μπορεί να διαδραματίσει προστατευτικό ρόλο κατά της αθηροσκληρωτικής διαδικασίας και της καρδιαγγειακής νόσου. Έχει επίσης υποδειχθεί ότι η βιταμίνη Ε έχει προστατευτικό ρόλο κατά της αρθρίτιδας, του καταρράκτη, των νευρολογικών παθήσεων και των ανοσολογικών διαταραχών. Η βιταμίνη Ε έχει συνδεθεί με την πρόληψη του καρκίνου, λόγω της συμμετοχής της σε ποικίλες βιολογικές δραστηριότητες, ως αντιοξειδωτικό και ως αντιφλεγμονώδες. Φαίνεται ότι αυτό πραγματοποιείται χάρη στην προστατευτική δράση της βιταμίνης Ε και ειδικά της γ-τοκοφερόλης απέναντι στα λιπαρά οξέα της μεμβράνης και των λιποπρωτεϊνών πλάσματος από την προσβολή των ελεύθερων ριζών. Η βιταμίνη Ε έχει επίσης συνδεθεί με την καταστολή της σύνθεσης φλεγμονώδων παραγόντων όπως οι TNF, IL-1, IL-6 και IL-8. Επιπλέον, σε ανθρώπινες κυτταρικές σειρές καρκίνου του μαστού η βιταμίνη Ε έχει δειχθεί ότι έχει αποπτωτικά και ανασταλτικά αποτελέσματα στην ανάπτυξη των καρκινικών κυττάρων (Rizvi et al, 2014). Η ανεπάρκεια σε βιταμίνη Ε, εμφανίζεται λόγω ανεπαρκούς διατροφικής πρόσληψης, σύνδρομο δυσαπορρόφησης της και μολυσματικών ασθενειών όπως είναι η ελονοσία και το AIDS. Η ανεπάρκεια της βιταμίνης Ε είναι συχνή και ενδεικτικά υπολογίζεται στο 55.5% των ενήλικων άνω των 65 ετών στην Ταϊλάνδη (Assantachai et al, 2007) και στο 64% Ελλήνων που ζουν σε αστικές περιοχές (Leotsinidis et al, 2000).

Η μέση συγκέντρωση της βιταμίνης Α στο χαρούπι είναι 1.407 $\mu\text{g} / 100 \text{ g}$ (Youssef et al, 2013). Η Συνιστώμενη Διαιτητική Πρόσληψη (RDA) για τη βιταμίνη Α είναι τα 700 με 900 $\mu\text{g}/\text{ημερησίως}$ (~2300 to 4300 IU) σε ενήλικες και από 300 έως 700 $\mu\text{g}/\text{day}$ (~1000- 2000 IU) σε παιδιά (National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases, 2012). Η βιταμίνη Α, γνωστή και ως ρετινόλη, είναι μια λιποδιαλυτή βιταμίνη και αποτελεί απαραίτητο θρεπτικό συστατικό για τον άνθρωπο. Προσλαμβάνεται αμιγώς ως βιταμίνη Α από τρόφιμα ζωικής προέλευσης αλλά και ως προβιταμίνη Α (β-καροτένιο ή άλλα καροτενοειδή) από φυτικής προελεύσεως τρόφιμα. Σημαντικές πηγές βιταμίνης Α είναι το συκώτι, το μωρουνέλαιο, ο κρόκος του αυγού, το βούτυρο, η εμπλουτισμένη μαργαρίνη, τα λιπαρά ψάρια, τα γαλακτοκομικά προϊόντα. Η έλλειψη βιταμίνης Α αποτελεί ένα σοβαρό και διαδεδομένο πρόβλημα δημόσιας υγείας και η κύρια



αιτία πρόκλησης τύφλωσης σε μικρά παιδιά. Συνδέεται επίσης με αυξημένα ποσοστά θανάτου από σοβαρές λοιμώξεις, ιδίως στις αναπτυσσόμενες χώρες. Η έλλειψη βιταμίνης Α μπορεί να οδηγήσει σε σειρά οφθαλμικών συμπτωμάτων, σε αναιμία και σε αύξηση της εμφάνισης λοιμώξεων που μπορεί να οδηγήσουν και στο θάνατο. Η κυτταρική ανάπτυξη, η όραση, η ανάπτυξη και ο φυσιολογικός μεταβολισμός συγκαταλέγονται στις ζωτικές διαδικασίες που υποστηρίζονται επαρκώς με την παρουσία της βιταμίνης Α. Η έλλειψη βιταμίνης Α οδηγεί σε εξασθενημένη λειτουργία των ιστών, ιδιαίτερα κατά τις αναπτυξιακές περιόδους της βρεφικής ηλικίας, της παιδικής ηλικίας, της εγκυμοσύνης και της γαλουχίας (Wiseman et al, 2016).

Η μέση συγκέντρωση της βιταμίνης D στο χαρούπι είναι 4.9 μg / 100 g (Youssef et al, 2013). Η Συνιστώμενη Διαιτητική Πρόσληψη (RDA) για τη βιταμίνη D είναι τα 600 IU (~15 μg) σε άτομα έως 70 ετών και 800 IU (~20 μg) ημερησίως για άτομα πάνω από 70 ετών (National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases, 2012). Η βιταμίνη D είναι μια λιποδιαλυτή βιταμίνη που βοηθά στην απορρόφηση του ασβεστίου από τον οργανισμό και είναι σημαντική για την ανάπτυξη του σκελετού του εμβρύου. Πλούσιες πηγές βιταμίνης D αποτελούν τα λιπαρά ψάρια (π.χ., σαρδέλα, γαύρος) και ο κρόκος του αυγού. Η βιταμίνη αυτή συντίθεται, κυρίως, από τον οργανισμό μέσω της έκθεσης στο ηλιακό φως. Ανεξάρτητα από την πηγή της βιταμίνης D, απαιτείται περαιτέρω επεξεργασία της για να σχηματιστεί η ενεργή μορφή της. Ειδικότερα, η βιταμίνη D₃ (χοληκαλσιφερόλη) υφίσταται δύο διαδοχικές υδροξυλιώσεις, μία αρχικά στο ήπαρ, όπου μετατρέπεται σε καλσιδιόλη (25(OH)D₃), και έπειτα στους νεφρούς, όπου μετατρέπεται σε καλσιτριόλη (1,25(OH)D₃), τη δραστική μορφή της βιταμίνης D. Η καλσιτριόλη λειτουργεί στον οργανισμό ως στεροειδής ορμόνη και δρα σε διάφορους ιστούς, όπως το έντερο, τους νεφρούς, τα οστά, την καρδιά, τους μύες, τον εγκέφαλο, τα κύτταρα του ανοσοποιητικού συστήματος, ρυθμίζοντας την έκκριση άλλων ουσιών, ενώ ελέγχει, άμεσα ή έμμεσα, περισσότερα από 200 γονίδια, συμπεριλαμβανομένων και αυτών που είναι υπεύθυνα για τη ρύθμιση του κυτταρικού πολλαπλασιασμού, της κυτταρικής διαφοροποίησης, της απόπτωσης και της αγγειογένεσης. Η ανεπάρκεια σε βιταμίνη D είναι συχνή κατά την εγκυμοσύνη, στα άτομα που ακολουθούν μια χορτοφαγική διατροφή ή που ζουν σε βόρειες περιοχές και δεν εκτίθενται στο ηλιακό φως. Η βιταμίνη D



διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην υγεία των οστών, καθώς συντελεί στην απορρόφηση και τη χρησιμοποίηση του ασβεστίου. Μελέτες δείχνουν ότι άτομα με έλλειψη βιταμίνης D έχουν αυξημένο κίνδυνο κατάγματος και χαμηλές πυκνότητες οστικής μάζας. Τα «λιπαρά» ψάρια, όπως ο ξιφίας, η πέστροφα, ο σολομός και ο τόνος περιέχουν σημαντικές ποσότητες βιταμίνης D. Υπάρχουν όμως και τροφές-προϊόντα που είναι τεχνητά εμπλουτισμένες με βιταμίνη D, όπως γαλακτοκομικά, γάλα σόγιας, χυμοί και δημητριακά. (Kennel et al, 2010).

Η μέση συγκέντρωση της βιταμίνης C στο χαρούπι είναι 830.08 mg / 100 g (Youssef et al, 2013).

Η Συνιστώμενη Διαιτητική Πρόσληψη (RDA) για τη βιταμίνη C είναι τα 90 mg σε ενήλικες άνδρες και τα 70 mg σε γυναίκες (National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases, 2012). Η βιταμίνη C ή αλλιώς ασκορβικό οξύ είναι μια σημαντική υδατοδιαλυτή βιταμίνη η οποία ενεργεί ως σημαντικό αντιοξειδωτικό. Η βιταμίνη C οξειδώνεται και καταστρέφεται εύκολα από οξυγόνο, τα αλκάλια και την υψηλή θερμοκρασία. Η βιταμίνη C απαιτείται για ποικίλες φυσιολογικές λειτουργίες. Βοηθά στη σύνθεση και τον μεταβολισμό της τυροσίνης, του φολικού οξέος και της τρυπτοφάνης, της υδροξυλίωσης της γλυκίνης, της προλίνης, της λυσίνης, της καρνιτίνης και της κατεχολαμίνης. Διευκολύνει τη μετατροπή της χοληστερόλης σε χολικά οξέα και επομένως μειώνει τα επίπεδα χοληστερόλης στο αίμα. Αυξάνει επίσης την απορρόφηση του σιδήρου στο έντερο. Επιπλέον, ως αντιοξειδωτικό, προστατεύει το σώμα από διάφορες επιβλαβείς επιδράσεις των ελεύθερων ριζών. Η έλλειψη αυτής της βιταμίνης συχνά συνδέεται με την αναιμία, τις λοιμώξεις, τα αιμορραγικά ούλα, το σκορβούτο, την κακή επούλωση πληγών, την τριχοειδή αιμορραγία, τον εκφυλισμό των μυών, τις αρτηριοσκληρωτικές πλάκες και τις νευρωτικές διαταραχές. Για τη διόρθωση της ανεπάρκειας, η βιταμίνη C συμπληρώνεται συχνά σε μεγάλες δόσεις και σε αντίθεση με τις λιποδιαλυτές βιταμίνες, η τοξικότητα είναι σπάνια (Chambial et al, 2013).

Η μέση συγκέντρωση της νιασίνης στο χαρούπι είναι 185.68 mg / 100 g (Youssef et al, 2013). Η νιασίνη (νικοτινικό οξύ) είναι ένα βασικό σύμπλοκο της Β βιταμίνης (B3), της οποίας η ανεπάρκεια οδηγεί στο κλινικό σύνδρομο γνωστό ως πελλάγρα. Το νικοτιναμίδιο (νιασιναμίδη), το δραστικό συστατικό, είναι η φυσιολογικός ενεργός μορφή



της νιασίνης και είναι η χημική μορφή της βιταμίνης B3 που βρίσκεται σε όλα σχεδόν τα προϊόντα πολυβιταμινών. Η Συνιστώμενη Διαιτητική Πρόσληψη (RDA) είναι για τους ενήλικες 14 με 16 mg ημερησίως για τους ενήλικες και 18 mg για τις έγκυες γυναίκες (National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases, 2012).

Η μέση συγκέντρωση της βιταμίνης B6 στο χαρούπι είναι 23.80 mg / 100 g (Youssef et al, 2013). Η Συνιστώμενη Διαιτητική Πρόσληψη (RDA) είναι για τους ενήλικες 1,3 με 2 mg ημερησίως (National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases, 2012). Η βιταμίνη B6 ή αλλιώς πυριδοξίνη είναι μια υδατοδιαλυτή βιταμίνη, που ανήκει στο σύμπλεγμα των βιταμινών B. Η βιταμίνη B6 συμβάλλει στη φυσιολογική σύνθεση του αμινοξέος κυστεΐνη, στη φυσιολογική λειτουργία του μεταβολισμού της ενέργειας στο σώμα, στη φυσιολογική λειτουργία του νευρικού συστήματος, στον μεταβολισμό της ομοκυστεΐνης, των πρωτεϊνών και του γλυκογόνου, στο σχηματισμό ερυθρών αιμοσφαιρίων και στη λειτουργία του ανοσοποιητικού συστήματος. Βρίσκεται στο σιτάρι, στα φρούτα, στα καρότα, στο κρέας, στα όσπρια, στα λιπαρά ψάρια, στο σπανάκι στο κοτόπουλο και στον αρακά.

Η μέση συγκέντρωση του φυλλικού οξέος στο χαρούπι είναι 41.97 mg / 100 g (Youssef et al, 2013). Η Συνιστώμενη Διαιτητική Πρόσληψη (RDA) για το φυλλικό οξύ, είναι τα 400 μg για άνδρες και γυναίκες με προτεινόμενες υψηλότερες προσλήψεις στις περιπτώσεις της εγκυμοσύνης και των ηλικιωμένων (National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases, 2012). Το φυλλικό οξύ αποτελεί μια υδατοδιαλυτή βιταμίνη του συμπλέγματος B της οποίας μακροχρόνια έλλειψη οδηγεί στην εμφάνιση μεγαλοβλαστικής αναιμίας. Η απορρόφηση του φυλλικού οξέος διαφέρει ανάλογα με την πηγή προέλευσης του. Η λειτουργική μορφή του είναι αυτή του τετραυδροφυλλικού οξέος. Οι κύριες διατροφικές πηγές του φυλλικού οξέος περιλαμβάνουν τα φυλλώδη λαχανικά (σπαράγγια, μπρόκολο, σπανάκι, λάχανο), τα φρούτα (πορτοκάλια, λεμόνια, γκρέιπ φρουτ), τα εμπλουτισμένα δημητριακά, τα ψάρια, τα όσπρια, το ήπαρ και οι



νεφροί. Οι καθημερινές απαιτήσεις του οργανισμού σε φυλλικό οξύ κυμαίνονται από 50 με 100 mcg. Σημειώνεται ότι η βιοδιαθεσιμότητα του φυλλικού οξέος εξαρτάται από την υδρόλυση της πολυγλουταμικής μορφής του στη μονογλουταμική, γεγονός που ενισχύει την απορρόφηση του από το λεπτό έντερο. Οι βιολογικές λειτουργίες του φυλλικού οξέος περιλαμβάνουν τη μετατροπή της σερίνης σε γλυκίνη, τον καταβολισμό της ιστιδίνης, την σύνθεση της πουρίνης και τη σύνθεση της μεθειονίνης και της μονοφωσφορικής δεοξυθυμιδίνης (dTMP) (Castellanos-Sinco H., et al., 2015).

Η μέση συγκέντρωση της βιταμίνης B12 ή κυανοκοβαλαμίνης στο χαρούπι είναι 1,30 mg / 100 g (Youssef et al, 2013). Η Συνιστώμενη Διαιτητική Πρόσληψη (RDA) είναι τα 2.4 μg ημερησίως σε ενήλικες (National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases, 2012). Οι κυριότερες διατροφικές πηγές της βιταμίνης B12 είναι το κρέας και τα γαλακτοκομικά προϊόντα. Η δομή της αποτελείται από ένα νουκλεοτίδιο και ένα δακτύλιο κορρίνης που εμπεριέχει ένα άτομο κοβαλτίου. Η απορρόφηση της βιταμίνης γίνεται στον ειλέο και εξαρτάται από τη σύνδεσή της με τον ενδογενή παράγοντα IF, ο οποίος εκκρίνεται από τα κύτταρα του στομάχου. Στο έντερο, το σύμπλεγμα IF-B12 συνδέεται με την κουβιλίνη και την πρωτεΐνη amnionless, οι οποίες εξασφαλίζουν την σύνδεση του συμπλέγματος με τους κατάλληλους υποδοχείς στα κύτταρα του ειλεού και την μέσω αυτών απόδοσή του στην κυκλοφορία. Η μεταφορά της βιταμίνης B12 στο ήπαρ, όπου και αποθηκεύεται, και στα αιμοποιητικά κύτταρα γίνεται με την τρανσκοβαλαμίνη του πλάσματος. Η ανεπάρκεια σε B12 μπορεί να οφείλεται καταρχήν σε θρεπτική ανεπάρκεια. Η ανεπαρκής πρόσληψη της B12 είναι συχνή στους ηλικιωμένους, στους αλκοολικούς και σε όσους ακολουθούν χορτοφαγική διατροφή. Η δυσαπορρόφηση της B12 μπορεί να οφείλεται επίσης σε παρατεταμένη χρήση αναστολέων αντλίας πρωτονίων και αποκλειστών των H₂ υποδοχέων της ισταμίνης. Επιπρόσθετα, ανεπάρκεια σε B12 μπορεί να εμφανιστεί λόγω έλλειψης του ενδογενούς παράγοντα που οφείλεται σε κακοήγησ αναιμία, ατροφική γαστρίτιδα ή μετά από γαστρεκτομή. Άλλα γαστρεντερικά αίτια είναι η ειλεϊκή δυσαπορρόφηση, η εντερίτιδα (νόσος του Crohn), η εκτομή ειλεού και η μόλυνση με ταινία. Η μεγαλοβλαστική αναιμία οφείλεται σε ανεπάρκεια B12, η οποία προκαλεί συχνά νευρολογικά συμπτώματα καθώς και γαστρεντερικές διαταραχές. Τα νευρολογικά συμπτώματα περιλαμβάνουν



Δήμητρα Κηπαράκη Αδαμαντία Τσιροπούλου, Η θρεπτική αξία του χαρουπιού και τα πιθανά οφέλη του στην υγεία

παραισθησίες, μούδιάσματα, εξασθενημένη αίσθηση προσανατολισμού και διανοητική σύγχυση. Η μεγαλοβλαστική αναιμία αποτελεί το αποτέλεσμα της δυσλειτουργίας της σύνθεσης και επιδιόρθωσης του DNA (Nagao & Hirokawa, 2017).

Πίνακας 9: Προτεινόμενη διατροφική πρόσληψη του φυλλικού οξέος και της βιταμίνης B12 σε διαφορετικές ομάδες με βάση την ηλικία και το φύλο (Castellanos-Sinco H., et al., 2015).

Πληθυσμιακές ομάδες	Φυλλικό οξύ (mcg)	Βιταμίνη B12 (mcg)
Ενήλικες	400	2
Έγκυες	600	2.6
Θηλάζουσες	500	2.6
Παιδιά και έφηβοι	50–200	0.4–1.8



3.Οφέλη για την υγεία

3.1 Το χαρούπι ως «υπερτροφή»

Αναλύοντας τα διατροφικά χαρακτηριστικά του χαρουπιού είναι εύκολα αντιληπτό, γιατί χαρακτηρίζεται ως «υπερτροφή». Αποτελεί άμεση πηγή ενέργειας χάρη στην υψηλή του περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες και συγκεκριμένα σε γλυκόζη και σακχαρόζη ενώ είναι πλούσιο σε φυτικές ίνες. Αποτελεί μια σημαντική πρωτεϊνική πηγή και δεν περιέχει σχεδόν καθόλου λίπος. Περιέχει μια σειρά βιταμινών και ιχνοστοιχείων, όπως είναι η βιταμίνη Α, οι βιταμίνες του συμπλέγματος Β, το κάλιο, ο φώσφορος, το ασβέστιο, το μαγνήσιο, ο σίδηρος, ο ψευδάργυρος, το μαγγάνιο καθώς και ο χαλκός. Καρπός της χαρουπιάς είναι πλούσιος σε πολυφαινόλες, η παρουσία των οποίων έχει συσχετισθεί με ευεργετικές ιδιότητες για την ανθρώπινη υγεία. Επιπρόσθετα, λόγω της υψηλής του περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη με μεγάλη ποσότητα γλουταμινικού οξέος και αργινίνης, χωρίς την παρουσία προλαμίνης, αποτελεί κατάλληλο τρόφιμο για τη διατροφή των αθλητών με σκοπό την αύξηση της επίδοσής τους. Αναμφίβολα, χάρη στις φυτικές ίνες που περιέχει, βοηθάει στην πρόληψη της δυσκοιλιότητας και γενικότερα στην ομαλή λειτουργία του εντέρου. Παράλληλα, οι αδιάλυτες φυτικές ίνες, δουν ευεργετικά στο λιπιδαιμικό προφίλ και κατ' επέκταση στην πρόληψη της υπερχοληστερολαιμίας. Το χαρούπι, επίσης, έχει γλυκιά γεύση, λόγω της σακχαρόζης που περιέχει. Σύμφωνα με μελέτες, το χαρούπι και τα προϊόντα του βοηθούν στην προώθηση της υγείας και στην πρόληψη χρόνιων νοσημάτων (Goulas et al, 2016).

3.1.1 Γαστρεντερικές δράσεις

Η διάρροια είναι μια κοινή αιτία θανάτου στις αναπτυσσόμενες χώρες και η δεύτερη πιο συχνή αιτία βρεφικών θανάτων παγκοσμίως. Περίπου τέσσερα



δισεκατομμύρια περιπτώσεις συμβαίνουν κάθε χρόνο και ως αποτέλεσμα πεθαίνουν 3-4 εκατομμύρια άτομα ετησίως. Σε πολλές περιπτώσεις διάρροιας, οι θεραπείες που χρησιμοποιούνται είναι η χορήγηση υγρών και η φαρμακολογική παρέμβαση με αντιβιοτικά. Παρόλο που αυτές οι παρεμβάσεις βελτιώνουν σημαντικά την κλινική έκβαση στη μολυσματική διάρροια, τα ποσοστά θνησιμότητας παραμένουν σε υψηλά επίπεδα. Επιπλέον, τα αντιβιοτικά που χρησιμοποιούνται ως αντιδιαρροϊκά προκαλούν ανεπιθύμητες παρενέργειες ενώ οι μικροοργανισμοί μπορεί να αναπτύξουν αντίσταση σε αυτά. Λαμβάνοντας υπόψη τα προηγούμενα, είναι σημαντικό να εντοπιστούν φυσικά φάρμακα ως εναλλακτικές λύσεις στη χρήση των παραδοσιακών φαρμάκων για την καταπολέμηση των επιπτώσεων της διάρροιας (Liu et al, 2014).

Το χαρούπι συνιστάται για την αντιμετώπιση των συμπτωμάτων της διάρροιας. Στη μελέτη των Klenow et al, (2008), βρέθηκε ότι ένα 2% διάλυμα χαρουπιού μπορούσε να αναστείλει την προσκόλληση του *E. coli* σε απομονωμένα επιθηλιακά κύτταρα του λεπτού εντέρου. Επιπλέον, στη μελέτη των Liu et al, (2014), οι ταννίνες, οι οποίες εντοπίζονται και στο χαρούπι, ρυθμίζουν το σηματοδοτικό μονοπάτι PKA/p-CREB και μειώνουν την έκφραση των ακουαπορίνων 2 και 3 που ελέγχουν τη μεταφορά νερού μέσα στα κύτταρα.

3.1.2 Αντικαρκινική δράση

Ως ελεύθερη ρίζα ορίζεται ένα οποιοδήποτε άτομο (όπως οξυγόνο, άζωτο), μόριο ή ιόν, που διαθέτει τουλάχιστον ένα ασύζευκτο ηλεκτρόνιο στην εξωτερική στοιβάδα, και είναι ικανό για ανεξάρτητη ύπαρξη. Για παράδειγμα, οι ελεύθερες ρίζες σχηματίζονται όταν διασπάται ένας ομοιοπολικός δεσμός και ένα ηλεκτρόνιο παραμένει με κάθε νεοσχηματισμένη χημική οντότητα. Οι ελεύθερες ρίζες είναι πολύ δραστικές, λόγω της παρουσίας των ασύζευκτων ηλεκτρονίων και τείνουν να "αποσπασούν" ηλεκτρόνια από γειτονικά μόρια. Στην περίπτωση αυτήν, το μόριο που έχασε το ηλεκτρόνιό του μετατρέπεται σε νέα ρίζα η οποία με τη σειρά της "αποσπά" ηλεκτρόνιο με αντιπαράλληλη στροφορμή (spin) από άλλο μόριο κ.ο.κ.. Η αλυσιδωτή αυτή αντίδραση



μπορεί να συνεχιστεί επί μακρόν ("thousand of events long"). Το υπόβαθρο για τη διεργασία αυτή αποτελεί η εγγενής τάση ατόμων, ιόντων, μορίων και γενικά ενεργειακών συστημάτων, φυσικά και των ριζών, να διατηρούνται στην κατάσταση ελάχιστης ενέργειας (ground state or atomic unexcited state). Οι ελεύθερες ρίζες με κεντρικό στοιχείο το οξυγόνο αναφέρονται ως "δραστικές ρίζες οξυγόνου"(reactive oxygen species, ROS) (Παπαγαλάνης, 2014).

Σε φυσιολογικές συνθήκες ή σε κατάσταση ηρεμίας οι δραστικές ρίζες οξυγόνου βρίσκονται σε ισορροπία με τους αντιοξειδωτικούς μηχανισμούς του οργανισμού. Ο όρος οξειδωτικό στρες αναφέρεται σε μια σοβαρή δυσαναλογία μεταξύ της παραγωγής δραστικών ειδών οξυγόνου και αζώτου και του αντιοξειδωτικού μηχανισμού του οργανισμού. Ο όρος αυτός, έχει οριστεί ως μια διαταραχή στην προοξειδωτική και αντιοξειδωτική ισορροπία του οργανισμού, γεγονός το οποίο μπορεί να οδηγήσει σε καταστροφή βιομορίων (Sies, 2015)

Η εκτεταμένη επιστημονική έρευνα κατά τη διάρκεια των τελευταίων δύο δεκαετιών έχει αποκαλύψει τους κυτταρικούς μηχανισμούς με τους οποίους το συνεχιζόμενο οξειδωτικό στρες μπορεί να οδηγήσει σε χρόνια φλεγμονή, η οποία με τη σειρά της ευνοεί την ανάπτυξη χρόνιων ασθενειών όπως είναι ο καρκίνος, ο σακχαρώδης διαβήτης καθώς και τα καρδιαγγειακά, αναπνευστικά και νευρολογικά νοσήματα. Το οξειδωτικό στρες μπορεί να ενεργοποιήσει μια ποικιλία παραγόντων μεταγραφής, συμπεριλαμβανομένων των NF-κB, AP-1, p53, HIP-1α, PPAK-γ, β-κατενίνης/Wnt και Nrf2. Η ενεργοποίηση αυτών των παραγόντων μεταγραφής μπορεί να οδηγήσει στην έκφραση περισσότερων από 500 διαφορετικών γονιδίων, συμπεριλαμβανομένων εκείνων για αυξητικούς παράγοντες, φλεγμονώδεις κυτοκίνες, χημειοκίνες, αντιφλεγμονώδη μόρια και ρυθμιστικά μόρια κυτταρικού κύκλου, αγγειογένεσης, και μετασχηματισμού ενός φυσιολογικού κυττάρου σε καρκινικό (Reuter et al, 2010).

Υπάρχουν πολλές μελέτες που επιβεβαιώνουν την αντιοξειδωτική δράση των φαινολών (Pougreza, 2013). Επιπλέον, πολλά φαινολικά συστατικά έχουν αντικαρκινική, τροποποιώντας την έκφραση γονιδίων που συμμετέχουν σε διαφορετικά σηματοδοτικά μονοπάτια, σύμφωνα με έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί σε πειραματικά μοντέλα ζώων και κυτταροκαλλιέργειες (Basli et al, 2017).



Τα εκχυλίσματα από την πούλπα και τα φύλλα της χαρουπιάς είναι πλούσια σε φαινόλες και παρουσιάζουν υψηλή αντιοξειδωτική και αντιπολλαπλασιαστική δράση σε κύτταρα καρκινικών σειρών. Στη μελέτη των Corsi et al, (2002), αξιολογήθηκε η αντιπολλαπλασιαστική δραστηριότητα υδατικών εκχυλισμάτων λοβών χαρουπιού σε κυτταρικές σειρές ηπατοκυτταρικού καρκινώματος. Ο κυτταρικός πολλαπλασιασμός ελέγχθηκε μέσω της έκφρασης της 5-βρωμο-2'-δεοξουριδίνης (BrdU), η οποία αποτελεί ένα μη ραδιενεργό ανάλογο της θυμιδίνης, το οποίο μπορεί να ενσωματωθεί στη νεοσυντεθείσα έλικα του DNA κυττάρων που βρίσκονται στην S φάση του κυτταρικού κύκλου. Επιπρόσθετα, υπολογίστηκε η μέγιστη ανασταλτική συγκέντρωση των εκχυλισμάτων με εύρος 0.2–0.4 mg/mL. Μετά από 24 ώρες, παρατηρήθηκε κατακερματισμός του DNA και ενεργοποίηση των σηματοδοτικών μονοπατικών της κασπάσης 3, γεγονός που υποδεικνύει την δυνατότητα του χαρουπιού να ενεργοποιεί την απόπτωση των κυττάρων. Μέσω της ανάλυσης των εκχυλισμάτων του χαρουπιού με υγρή χρωματογραφία υψηλής απόδοσης βρέθηκε ότι τα κύρια συστατικά τους αφορούσαν τα εξής: γαλλικό οξύ, epigallocatechin-3-gallate και epicatechin-3-gallate.

Σκοπός της μελέτης των Custódio et al, (2008), ήταν η αξιολόγηση των αντιπολλαπλασιαστικών και αποπτωτικών δυνατοτήτων των εκχυλισμάτων μεθανόλης του χαρουπιού στον καρκίνο του μαστού. Ειδικότερα, στις κυτταρικές σειρές MDA-MB-231 προστέθηκαν διαφορετικές συγκεντρώσεις των εκχυλισμάτων μεθανόλης από τα φύλλα του χαρουπιού (0.025–0.4mg.ml⁻¹) και από την πούλπα των λοβών (2.5–40mg.ml⁻¹) για 24, 48 και 72h. Η κυτταροτοξικότητα των εκχυλισμάτων μετρήθηκε μέσω της δοκιμασίας MTS (3-(4,5-διμεθυλθειαζολ-2-υλ)-5-(3-καρβοξυμεθοξυφαινυλ)-2-(4-σουλφοφαινυλ)-2H-τετραζολίου) ή αλλιώς δοκιμασίας με άλατα τετραζολίου η οποία προσδιορίζει την μεταβολική δραστηριότητα των μιτοχονδριακών αφυδρογονασών, οι οποίες παράγονται από τα ζωντανά κύτταρα. Τα εκχυλίσματα του χαρουπιού ανέστειλαν τον κυτταρικό πολλαπλασιασμό με δοσοεξαρτώμενο τρόπο ενώ οι αποδοτικότερες επώσεις ήταν στις 48 και 72h. Τα εκχυλίσματα των φύλλων παρουσίασαν μεγαλύτερη ικανότητα αναστολής του κυτταρικού πολλαπλασιασμού σε σχέση με τα εκχυλίσματα της πούλπας. Η επεξεργασία με τα εκχυλίσματα των φύλλων (0.4mg.ml⁻¹) οδήγησε σε



αύξηση των αποπτωτικών κυττάρων, η οποία επιβεβαιώθηκε μέσω Western Blotting. Επιπλέον, μετά από έκθεση των κυτταρικών σειρών στα εκχυλίσματα μεθανόλης από τα φύλλα (0.1, 0.2 και 0.4mg.ml⁻¹) ή την πούλπλα (20 και 40mg.ml⁻¹) για 48h, παρατηρήθηκε διάσπαση της προκασπάσης 3 και μείωση της αντιαποπτωτικής πρωτεΐνης Bcl-2. Τα αποτελέσματα υποδεικνύουν ότι το χαρούπι αποτελεί σημαντική πηγή φαινολικών στοιχείων με πιθανή αντικαρκινική δράση.

3.1.3 Αντιδιαβητική δράση

Ο σακχαρώδης διαβήτης αποτελεί ένα χρόνια μεταβολικό νόσημα που χαρακτηρίζεται από υπεργλυκαιμία, διαταραχή του μεταβολισμού των υδατανθράκων, των λιπών και των πρωτεϊνών και οφείλεται σε μειονεκτική έκκριση ή σε μειονεκτική δράση της ινσουλίνης ή σε συνδυασμό των δύο. Διακρίνεται σε δύο κατηγορίες τον σακχαρώδη διαβήτη τύπου I (ινσουλινοεξαρτώμενος) και τύπου II (μη ινσουλινοεξαρτώμενος). Στις χρόνιες επιπλοκές περιλαμβάνονται βλάβες στους οφθαλμούς (αμφιβληστροειδοπάθεια), τα νεύρα (περιφερική νευροπάθεια, διαβητικό πόδι), τα νεφρά (νεφροπάθεια), την καρδιά (στεφανιαία νόσος) και τα αγγεία (μακροαγγειοπάθεια) (Κατσίκη και συν., 2010).

Η αντιδιαβητική δράση του χαρουπιού έχει αξιολογηθεί με θετικά αποτελέσματα σε αρκετές μελέτες. Στη μελέτη των Rtibi et al, (2016), εξετάστηκαν οι επιδράσεις υδατικών εκχυλισμάτων ανώριμων χαρουπιών στην εντερική απορρόφηση γλυκόζης διαβητικών ποντικών στα οποία είχε χορηγηθεί αλλοξάνη (150 mg kg⁻¹). Η αλλοξανη όταν χορηγείται σε ένα ζώο, νεκρώνει επιλεκτικά τα β παγκρεατικά κύτταρα που παράγουν ινσουλίνη, μετατρέποντας ένα πειραματόζωο σε διαβητικό. Ειδικότερα, εφαρμόστηκε δοκιμασία ανοχής στη γλυκόζη κατά την οποία χορηγήθηκε γλυκόζη (2 g kg⁻¹, p.o.) και στη συνέχεια εκχύλισμα χαρουπιού (50, 100 και 200 mg kg⁻¹ βάρους σώματος). Το εκχύλισμα χαρουπιού (50-2000 μg mL⁻¹) παρουσίασε μια δόσοεξαρτώμενη αύξηση της μεταφοράς γλυκόζης μέσω των εξαρτώμενων από το νάτριο μεταφορέων γλυκόζης, μέσα στα κύτταρα του εντέρου των πειραματόζωων, Το



χαρούπι βελτίωση την ανοχή στη γλυκόζη και σε διαφορετικές δόσεις είχε σαν αποτέλεσμα τη σημαντική μείωση της γλυκόζης στο αίμα σε διαβητικά ποντίκια. Οι ερευνητές προτείνουν τη χρήση του χαρουπιού ως διατροφικό συμπλήρωμα για την διαχείριση της υπεργλυκαιμίας και του σακχαρώδη διαβήτη.

Στη μελέτη των Son et al, (2010), αξιολογήθηκε η αντιδιαβητική δράση διαφορετικών φυτικών παρασκευασμάτων που περιείχαν και χαρούπι. Οι συγκεκριμένες παρασκευές (τζινσενγκ, μυρτιά, σμέουρο και χαρούπι) παρουσίασαν χαμηλό γλυκαιμικό δείκτη όταν καταναλώθηκαν από διαβητικούς ασθενείς. Στη μελέτη των Dos Santos et al, (2015), υπολογίστηκε ο γλυκαιμικός δείκτης του χαρουπάλευρου σε 40.6+0.05 σε υγιείς εθελοντές μέσω ενζυμικής υδρόλυσης. Επιπλέον, το σύνολο των διαιτητικών ινών που λήφθηκε από το χαρουπάλευρο ήταν από 42.6% ± 0.49 έως 42.9% ± 0.68. Οι ερευνητές συμπέραναν ότι το χαρουπάλευρο μπορεί να ταξινομηθεί ως προϊόν χαμηλού γλυκαιμικού δείκτη το οποίο περιέχει υψηλή περιεκτικότητα σε φυτικές ίνες.

Η παρουσία της D-pinitol στα προϊόντα του χαρουπιού πιθανόν να είναι υπεύθυνη για την αντιδιαβητική δράση του, καθώς ρυθμίζει τα επίπεδα γλυκόζης στο αίμα ασθενών με σακχαρώδη διαβήτη τύπου II, αυξάνοντας την ευαισθησία στην ινσουλίνη. Το σιρόπι χαρουπιού θεωρείται πλούσια πηγή της D-pinitol καθώς 10 g σιροπιού ή αλλιώς 10 mg D-pinitol/kg βάρος σώματος), είναι αρκετά για να μειωθούν τα επίπεδα γλυκόζης στο αίμα ασθενών με σακχαρώδη διαβήτη τύπου II (López-Sánchez et al, 2018). Σύμφωνα με τους Bates et al, (2000), η D-pinitol παρουσιάζει όμοια δράση με την ινσουλίνη και βελτιώνει τον γλυκαιμικό έλεγχο, σε μοντέλα ζώων με διαβήτη ενώ σε κυτταρικές σειρές μυών, η D-pinitol προκαλεί μεγαλύτερη απορρόφηση της γλυκόζης, υποδεινύοντας περισσότερο την άμεση συμμετοχή της στο μεταβολικό μονοπάτι της γλυκόζης παρά την ενίσχυση της δράσης της ινσουλίνης.

3.1.4 Αντιπερλιπιδαιμική δράση

Τα καρδιαγγειακά νοσήματα σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας, εκτιμάται ότι αντιπροσώπευσαν στις περισσότερες αναπτυγμένες χώρες και σε πολλές αναπτυσσόμενες, τον κύριο όγκο τόσο της θνησιμότητας όσο και της νοσηρότητας. Από



την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας τόσο στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής όσο και στην Ευρώπη προκύπτει ότι στη μεγάλη ηλικία, τόσο η επίπτωση όσο και ο επιπολασμός της καρδιαγγειακής νόσου αυξάνονται. Ίδια ποσοστά επιπολασμού σε αυτή τη συγκεκριμένη ηλικιακή ομάδα έδωσαν και έρευνες στην Ελλάδα. Σχεδόν τα δύο τρίτα του συνόλου των θανάτων στις γυναίκες και στους άνδρες ≥ 65 ετών οφείλονται σε κάποια εκδήλωση των καρδιαγγειακών νοσημάτων (Μπαμπάτσικου, 2010).

Οι υπερλιπιδαιμίες αποτελούν έναν από τους κυριότερους παράγοντες κινδύνου εμφάνισης καρδιαγγειακών νοσημάτων. Ως υπερλιπιδαιμία ορίζεται η παρουσία μη φυσιολογικής συγκέντρωσης λιπιδίων στο αίμα και πιο συγκεκριμένα, χοληστερόλης και/ή τριγλυκεριδίων ή των λιποπρωτεϊνών που τα μεταφέρουν. Οι υπερλιπιδαιμίες, ανάλογα με την αιτιολογία τους ταξινομούνται σε πρωτογενείς, οι οποίες οφείλονται έχουν γενετική αιτιολογία και σε δευτερογενείς, οι οποίες προκαλούνται συνήθως από μη υγιεινές συμπεριφορές όπως κακή διατροφή (Holven et al, 2017).

Υψηλά επίπεδα λιπιδίων ή λιποπρωτεϊνών στο αίμα μπορούν να οδηγήσουν στην εμφάνιση αθηροσκλήρυνσης η οποία με τη σειρά της οδηγεί σε σοβαρά καρδιαγγειακά νοσήματα. Η αθηροσκλήρωση είναι μία σύνθετη εξελικτική και συστηματική νόσος των αρτηριών που προσβάλλει κυρίως τον έσω χιτώνα των μεγάλων και μεσαίων αρτηριών της συστηματικής κυκλοφορίας. Στην εξέλιξη της αθηροσκλήρωσης εμπλέκονται πολλαπλοί γενετικοί και περιβαλλοντικοί παράγοντες αλλά και το μικροπεριβάλλον των κυττάρων στις περιοχές της βλάβης (Κωτσοβασίλης και Μπέης, 2003).

Έτσι, συμπληρώματα που έχουν την ικανότητα μείωσης των λιπιδίων και της χοληστερόλης στο αίμα είναι απαραίτητα για την εξισορρόπηση της διατροφής. Η επίδραση του χαρουπιού στην υπερλιπιδαιμία έχει εξεταστεί σε *in vitro* και *in vivo* μελέτες (Goulas et al, 2016). Η χορήγηση χαρουπάλευρου σε Sprague-Dawley ποντικούς σε συνδυασμό με μια υπερλιπιδαιμική διατροφή, παρατηρήθηκε μείωση της χοληστερόλης και των τριγλυκεριδίων με δοσοεξαρτώμενο τρόπο. Οι ερευνητές επεσήμαιναν το γεγονός ότι το ιστοπαθολογικό προφίλ της καρδιάς και των νεφρών των πειραματόζωων που καταλάωναν χαρουπάλευρο παρέμεινε φυσιολογικό ενώ τα πειραματόζωα που ακολουθούσαν μόνο την υπερλιπιδαιμική διατροφή παρουσίασαν



Δήμητρα Κηπαράκη Αδαμαντία Τσιροπούλου, Η θρεπτική αξία του χαρουπιού και τα πιθανά οφέλη του στην υγεία

σοβαρές ιστοπαθολογικές αλλοιώσεις. Σύμφωνα με τους ερευνητές, το χαρουπάλευρο μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη διατροφή υπέρβαρων ή παχύσαρκων ατόμων (Hassanein et al, 2015). Στη μελέτη των Valero-Munoz et al., (2014), οι διαιτητικές ίνες του χαρουπιού ανέστειλαν τους μηχανισμούς που οδηγούν στην αθηροσκλήρυνση σε κουνέλια με δυσλιπιδαιμία. Ειδικότερα, παρατηρήθηκε η έκφραση των SIRT1 και PGC-1 α , πρωτεϊνών οι οποίες παίζουν καίριο ρόλο στο αγγειακό και μεταβολικό σύστημα.



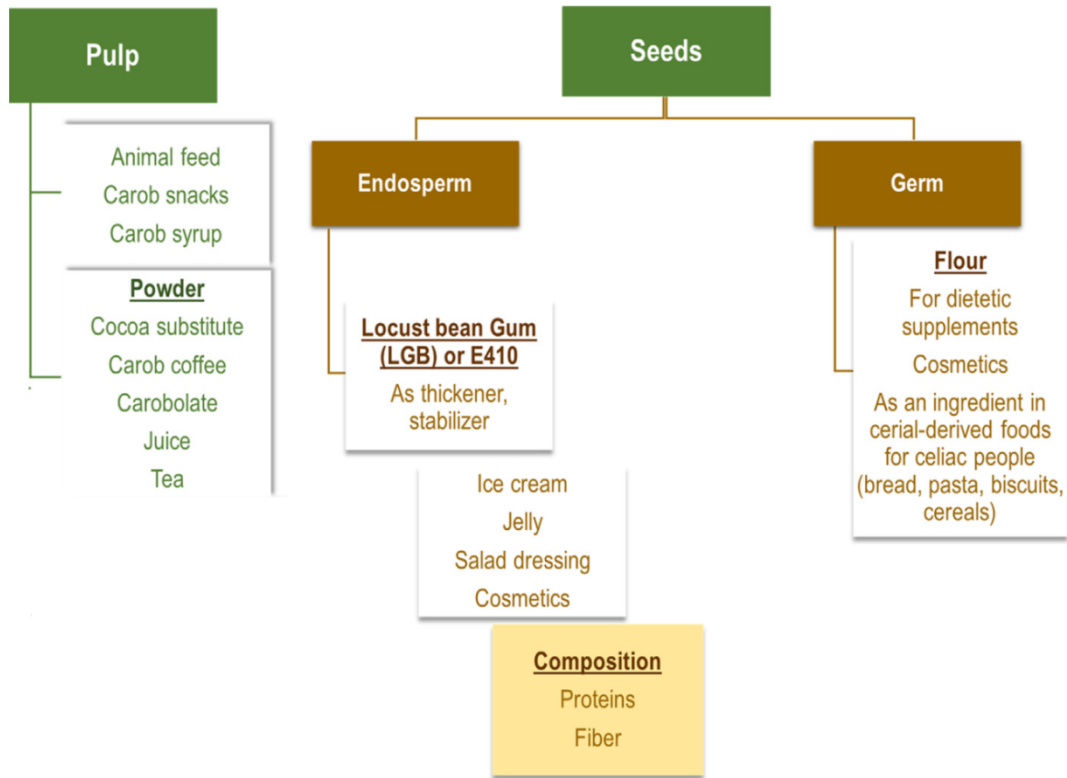
4.Εφαρμογές

4.1 Παραδείγματα εφαρμογών σε τροφές

Τα χαρούπια διατίθενται αυτούσια ή μεταποιούνται σε διάφορα προϊόντα. Η συγκομιδή των λοβών του χαρουπιού πραγματοποιείται πριν τις χειμερινές βροχές. Κατόπιν, καθαρίζονται διεξοδικά με υγρό και στεγνό καθαρισμό για να εξασφαλιστεί η ποιότητα του τελικού προϊόντος. Κατά την διάρκεια της διαδικασίας σύνθλιψης, ο λοβός του χαρουπιού κόβεται σε μικρότερα κομμάτια για την εξαγωγή του σπόρου του χαρουπιού. Μέτα την εξαγωγή των σπόρων οι λοβοί υποβάλλονται σε περαιτέρω επεξεργασία για να δημιουργηθεί το ευρύ φάσμα προϊόντων από χαρούπι. Αλέθοντας τα χαρούπια παρασκευάζεται το χαρουπάλευρο, ένα αλεύρι με ευχάριστη, γλυκιά γεύση που χρησιμοποιείται για την παρασκευή ψωμιού, μπισκότων, κέικ και παξιμαδιών (Dakia, 2007). Οι διάφορες μορφές με τις οποίες διατίθενται τα χαρούπια είναι το κόμμι που παράγεται από χαρουποπυρήνα καθώς και το χαρουπάλευρο και η χαρουπόσκονη τα οποία παράγονται από τα αλεσμένα χαρούπια. Το χαρουπόμελο αποτελεί ένα σημαντικό προϊόν του χαρουπιού. Η διαδικασία παραγωγής του περιλαμβάνει την άλεση, την εκχύλιση για 24 ώρες με νερό για την παραλαβή του χυμού των σακχάρων και τέλος την συμπύκνωση του χυμού για την παρασκευή του χαρουπόμελου (Υπουργείο Γεωργίας Κύπρου, 2016).



Δήμητρα Κηπαράκη Αδαμαντία Τσιροπούλου, Η θρεπτική αξία του χαρουπιού και τα πιθανά οφέλη του στην υγεία



Διάγραμμα 1: Μέρη του χαρουπιού και τα αντίστοιχα προϊόντα τους (Stavrou et al, 2018).



Εικόνα 1: Μεταποιημένα χαρούπια (Υπουργείο Γεωργίας Κύπρου, 2016).



Έτσι, ανάλογα με τη μορφή στην οποία θα διατεθούν, τα χαρούπια έχουν και την ανάλογη χρήση όπως (Υπουργείο Γεωργίας Κύπρου, 2016).

A. Για ανθρώπινη κατανάλωση: Τρώγονται αυτούσια είτε με τη μορφή διάφορων παρασκευασμάτων. Παραδοσιακά παρασκευάσματα στην Κύπρο είναι το «παστέλλι» και το «τερατσόμελο». Επίσης, ύστερα από καβούρδισμα και άλεσμα, παρασκευάζεται σε βιομηχανική βάση η χαρουπόσκονη που χρησιμοποιείται διεθνώς στη ζαχαροπλαστική, κυρίως ως υποκατάστατο του κακάο.

B. Για διατροφή των ζώων: Τα χαρούπια, λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς τους σε υδατάνθρακες και φυτικές ίνες και της χαμηλής περιεκτικότητας σε λιπαρές ουσίες θεωρούνται ιδανικά για χρήση τους ως ζωοτροφές. Χρησιμοποιούνται είτε ολόκληρα είτε αλεσμένα, αυτούσια ή σε μίγματα με άλλα είδη ζωοτροφών.

Γ. Για βιομηχανική χρήση: Από τον πυρήνα των χαρουπιών, μετά από αποφλοιώση και άλεσμα, εξάγεται το κόμμι, που έχει πάρα πολλές χρήσεις όπως για παράδειγμα στη βιομηχανία τροφίμων, καλλυντικών, φαρμάκων, φωτογραφικών φιλμ, σπέρτων, μπογιών, μελανιών και συγκολλητικών γομών. Η χαρουποκαλλιέργεια συμβάλλει, επίσης, σημαντικά στη βελτίωση του φυσικού περιβάλλοντος. Η συμβολή της χαρουπιάς προς αυτή την κατεύθυνση είναι ιδιαίτερα σημαντική. Μπορεί να ευδοκιμήσει σε ξηρικές περιοχές και σε φτωχά εδάφη όπου άλλα είδη δέντρων δεν αναπτύσσονται. Επιπρόσθετα, στη χαρουπιά αποδίδονται ειδικές ικανότητες απορρόφησης του μολύβδου που υπάρχει στην ατμόσφαιρα. Λόγω του πλούσιου ριζικού συστήματος του δέντρου, η χαρουπιά μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως δασικό δέντρο για προστασία του εδάφους από τη διάβρωση. Τέλος, η χαρουπιά μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως φυτό τοπιοτέχνησης σε πάρκα, δενδροστοιχίες ή ακόμα και σε κήπους σπιτιών.



4.1.1 Υποκατάστατο του κακάου

Το κακάο χαρακτηρίζεται από μακρά ιστορία η οποία αφορά πολλούς διαφορετικούς πολιτισμούς. Οι Αζτέκοι ήταν οι πρώτοι που χρησιμοποίησαν τους σπόρους του κακάο στη διατροφή τους και για να κατασκευάσουν σοκολάτα. Λάτρευαν το δέντρο του κακάο και το θεωρούσαν ως πηγή δύναμης και πλούτου. Μάλιστα χρησιμοποιούσαν τους σπόρους του κακάο σαν μια μορφή νομίσματος. Το κακάο αποτελεί το κύριο συστατικό σε προϊόντα όπως η κακαόμαζα, η σκόνη κακάο και η σοκολάτα (γάλακτος και μαύρη) και έχει σημαντικές οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις για πολλούς ανθρώπους παγκοσμίως. Το κακάο είναι ο ξηρός και μερικός ζυμωμένος λιπαρός σπόρος του κακαόδεντρου από το οποίο γίνεται η σοκολάτα. Αποτελεί μέρος του γένους *Theobroma*, της οικογένειας *Sterculiaceae* και η επιστημονική ονομασία του δέντρου είναι *Theobroma cacao* (Κάρολος Λινναίος). Το όνομα του προέρχεται από τις λέξεις θεός και βρώση, δηλαδή το "φαγητό των θεών". Το κακαόδεντρο (*Theobroma cacao* L.) είναι ένα μικρό, μεγάλης διακλάδωσης, πολυετές δέντρο, ύψους 12-15 μέτρων, που προέρχεται από την Κεντρική και Νότια Αμερική και αναπτύσσεται κυρίως στη λεκάνη του Αμαζονίου. Η καλλιέργεια του έχει επεκταθεί σε παγκόσμιο επίπεδο, και περιλαμβάνει περιοχές της Αφρικής και της Ασίας που βρίσκονται κοντά στον ισημερινό. Το κακαόδεντρο χρειάζεται για την ανάπτυξη του ζεστό κλίμα, υψηλά ποσοστά υγρασίας και συχνές βροχοπτώσεις. Ειδικότερα, η καλλιέργεια του κακαόδεντρου απαιτεί θερμοκρασίες που κυμαίνονται από 18 έως 32 °C, βροχοπτώσεις από 1000 έως 4000 mm και υγρασία από 70–80% κατά τη διάρκεια της ημέρας και 90-100% κατά τη διάρκεια της νύχτας. Το έδαφος πρέπει να έχει επαρκή αερισμό και απορροή, με pH από 5.0 έως 7.5 (Loullis, & Pinakoulaki, 2017).

Οι κύριες ποικιλίες του κακαόδεντρου περιλαμβάνουν τις Criollo, Forastero, Trinitario και Nacional. Η ποικιλία Criollo είναι η αρχική καλλιεργούμενη ποικιλία κακάου, της Βόρειας, Νότιας και Κεντρικής Αμερικής. Η ποικιλία Forastero είναι ιθαγενής ποικιλία του Αμαζονίου και περιλαμβάνει αρκετές υποποικιλίες, οι οποίες καλλιεργούνται κυρίως στη Δυτική Αφρική και συνιστούν το 90% της παγκόσμιας παραγωγής κακάο. Η



Trinitario, προέρχεται από το Trinidad και αποτελεί φυσικό υβρίδιο των ποικιλιών Criollo και Forastero varieties, παρουσιάζοντας χαρακτηριστικά και των δύο ποικιλιών. Η ποικιλία Nacional καλλιεργείται μόνο στο Εκουαδόρ, και πιθανώς να προέρχεται από τον Αμαζόνιο. Οι ποικιλίες διαφέρουν ως προς την εμφάνιση και την απόδοση αλλά και ως προς την ανθεκτικότητα απέναντι σε ποικίλες ασθένειες. Η κάθε ποικιλία έχει διαφορετικό άρωμα το οποίο αποδίδεται στη γενετική σύνθεση αλλά και στον τόπο και τις συνθήκες καλλιέργειας. Οι κύριες περιοχές καλλιέργειας του κακαόδεντρου είναι η Δυτική Αφρική, η Νοτιοανατολική Ασία και η Νότια Αμερική (Ακτή Ελεφαντοστού, Γκάνα, Ινδονησία, Νιγηρία, Καμερούν, Βραζιλία, Ισημερινός, Δομινικανή Δημοκρατία και Μαλαισία) (Kongor et al, 2016).

Το κακάο φαίνεται να είναι αφέψημα με ευεργετικές συνέπειες στην υγεία του ανθρώπου. Είναι μια από τις πιο πλούσιες τροφές σε πολυφαινόλες. Σημαντικός αριθμός επιστημονικών μελετών παρουσιάζουν το κακάο να περιέχει υψηλές συγκεντρώσεις φλαβονοειδών και προκυανιδινών, συστατικά που έχουν αντιοξειδωτική δράση, παρεμποδίζοντας την οξειδωτική δράση των ελεύθερων ριζών και προστατεύουν έτσι από τον καρκίνο, τις καρδιοπάθειες και τη γήρανση. Επιπρόσθετα, συγκριτικά με τον καφέ και το τσάι, το κακάο περιέχει λίγη ποσότητα καφεΐνης. Η κυριότερη μεθυλξανθίνη που περιέχετε στο κακάο είναι η θεοβρωμίνη η οποία βρίσκεται σε ποσοστό 2-3% κατά βάρος και σε μικρές ποσότητες περιέχει καφεΐνη σε ποσοστό 0,2%. Η θεοβρωμίνη επιδρά ελάχιστα στο κεντρικό νευρικό σύστημα, σε αντίθεση με την καφεΐνη. Ωστόσο έχει διαπιστωθεί ότι επηρεάζει δυσμενώς τη λειτουργία του ήπατος (Araujo et al, 2013).

Τα τελευταία χρόνια υπάρχει σημαντική αύξηση της ζήτησης του κακάου. Καθώς αναμένεται η ζήτηση του κακάου να αυξάνεται συνεχώς, θα πρέπει να υπάρχει αντίστοιχη αύξηση της παροχής του από τις κύριες παραγωγές χώρες. Όμως, η καλλιέργεια και η παραγωγή του κακάου επηρεάζεται σε σημαντικό βαθμό από πολλούς παράγοντες όπως η κλιματική αλλαγή, οι ασθένειες αλλά και η κοινωνική και οικονομική αστάθεια των χωρών που παράγουν κακάο. Περίοδοι έντονης ξηρασίας και υπερβολικής βροχόπτωσης επηρεάζουν αρνητικά την απόδοση του κακαόδεντρου. Υπολογίζεται ότι μεγάλο ποσοστό των καλλιέργειών μπορεί να χαθεί λόγω των ασθενειών ή γήρανσης των δέντρων ή ανεπαρκούς λίπανσης του εδάφους (Effendy et al, 2019).



Τα χαρούπια μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως υποκατάστατο του κακάου δεδομένου ότι δεν περιέχει καφεΐνη και θεοβρωμίνη. Το χαρούπι και το κακάο χαρακτηρίζονται από υψηλή διατροφική αξία, καθώς αποτελούν πολύ καλές πηγές πρωτεϊνών, αμινοξέων, υδατανθράκων και πολυφαινολικών στοιχείων (Loullis, & Pinakoulaki, 2017).

Πίνακας 10: Σύσταση των κόκκων του κακάου και της πούλπας του χαρουπιού (Loullis, & Pinakoulaki, 2017).

Θρεπτικό στοιχείο	Σύσταση κόκκων κακάου (%)	Σύσταση πούλπας χαρουπιού (%)
Υγρασία	2.0–6.6	6.0–11.0
Πρωτεΐνη	10.0–16.0	2.0–7.6
Λιπίδια	36.8–57.0	0.4–1.3
Διαιτητικές ίνες	2.1–15.0	7.6–38.0
Τέφρα	2.6–8.7	2.0–3.4
Σάκχαρα	0.4–3.5	40.7–54.7
Θεοβρωμίνη	0.8–3.8	Μη ανιχνεύσιμη
Καφεΐνη	0.1–1.0	Μη ανιχνεύσιμη
Ολικές πολυφαινόλες	4–18	1.2–7.0

Η χρησιμοποίηση της σκόνης από χαρούπι για την αντικατάσταση του κακάου στην παραγωγή σοκολάτας γάλακτος αξιολογήθηκε πρόσφατα στη μελέτη του Salem (2012). Αντικαθιστώντας την ποσότητα της σκόνης του χαρουπιού κατά 25, 50, 75 και 100%, σε σχέση με το κακάο, το πρωτεϊνικό περιεχόμενο βελτιώθηκε ελαφρώς ενώ η



μείωση των σακχάρων και των διαιτητικών ινών αυξήθηκε. Το κάλιο, το ασβέστιο, το νάτριο και το μαγνήσιο ήταν υψηλότερα σε σχέση με την σοκολάτα γάλακτος, ως αποτέλεσμα της αύξηση της αναλογίας της σκόνης του χαρουπιού. Αντιθέτως, τα επίπεδα σιδήρου και ψευδαργύρου μειώθηκαν. Μια από τις αξιοσημείωτες διαφορές που προέκυψαν λόγω της αντικατάστασης του κακάου με σκόνη χαρουπιού ήταν η σταδιακή μείωση της καφεΐνης. Στην περίπτωση της ολικής αντικατάστασης του κακάου με σκόνη χαρουπιού, το αποτέλεσμα ήταν σχεδόν μηδενικές ποσότητες καφεΐνης. Σημειώνεται ότι δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές όσο αφορά το άρωμα και τη γεύση των προϊόντων όταν αυξάνονταν οι ποσότητες της σκόνης του χαρουπιού. Έτσι, η χρήση του χαρουπιού για την παρασκευή σοκολάτας γάλακτος βελτίωσε της διατροφική αξία καθώς και τις λειτουργικές και αισθητικές ιδιότητες της. Τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης μελέτης δείχνουν ότι το χαρούπι μπορεί να αποτελέσει σημαντική εναλλακτική λύση για την υποκατάσταση του κακάου στη βιομηχανία σοκολάτας.

Στη μελέτη των Pawłowska et al, (2018), αξιολογήθηκε η δυνατότητα αντικατάσταση του κακάου με σκόνη χαρουπιού, στην παρασκευή muffins που περιείχαν σόγια, σησαμέλαιο και λιναρόσπορους. Ειδικότερα, προστέθηκε 5% σκόνη χαρουπιού ή κακάου στις ζύμες των muffins. Τα muffins στα οποία προστέθηκε σκόνη χαρουπιού, παρουσίασαν βελτιωμένη αντιοξειδωτική δράση κατά 36% με τη μέθοδο ABTS, (1,1 διφαινυλ-2πικρυλυδραζύλιο) και κατά 83% με τη μέθοδο DPPH (1,1 διφαινυλ-2πικρυλυδραζύλιο). Η μέθοδος DPPH στηρίζεται στην αλληλεπίδραση μια σταθερής χημικής ρίζας, DPPH, με μια αντιοξειδωτική ουσία, που έχει σαν αποτέλεσμα τον αποχρωματισμό και τη μείωση της απορρόφησης της ρίζας. Η μέθοδος ABTS βασίζεται στην ίδια αρχή με την προηγούμενη μέθοδο με τη διαφορά ότι προηγείται ενεργοποίηση της δραστικής ρίζας ABTS. Επιπλέον, παρατηρήθηκε υψηλότερο περιεχόμενο genistein (ισοφλαβόνη σόγιας) (κατά 18%) και ολικών φυτοστερολών (κατά 17%). Οι χρωματικές διαφορές ανάμεσα στις διαφορετικές κατηγορίες των muffins, δεν έγιναν αντιληπτές από τους συμμετέχοντες ενώ η γεύση των muffins στα οποία προστέθηκε σκόνη χαρουπιού ήταν λιγότερο πικρή και περισσότερο γλυκιά σε σχέση με τα muffins τα οποία παρασκευάστηκαν με κακάο. Το υψηλό περιεχόμενο των φυτοστερολών, της genistein και



η βελτιωμένη αντιοξειδωτική δράση δείχνουν ότι η σκόνη του χαρουπιού μπορεί να υποκαταστήσει το κακάο για την παρασκευή κέικ.

4.1.2 Υποκατάστατο ζάχαρης

Όσο αφορά την επιλογή τροφής, η γεύση παίζει τον πιο σημαντικό ρόλο, συνεισφέροντας στην απόλαυση του φαγητού. Η αίσθηση της γεύσης είναι το αποτέλεσμα της χημικής διέγερσης ειδικευμένων χημειουποδοχέων που ονομάζονται γευστικοί κάλυκες και μπορούν να διακρίνουν τις τέσσερις βασικές γεύσεις: πικρό, ξινό, αλμυρό και γλυκό. Από την παιδική ηλικία, ο άνθρωπος δείχνει μια σαφή προτίμηση προς τις γλυκές τροφές. Η αίσθηση του γλυκού δεν προκαλείται από συγκεκριμένη κατηγορία χημικών ουσιών. Μερικές από τις ομάδες που προκαλούν την αίσθηση του γλυκού είναι: σάκχαρα, γλυκόλες, αλκοόλες, αμίδια, ορισμένα αμινοξέα, αλδεϋδες, κετόνες, εστέρες, ορισμένες πρωτεΐνες μικρού μοριακού βάρους, σουλφονικά οξέα, ανόργανα άλατα μολύβδου και βιρυλίου, και αλογονωμένα οξέα. Σήμερα η ζάχαρη αποτελεί το κύριο γλυκαντικό μέσο αλλά και το πρότυπο με το οποίο συγκρίνονται όλες οι άλλες γλυκαντικές ουσίες (Ribó et al, 2014).

Η ζάχαρη και τα προϊόντα αυτής κατηγορούνται για τον μεγάλο αριθμό θερμίδων που παρέχουν αλλά και για προβλήματα που προκαλούν στα δόντια και στους διαβητικούς. Έτσι εδώ και πολλές δεκαετίες ξεκίνησε μια προσπάθεια εύρεσης νέων γλυκαντικών ουσιών χαμηλού ενεργειακού περιεχομένου. Τα υποκατάστατα της ζάχαρης χωρίζονται σε φυσικά και τεχνητά. Οι γλυκαντικές ουσίες χρησιμοποιούνται ως εναλλακτικές μορφές της ζάχαρης για διάφορους λόγους. Με την χρήση των γλυκαντικών ουσιών, είναι δυνατή η μείωση της ενεργειακής και θερμιδικής πρόσληψης. Αυτό επιτρέπει σε κάποιον καταναλώνοντας τις ίδιες τροφές, να χάνει βάρος και να αποφεύγει προβλήματα που σχετίζονται με την υπερβολική θερμιδική πρόσληψη. Επίσης, σε σύγκριση με τη ζάχαρη, τα υποκατάστατα της δεν ζυμώνονται από την μικροβιακή



γλωρίδα της οδοντικής πλάκας και επομένως δεν ευνοούν την ανάπτυξη τερηδόνας. Τα άτομα με σακχαρώδη διαβήτη έχουν πρόβλημα στην ρύθμιση των επιπέδων γλυκόζης στο αίμα (Tandel, 2011).

Ο σακχαρώδης διαβήτης είναι ένα σύνδρομο με ετερογενές και πολυπαραγοντικό υπόστρωμα, που χαρακτηρίζεται από διαταραχή του μεταβολισμού των υδατανθράκων, λιπών και πρωτεϊνών, η οποία οφείλεται σε έλλειψη ινσουλίνης (πλήρη ή μερική), σε ελάττωση της βιολογικής δραστηριότητάς της στους περιφερικούς ιστούς-στόχους ή και στα δύο. Ο διαβήτης διακρίνεται σε δύο μεγάλες κατηγορίες. Στο διαβήτη τύπου 1 που χρειάζεται απαραίτητα ινσουλίνη για την αντιμετώπισή του και στο διαβήτη τύπου 2 ο οποίος δεν χρειάζεται απαραίτητα ινσουλίνη αλλά είναι εξίσου επικίνδυνος με τον τύπο 1. Η κυριότερη αντιμετώπιση είναι η πρόληψη, δηλαδή η σωστή ρύθμιση του σακχάρου με την φαρμακευτική αγωγή, την σωστή διατροφή και την άσκηση. Σημαντικό ρόλο παίζει η εκπαίδευση του διαβητικού σχετικά με την διαχείριση των επιπλοκών αλλά και την προώθηση των αλλαγών στο τρόπο ζωής του με τελικό στόχο την βελτίωση της ποιότητας ζωής του (Καραμάνος και συν., 2011). Με την μείωση της πρόσληψης ζάχαρης χάρη στην κατανάλωση υποκατάστατων της, οι ασθενείς μπορούν να απολαύσουν μια ευρύτερης ποικιλίας διατροφή (Tandel, 2011).

Πολλές μελέτες έχουν συσχετίσει την διατροφή υψηλού γλυκαιμικού δείκτη με τους παθογενετικούς μηχανισμούς που συναντώνται στη παχυσαρκίας και στον σακχαρώδη διαβήτη. Ειδικότερα, έχειδειχθεί ότι η κατανάλωση αναψυκτικών με τεχνητά ή φυσικά γλυκαντικά σχετίζεται με την αύξηση του κινδύνου εμφάνισης παχυσαρκίας, σακχαρώδη διαβήτη τύπου 2 και άλλων μεταβολικών νοσημάτων. Τα αναψυκτικά με φυσικά γλυκαντικά προτείνονται για τη μείωση του γλυκαιμικού δείκτη, την πρόληψη και τη διαχείριση του σακχαρώδη διαβήτη (Shearer & Swithers, 2016). Στη μελέτη των Lambert et al, (2018), παρασκευάστηκε ένα νέο αναψυκτικό από λοβούς χαρουπιού το οποίο περιείχε pinitol. Η κατανάλωση αυτού από υγιείς συμμετέχοντες έδειξε βελτίωση της μεταγευματικής γλυκαιμικής απόκρισης και των επιπέδων γλυκόζης σε σύγκριση με αναψυκτικά που περιείχαν σουκρόζη.



4.1.3 Χαρουπάλευρο

Το εμπορικά ονομαζόμενο χαρουπάλευρο (carob flour) ή η σκόνη από χαρούπι (carob powder) παράγεται από τον καρπό μετά από απομάκρυνση των σπόρων. Το χαρουπάλευρο παράγεται από μια διαδικασία ξήρανσης, άλεσης και ψησίματος των λοβών αφού αφαιρεθούν οι σπόροι. Το αποτέλεσμα είναι η παραγωγή μιας σκόνης αλεύρου που μοιάζει με την σκόνη του κακάο. Το αλεύρι που προκύπτει μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παρασκευή ψωμιού και αρτοσκευασμάτων, αλλά και γλυκών όπου μπορεί να αντικατασταθεί και μέρος του κακάο. Φυσικά η χρήση του χαρουπάλευρου έχει ως αποτέλεσμα τα παρασκευασμένα τρόφιμα να πάρουν χρώμα καφέ-σοκολατί και γεύση που μοιάζει με σοκολάτα, η οποία μπορεί να αυξομειωθεί με ανάμιξη διάφορων ποσοτήτων χαρουπάλευρου με μέλι ή άλλα υλικά (Dakia et al., 2007).

Για την παρασκευή του χαρουπάλευρου, συνηθίζεται να καβουρδίζονται οι λοβοί πριν την άλεση. Για αυτό το λόγο, τα χαρούπια υπόκεινται σε θερμική επεξεργασία με θερμοκρασίες από 120 έως 180 °C, (συνήθως 150 °C) για χρονικό διάστημα από 10 έως 60 λεπτά, έτσι να επιτευχθούν διαφορετικοί βαθμοί καβουρδίσματος. Κατά τη διάρκεια της θερμικής επεξεργασίας πραγματοποιούνται ειδικές αντιδράσεις όπως η καραμελοποίηση και η αντίδραση Maillard, οι οποίες επηρεάζουν την ποιότητα του αλευριού. Καθώς αυξάνεται ο χρόνος του καβουρδίσματος του χαρουπάλευρου, παρατηρείται αύξηση των επιπέδων των ολικών πολυφαινολών και της αντιοξειδωτικής δραστηριότητας ενώ μειώνεται το pH. Υπερβολικός χρόνος καβουρδίσματος έχει σαν αποτέλεσμα την παραγωγή τοξικών προϊόντων όπως είναι η hydroxymethyl-furaldehyde (5-hydroxymethyl-2-furaldehyde, HMF). Επίσης, το καβούρδισμα μπορεί να τροποποιήσει τα επίπεδα οξέων, αλκοολών, αλδεϋδών και εστέρων στο χαρουπάλευρο αλλά και να ενισχύσει το άρωμα του με τέτοιο τρόπο ώστε να μοιάζει με αυτό του κακάου ή της σοκολάτας (Román et al, 2017).



Από θρεπτική άποψη, το χαρουπάλευρο παρουσιάζει χαμηλό περιεχόμενο σε λιπίδια, (0.65%) και πρωτεΐνη (4.62%) και υψηλά επίπεδα σακχάρων (49.08%) και διαιτητικών ινών (39.80%). Όσο αφορά τα σάκχαρα, το χαρουπάλευρο περιέχει κυρίως σουκρόζη και γλυκόζη και λιγότερες ποσότητες φρουκτόζης ενώ είναι πλούσιο σε σίδηρο, μαγγάνιο και ψευδάργυρο (Ayaz et al, 2009). Επιπλέον, περιέχει ποσότητες ασβεστίου, καλίου, μαγνησίου), βιταμίνων Β2 και Β6 αλλά και φαινολικών στοιχείων, όπως είναι οι προανθοκυανιδίνες και οι κατεχίνες, γεγονός που αυξάνει την αντιοξειδωτική του δράση, προστατεύοντας τα κύτταρα (Kumazawa et al, 2002). Ταυτόχρονα, το χαρουπάλευρο περιέχει υψηλές ποσότητες D-pinitol, η οποία μειώνει τα επίπεδα γλυκόζης στο αίμα ενώ διαθέτει και αντιφλεγμονώδη δράση. Επιπλέον, έχει χαμηλή υγρασία και μπορεί να διατηρηθεί σε ξηρό, δροσερό και σκοτεινό μέρος για μεγάλο χρονικό διάστημα (Tetik et al, 2011).

Το χαρουπάλευρο δεν περιέχει γλουτένη και έτσι μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε προϊόντα, κατάλληλα σε όσους παρουσιάζουν δυσανεξία σε αυτήν όπως είναι οι ασθενείς με κοιλιοκάκη. Η κοιλιοκάκη (ή εντεροπάθεια από γλουτένη) είναι μια αυτοάνοση διαταραχή που εμφανίζεται σε ανθρώπους με γενετική προδιάθεση και χαρακτηρίζεται από χρόνια δυσλειτουργία του λεπτού εντέρου με την κατανάλωση γλουτένης. Η γλουτένη είναι μια πρωτεΐνη που βρίσκεται στο σιτάρι, στο κριθάρι και στη σίκαλη και αποτελείται από τη γλοιαδίνη και γλουτελίνη. Η γλουτένη βοηθά τα τρόφιμα να διατηρούν το σχήμα τους, λειτουργώντας ως «κόλλα» που συγκρατεί τα τρόφιμα. Η κοιλιοκάκη είναι μια νόσος άμεσα συνδεδεμένη με τη διατροφή, διότι η αυστηρή εφ' όρου ζωής προσκόλληση στη δίαιτα ελεύθερη γλουτένης αποτελεί τη μόνη επιστημονικά αποδεδειγμένη θεραπεία. Έτσι, ο πρώτος και βασικός στόχος της διατροφικής παρέμβασης για τα άτομα που πάσχουν από κοιλιοκάκη, είναι ο αποκλεισμός όλων των φανερών ή κρυφών πηγών γλουτένης από τη διατροφή τους. Η δίαιτα ελεύθερης γλουτένης έχει ως κύριο χαρακτηριστικό τον πλήρη αποκλεισμό των πρωτεϊνών που βρίσκονται στο σιτάρι, τη σίκαλη, το κριθάρι και τα υβρίδια αυτών (Gujral et al, 2012).

Παρόλο που αρκετές ομάδες τροφίμων και τρόφιμα μπορούν να καταναλωθούν από έναν ασθενή με κοιλιοκάκη, αξιοσημείωτο είναι ότι πολύ συχνά υπάρχει ανεπάρκεια σε βιταμίνες ή ιχνοστοιχεία. Η πιο συνηθισμένη ανεπάρκεια που παρατηρείται και ειδικά



σε γυναίκες με κοιλιοκάκη είναι η ανεπάρκεια ασβεστίου και συνήθως καταπολεμάται με τη χορήγηση συμπληρωμάτων ασβεστίου με ταυτόχρονη χορήγηση βιταμίνης D (Wierdsma et al, 2012). Σύμφωνα με τους Newberry et al, (2017), στους ασθενείς με κοιλιοκάκη που ακολουθούν τη δίαιτα χωρίς γλουτένη, παρατηρούνται αλλαγές στο ποσοστό θερμίδων που προσλαμβάνονται από την κάθε κατηγορία μακροθρεπτικών συστατικών. Ειδικότερα, μειώνεται η κατανάλωση υδατανθράκων και αυξάνεται η κατανάλωση λιπών, ειδικά στην πληθυσμιακή ομάδα των εφήβων. Επιπρόσθετα, παρατηρείται αύξηση της κατανάλωσης τροφών με ποσοστό υδατανθράκων υψηλού γλυκαιμικού δείκτη και χαμηλό περιεχόμενο σε διαιτητικές ίνες. Από τα παραπάνω συμπεραίνεται ότι το χαρουπάλευρο συνιστά μια χρήσιμη εναλλακτική πηγή για τα άτομα με δυσανεξία στην γλουτένη.

Η ενσωμάτωση του χαρουπάλευρου έχει προταθεί σε πολλά διαφορετικά προϊόντα με βάση τα δημητριακά. Η χρήση χαρουπάλευρου στην παρασκευή ζυμαρικών σε ποσοστό 5%, είχε σαν αποτέλεσμα την αύξηση της αντιοξειδωτικής δραστηριότητας και τη μείωση της πεπτικότητας του αμύλου χωρίς να επηρεάζονται τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά (Seczyk et al, 2016). Στα αρτοπαρασκευάσματα χωρίς γλουτένη, προτείνεται ενσωμάτωση του χαρουπάλευρου σε ποσοστά άνω του 15%. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι σε αυτά τα επίπεδα, η ρεολογία της ζύμης τροποποιείται και για αυτό προτείνεται η αύξηση του υδατικού περιεχομένου (Tsatsaragkou et al, 2014). Επιπλέον, η προσθήκη χαρουπάλευρου για την παρασκευή μπισκότων μπορεί να βοηθήσει στην μείωση του γλυκαιμικού τους δείκτη (Román et al, 2017).

Στη μελέτη των Tsatsaragkou et al, (2014), παρασκευάστηκε ψωμί ελεύθερο γλουτένης, με χαρουπάλευτο και συγκρίθηκε με εκείνο που παρασκευάστηκε με ρυζάλευρο. Η προσθήκη χαρουπάλευρου είχε σαν αποτέλεσμα την ανάγκη αύξησης του περιεχομένου της ζύμης σε νερό, χωρίς να επηρεάσει τη δομή και την υφή του ψωμιού και την αύξηση της περιεκτικότητας σε διαιτητικές ίνες. Η χρήση του χαρουπάλευρου συνιστά μια υποσχόμενη εναλλακτική λύση στην παραγωγή αρτοπαρασκευασμάτων με υψηλής ποιότητας χαρακτηριστικά για τους ασθενείς με κοιλιοκάκη.



Συμπεράσματα- Συζήτηση

Η χαρουπιά χρησιμοποιείται σε διάφορες μορφές (χαρουπάλευρο ή σκόνη χαρουπιού, ολόκληρος ο καρπός, ο πυρήνας του καρπού, χαρουπόμελο) (Sidina et al., 2009). Τα φρούτα της χαρουπιάς χαρακτηρίζονται από υψηλό περιεχόμενο σε σάκχαρα (48%–56%), κυρίως σουκρόζη, γλυκόζη και φρουκτόζη, 3%–4% πρωτεΐνη, χαμηλό περιεχόμενο σε λιπίδια (0.2%–0.6%) και αλκαλοειδή, και υψηλή περιεκτικότητα σε διατητικές ίνες. Ειδικότερα, η ψύχα περιέχει σάκχαρα, πολυφαινόλες όπως είναι οι ταννίνες, τα φλαβονοειδή και τα φαινολικά οξέα, ιχνοστοιχεία (K, Ca, Mg, Na, Cu, Fe, Mn, Zn), ενώ οι σπόροι περιέχουν πρωτεΐνες, διατητικές ίνες, πολυφαινόλες και ιχνοστοιχεία ενώ δεν περιέχουν γλουτένη (Papaefstathiou et al, 2018). Σε ελληνικές ποικιλίες χαρουπιών, έχει παρατηρηθεί σταδιακή μείωση των πρωτεϊνών, των σακχάρων, των πολυφαινόλων και των λιπαρών οξέων κατά την ανάπτυξη των χαρουπιών, το οποίο οφείλεται στη διαφορετική ικανότητα των φυτών να συσσωρεύουν, να συνθέτουν ή να αποδομούν αυτά τα συστατικά, σε διαφορετικές χρονικές στιγμές (Vekiari et al, 2012).

Το χαρουπάλευρο αποτελεί σημαντική πηγή βιταμινών E, D, C, νιασίνης, B6 και φυλλικού οξέος ενώ οι βιταμίνες A, B2 και B12 εντοπίζονται σε χαμηλές συγκεντρώσεις. Το έλαιο χαρουπιού περιέχει 17 λιπαρά οξέα, κυρίως ελαϊκό, λινολεϊκό, παλμιτικό και στεατικό οξύ σε ποσοστά 40.45%, 23.19%, 11.01%, and 3.08%, αντίστοιχα (Youssef, El-Manfaloty, & Ali, 2013).

Επιπρόσθετα, στους σπόρους της χαρουπιάς βρίσκεται ένας σημαντικός αριθμός κυκλιτολών. Ως κυκλιτόλες ορίζονται τα κυκλοαλκάνια που φέρουν ένα υδροξύλιο σε κάθε ένα από τα τρία ή περισσότερα άτομα άνθρακα του δακτυλίου. Η κύρια κυκλιτόλη που ανιχνεύεται στα χαρούπια είναι η D-pinitol (3-O-methyl-D-chiro-inositol) η οποία έχει πολλαπλά οφέλη για την υγεία για του ανθρώπου, ειδικά όσο αφορά τον έλεγχο του σακχαρώδη διαβήτη (Goulas et al., 2016).

Το ενδοσπέρμιο του σπόρου του χαρουπιού περιέχει το υδατοδιαλυτό κόμμι το οποίο είναι ένας πολυσακχαρίτης (γαλακτομανάνη) ο οποίος αποτελείται από 16%–20% D-γαλακτόζη και and 80%–84% D-μανόζη. Παράγεται μετά από επεξεργασία των σπόρων του χαρουπιού και αποτελεί φυσικό πρόσθετο και γλυκαντική ουσία (E410).



Επιπλέον, το κόμμα χαρουπιού έχει πολλές εφαρμογές στην παρασκευή καλλυντικών, φαρμακευτικών προϊόντων, βαφών, κεραμικών και συγκολλητικών (Salinas et al, 2015).

Το φύτρο χαρουπιού περιέχει υψηλή συγκέντρωση πρωτεΐνης καρουβίνης η οποία ένα μίγμα πολλών πρωτεϊνών με διαφορετικό μέγεθος και βαθμό πολυμερισμού. Η πρωτεΐνη καρουβίνη είναι αδιάλυτη στο νερό και κατέχει παρόμοιες ρεολογικές ιδιότητες ανάλογες της γλουτένης. Η καρουβίνη μπορεί να υποκαταστήσει τις πρωτεΐνες γάλακτος και σόγιας στα τρόφιμα (Custódio et al., 2011).

Το χαρούπι μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υποκατάστατο του κακάου. Μάλιστα, η σκόνη χαρουπιού παρουσιάζει περισσότερα διατροφικά πλεονεκτήματα καθώς έχει λιγότερα λιπαρά (0.6%) και υψηλότερη περιεκτικότητα σε διαιτητικές ίνες (40%) σε σύγκριση με το κακάο το οποίο περιέχει 23% λιπαρά and 5% διαιτητικές ίνες. Επιπρόσθετα, η σκόνη χαρουπιού δεν περιέχει καφεΐνη η οποία λειτουργεί ως διεγερτικό και οξαλοξικό οξύ το οποίο ευνοεί τον σχηματισμό νεφρικών λίθων. (Nasar-Abbas et al, 2015).

Πολλές μελέτες έχουν δείξει τα οφέλη της κατανάλωσης χαρουπιού και των προϊόντων στην προώθηση της ανθρώπινης υγείας και την πρόληψη και την αντιμετώπιση σημαντικών νοσημάτων όπως είναι ο καρκίνος του παχέος εντέρου, ο διαβήτης, τα καρδιαγγειακά νοσήματα, η υπερλιπιδαιμία και οι γαστρεντερικές διαταραχές όπως η διάρροια (Goulas et al, 2016).

Οι περισσότερες φαρμακολογικές επιδράσεις της χαρουπιάς οφείλονται στην αντιοξειδωτική της δράση η οποία αναστέλλει σε σημαντικό βαθμό της υπεροξειδωση των λιπιδίων στους ιστούς (Custodio et al., 2011). Η σημαντική αντιοξειδωτική δράση του χαρουπιού οφείλεται κυρίως στην υψηλή συγκέντρωση πολυφαινολών (Makris και Kefalas, 2004).

Τα φύλλα της χαρουπιάς στο παρελθόν έχουν χρησιμοποιηθεί ως αντιδιαρροικά και για την αντιμετώπιση της γαστρεντερίτιδας σε παιδιά. (Kınçak, Mert, & Ozturk, 2002). Στη μελέτη των Ruiz-Roso et al, (2010), η κατανάλωση χαρουπιών (4 g δύο φορές την ημέρα) για τέσσερις εβδομάδες είχε σαν αποτέλεσμα την μείωση της ολικής χοληστερόλης κατά 18% και των τριγλυκεριδίων κατά 16%. Η μελέτη των Klenow et al.



Δήμητρα Κηπαράκη Αδαμαντία Τσιροπούλου, Η θρεπτική αξία του χαρουπιού και τα πιθανά οφέλη του στην υγεία

(2008) στην οποία χρησιμοποιήθηκαν ειδικές ανθρώπινες κυτταρικές σειρές για τη έρευνα του παχέος εντέρου (HT29 και LT97) έδειξε ότι οι διαιτητικές ίνες του χαρουπιού οι οποίες είχαν υψηλές συγκεντρώσεις γαλλικού οξέος μείωσαν τον πολλαπλασιασμό των κυττάρων, εμποδίζοντας τη σύνθεση του DNA.

Συμπερασματικά, η υψηλή διατροφική αξία του χαρουπιού (υψηλό περιεχόμενο σε διαιτητικές ίνες και βιοενεργά συστατικά) και οι θετικές επιδράσεις του σε μια ποικιλία ασθενειών, ενισχύουν την ενσωμάτωση του στη καθημερινή διατροφή.



Βιβλιογραφία

- Albahrani, A. A., & Greaves, R. F. (2016). Fat-Soluble Vitamins: Clinical Indications and Current Challenges for Chromatographic Measurement. *The Clinical biochemist. Reviews*, 37(1), 27–47.
- Araujo, Q. R. D., Gattward, J. N., Almoosawi, S., Parada Costa Silva, M. das G. C., Dantas, P. A. D. S., & Araujo Júnior, Q. R. D. (2013). Cocoa and Human Health: From Head to Foot—A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(1), 1–12. <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.657921>
- Assantachai, P., & Lekhakula, S. (2007). Epidemiological survey of vitamin deficiencies in older Thai adults: implications for national policy planning. *Public Health Nutrition*, 10(1), 65–70. <https://doi.org/10.1017/s136898000720494x>
- Ayaz, F. A., Torun, H., Glew, R. H., Bak, Z. D., Chuang, L. T., Presley, J. M., & Andrews, R. (2009). Nutrient Content of Carob Pod (*Ceratonia siliqua* L.) Flour Prepared Commercially and Domestically. *Plant Foods for Human Nutrition*, 64(4), 286–292. doi:10.1007/s11130-009-0130-3
- Bach-Faig A, Berry EM, Lairon D, Reguant J, Trichopoulou A, Dernini S, Medina FX, Battino M, Belahsen R, Miranda G, Serra-Majem L. Mediterranean Diet Foundation Expert Group. Mediterranean diet pyramid today. Science and cultural updates. *Public Health Nutr*. 2011 14(12A):2274-84.
- Basli, A., Belkacem, N., & Amrani, I. (2017). Health Benefits of Phenolic Compounds Against Cancers. In *Phenolic Compounds - Biological Activity*. <https://doi.org/10.5772/67232>
- Bates, S.H.; Jones, R.B.; Bailey, C.J. (2000). Insulin-like effect of pinitol. *British Journal of Pharmacology* 130, 1944–1948.



- Battle, I. and J. Tous. 1997. Carob tree. *Ceratonia siliqua* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 17. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.
- Ben Othmen, K., Elfalleh, W., Lachiheb, B., & Haddad, M. (2019). Evolution of phytochemical and antioxidant activity of Tunisian carob (*Ceratonia siliqua* L.) pods during maturation. *The EuroBiotech Journal*, 3(3), 135–142. <https://doi.org/10.2478/ebtj-2019-0016>
- Bengoechea C., Romero A., Villanueva A., Moreno G., Alaiz M., Millan F., Guerrero A., and Puppo M. C. (2008). Composition and structure of carob (*Ceratonia siliqua* L.) germ proteins. *Food Chemistry*, 107, 675-683
- Castellanos-Sinco, H. B., Ramos-Peñañiel, C. O., Santoyo-Sánchez, A., Collazo-Jaloma, J., Martínez-Murillo, C., Montaña-Figueroa, E., & Sinco-Ángeles, A. (2015). Megaloblastic anaemia: Folic acid and vitamin B12 metabolism. *Revista Médica Del Hospital General De México*, 78(3), 135–143. <https://doi.org/10.1016/j.hgmx.2015.07.001>
- Chambial, S., Dwivedi, S., Shukla, K. K., John, P. J., & Sharma, P. (2013). Vitamin C in disease prevention and cure: an overview. *Indian journal of clinical biochemistry : IJCB*, 28(4), 314–328. <https://doi.org/10.1007/s12291-013-0375-3>
- Corsi, L., Avallone, R., Cosenza, F., Farina, F., Baraldi, C., & Baraldi, M. (2002). Antiproliferative effects of *Ceratonia siliqua* L. on mouse hepatocellular carcinoma cell line. *Fitoterapia*, 73(7–8), 674–684. [https://doi.org/10.1016/s0367-326x\(02\)00227-7](https://doi.org/10.1016/s0367-326x(02)00227-7)
- Custodio, L., Escapa, A. L., Fernandes, E., Fajardo, A., Aligue, R., Albericio, F., et al. (2011). Phytochemical profile, antioxidant and cytotoxic activities of the carob tree (*Ceratonia siliqua* L.) germ flour extracts. *Plant Foods for Human Nutrition*, 66, 78e84.
- Custódio, L., Fernandes, E., Escapa, A. L., López-Avilés, S., Fajardo, A., Aligué, R., ... Romano, A. (2009). Antioxidant activity and in vitro inhibition of tumor cell growth by leaf extracts from the carob tree (*Ceratonia siliqua*). *Pharmaceutical Biology*, 47(8), 721–728. <https://doi.org/10.1080/13880200902936891>



- Custódio, L., Fernandes, E., Escapa, A., López-Avilés, S., Fajardo, A., Aligué, R., Alberício, F., & Romano, A. (2008). Antiproliferative and apoptotic activities of extracts from carob tree (*Ceratonia siliqua* L.) in MDA-MB-231 human breast cancer cells. *Planta Medica*, 74(9). <https://doi.org/10.1055/s-0028-1084046>
- Dakia, P. A., Wathelet, B., & Paquot, M. (2007). Isolation and chemical evaluation of carob (*Ceratonia siliqua* L.) seed germ. *Food Chemistry*, 102(4), 1368–1374. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.05.059>
- Dan, A. G. (2016). Obesity—The Epidemic Crisis of Our Time. *Surgical Clinics of North America*, 96(4), xv–xvi. <https://doi.org/10.1016/j.suc.2016.06.001>
- Dos Santos, L.; Tomzack Tulio, L.; Fuganti Campos, L.; Ramos Dorneles, M.; Carneiro Hecke Kruger, C. (2015). Glycemic response to carob (*Ceratonia siliqua* L.) in healthy subjects and with the in vitro hydrolysis index. *Nutrition Hospitalaria*. 31, 482–487.
- Effendy, Pratama, M. F., Rauf, R. A., Antara, M., Basir-Cyio, M., Mahfudz, & Muhardi (2019). Factors influencing the efficiency of cocoa farms: A study to increase income in rural Indonesia. *PloS one*, 14(4), e0214569. doi:10.1371/journal.pone.0214569
- Goulas, V., Stylos, E., Chatziathanasiadou, M. V., Mavromoustakos, T., & Tzakos, A. G. (2016). Functional Components of Carob Fruit: Linking the Chemical and Biological Space. *International journal of molecular sciences*, 17(11), 1875. doi:10.3390/ijms17111875
- Goulas, V., Stylos, E., Chatziathanasiadou, M.V., Mavromoustakos, T., Tzakos, A.G. (2016). Functional Components of Carob Fruit: Linking the Chemical and Biological Space, *International Journal of Molecular Science*, 17, 1875. doi:10.3390/ijms17111875
- Gujral, N., Freeman, H. J., & Thomson, A. B. (2012). Celiac disease: prevalence, diagnosis, pathogenesis and treatment. *World journal of gastroenterology*, 18(42), 6036–6059. doi:10.3748/wjg.v18.i42.6036
- Hassanein, K.M.A.; Youssef, M.K.E.; Ali, H.M.; El-Manfaloty, M.M. The influence of carob powder on lipid profile and histopathology of some organs in rats. *Comp. Clin. Pathol.* 2015, 24, 1509–1513.



- Holven, K. B., Ulven, S. M., & Bogsrud, M. P. (2017). Hyperlipidemia and cardiovascular disease with focus on familial hypercholesterolemia. *Current Opinion in Lipidology*, 28(5), 445–447. doi:10.1097/mol.0000000000000044
- Institute of Medicine (US) Committee to Review Dietary Reference Intakes for Vitamin D and Calcium; Ross AC, Taylor CL, Yaktine AL, et al., editors. Dietary Reference Intakes for Calcium and Vitamin D. Washington (DC): National Academies Press (US); 2011. 2, Overview of Calcium. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK56060/>
- Kennel, K. A., Drake, M. T., & Hurley, D. L. (2010). Vitamin D deficiency in adults: when to test and how to treat. *Mayo Clinic proceedings*, 85(8), 752–758. <https://doi.org/10.4065/mcp.2010.0138>
- Khelifa, M., Bahloul, A. and Kitane, S. (2013) Determination of Chemical Composition of Carob Pod (*Ceratonia siliqua* L.) and Its Morphological Study. *Journal of Materials and Environmental Sciences*, 4, 348-353
- Kivçak, B., Mert, T., & Ozturk, H. T. (2002). Antimicrobial and cytotoxic activity of *Ceratonia siliqua* L. extracts. *Turkish Journal of Biology*, 26, 197e200.
- Klenow, S., Gleib, M., Haber, B., Owen, R., & Pool-Zobel, B. L. (2008). Carob fibre compounds modulate parameters of cell growth differently in human HT29 colon adenocarcinoma cells than in LT97 colon adenoma cells. *Food and Chemical Toxicology*, 46(4), 1389–1397. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.09.003>
- Klenow, S., Gleib, M., Haber, B., Owen, R., Pool-Zobel, B.L. (2008). Carob fibre compounds modulate parameters of cell growth differently in human ht29 colon adenocarcinoma cells than in LT97 colon adenoma cells. *Food Chemistry Toxicology*, 46, 1389–1397.
- Kongor, J. E., Hinneh, M., de Walle, D. V., Afoakwa, E. O., Boeckx, P., & Dewettinck, K. (2016). Factors influencing quality variation in cocoa (*Theobroma cacao*) bean flavour profile — A review. *Food Research International*, 82, 44–52. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.01.012>



- Kumazawa, S., Taniguchi, M., Suzuki, Y., Shimura, M., Kwon, M.-S., & Nakayama, T. (2002). Antioxidant Activity of Polyphenols in Carob Pods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(2), 373–377. <https://doi.org/10.1021/jf010938r>
- Lambert, C., Cubedo, J., Padró, T., Vilahur, G., López-Bernal, S., Rocha, M., ... Badimon, L. (2018). Effects of a Carob-Pod-Derived Sweetener on Glucose Metabolism. *Nutrients*, 10(3), 271. doi:10.3390/nu10030271
- Leotsinidis, M., Alexopoulos, A., Schinas, V., Kardara, M., & Kondakis, X. (2000). European Journal of Epidemiology, 16(11), 1009–1016. <https://doi.org/10.1023/a:1010895227352>
- Liu, C., Zheng, Y., Xu, W., Wang, H., & Lin, N. (2014). Rhubarb tannins extract inhibits the expression of aquaporins 2 and 3 in magnesium sulphate-induced diarrhoea model. *BioMed research international*, 619465. doi:10.1155/2014/619465
- López-Sánchez, J.I, Moreno, D.A, García-Viguera, C. (2018). D-pinitol, a highly valuable product from carob pods: Health-promoting effects and metabolic pathways of this natural super-food ingredient and its derivatives. *AIMS Agriculture and Food*, 3(1): 41–63.
- Loullis, A., & Pinakoulaki, E. (2017). Carob as cocoa substitute: a review on composition, health benefits and food applications. *European Food Research and Technology*, 244(6), 959–977. doi:10.1007/s00217-017-3018-8
- Makris, D.P., Kefalas, P. (2004). Carob Pods (*Ceratonia siliqua* L.) as a Source of Polyphenolic Antioxidants, *Food Technology Biotechnology*, 42 (2), 105–108
- Naberhuis, J. K., Hunt, V., Bell, J., Partridge, J., Goates, S., & Nuijten, M. (2017). Health care costs matter: a review of nutrition economics – is there a role for nutritional support to reduce the cost of medical health care? *Nutrition and Dietary Supplements*, Volume 9, 55–62. <https://doi.org/10.2147/nds.s126232>
- Nagao, T., & Hirokawa, M. (2017). Diagnosis and treatment of macrocytic anemias in adults. *Journal of General and Family Medicine*, 18(5), 200–204. <https://doi.org/10.1002/jgf2.31>
- Nasar-Abbas, S. M., e-Huma, Z., Vu, T.-H., Khan, M. K., Esbenshade, H., & Jayasena, V. (2015). Carob Kibble: A Bioactive-Rich Food Ingredient. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(1), 63–72. doi:10.1111/1541-4337.12177



- Nasar-Abbas. S.M., Zill-e-Huma, T.H,Vu, Khan M.K., Esbenshade H., and Jayasena V. (2015). Carob Kibble: A Bioactive-Rich Food Ingredient, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15, 63-72
- National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases, LiverTox. (2012). Clinical and Research Information on Drug-Induced Liver Injury [Internet]. Bethesda (MD): National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases; 2012-. Niacin. [Updated 2014 Feb 2]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK548176/>
- Newberry, C., McKnight, L., Sarav, M., & Pickett-Blakely, O. (2017). Going Gluten Free: the History and Nutritional Implications of Today's Most Popular Diet. *Current Gastroenterology Reports*, 19(11). <https://doi.org/10.1007/s11894-017-0597-2>
- Owen, R. W., Haubner, R., Hull, W. E., Erben, G., Spiegelhalder, B., Bartsch, H., & Haber, B. (2003). Isolation and structure elucidation of the major individual polyphenols in carob fibre. *Food and Chemical Toxicology*, 41(12), 1727–1738. doi:10.1016/s0278-6915(03)00200-x
- Papaefstathiou, E., Agapiou, A., Giannopoulos, S., & Kokkinofta, R. (2018). Nutritional characterization of carobs and traditional carob products. *Food Science & Nutrition*. doi:10.1002/fsn3.776
- Papagiannopoulos, M., Wollseifen, H. R., Mellenthin, A., Haber, B., & Galensa, R. (2004). Identification and Quantification of Polyphenols in Carob Fruits (*Ceratonia siliqua*L.) and Derived Products by HPLC-UV-ESI/MSn. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(12), 3784–3791. doi:10.1021/jf030660y
- Pawłowska, K., Kuligowski, M., Jasińska-Kuligowska, I., Kidoń, M., Siger, A., Rudzińska, M., & Nowak, J. (2018). Effect of Replacing Cocoa Powder by Carob Powder in the Muffins on Sensory and Physicochemical Properties. *Plant foods for human nutrition (Dordrecht, Netherlands)*, 73(3), 196–202. doi:10.1007/s11130-018-0675-0
- Pourreza N. (2013). Phenolic compounds as potential antioxidant. *Jundishapur journal of natural pharmaceutical products*, 8(4), 149–150. doi:10.17795/jjnpp-15380



- Ramon-Laca L, Mabberley DJ. 2004. The ecological status of the carob-tree (*Ceratonia siliqua*, Leguminosae) in the Mediterranean. *Bot J Linn Soc* 144(4):431–6.
- Reuter, S., Gupta, S. C., Chaturvedi, M. M., & Aggarwal, B. B. (2010). Oxidative stress, inflammation, and cancer: how are they linked?. *Free radical biology & medicine*, 49(11), 1603–1616. doi:10.1016/j.freeradbiomed.2010.09.006
- Riobó, Serván, P., Sierra, Poyatos, R., Soldo, Rodríguez, J. (2014). Low and no calorie sweeteners (LNCS); myths and realities. *Nutrition Hospitalaria*. 22(30), 49-55.
- Rizvi, S., Raza, S. T., Ahmed, F., Ahmad, A., Abbas, S., & Mahdi, F. (2014). The role of vitamin e in human health and some diseases. *Sultan Qaboos University medical journal*, 14(2), e157–e165.
- Rizzo, V., Tomaselli, F., Gentile, A., La Malfa, S., & Maccarone, E. (2004). Rheological Properties and Sugar Composition of Locust Bean Gum from Different Carob Varieties (*Ceratonia siliqua*L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(26), 7925–7930. <https://doi.org/10.1021/jf0494332>
- Román, L., González, A., Espina, T., & Gómez, M. (2017). Degree of roasting of carob flour affecting the properties of gluten-free cakes and cookies. *Journal of food science and technology*, 54(7), 2094–2103. doi:10.1007/s13197-017-2649-x
- Rtibi, K., Selmi, S., Grami, D., Saidani, K., Sebai, H., Amri, M., ... Marzouki, L. (2016). *Ceratonia siliqua* L. (immature carob bean) inhibits intestinal glucose absorption, improves glucose tolerance and protects against alloxan-induced diabetes in rat. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(8), 2664–2670. doi:10.1002/jsfa.8091
- Ruiz-Roso, B., Quintela, J.C, de la Fuente, E., Haya, J., P´erez-Olleros, L. (2010). Insoluble carob fiber rich in polyphenols lowers total and LDL cholesterol in hypercholesterolemic subjects. *Plant Food Human Nutrition* 65(1), 50–6.
- Salem, E.M. (2012). Substituting of Cacao by Carob Pod Powder In Milk Chocolate Manufacturing. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 6(3), 572–578



- Salinas, M., Carbas, B., Brites, C., & Puppo, M. (2015). Influence of Different Carob Fruit Flours (*Ceratonia siliqua* L.) on Wheat Dough Performance and Bread Quality. *Food and Bioprocess Technology*, 8, 1561–1570. <https://doi.org/10.1007/s11947-015-1527-7>.
- Sandolo, C., Coviello, T., Matricardi, P., & Alhaique, F. (2007). Characterization of polysaccharide hydrogels for modified drug delivery. *European Biophysics Journal*, 36, 693e700.
- Schmidt A. M. (2018). Highlighting Diabetes Mellitus: The Epidemic Continues. *Arteriosclerosis, thrombosis, and vascular biology*, 38(1), e1–e8. doi:10.1161/ATVBAHA.117.310221
- Sęczyk, Ł., Świeca, M., & Gawlik-Dziki, U. (2016). Effect of carob (*Ceratonia siliqua* L.) flour on the antioxidant potential, nutritional quality, and sensory characteristics of fortified durum wheat pasta. *Food Chemistry*, 194, 637–642. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.08.086>
- Shearer, J., & Swithers, S. E. (2016). Artificial sweeteners and metabolic dysregulation: Lessons learned from agriculture and the laboratory. *Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders*, 17(2), 179–186. <https://doi.org/10.1007/s11154-016-9372-1>
- Sidina, M., El Hansali, M., Wahid, N., Ouatmane, A., Boulli, A., & Haddioui, A. (2009). Fruit and seed diversity of domesticated carob (*Ceratonia siliqua* L.) in Morocco. *Scientia Horticulturae*, 123, 110e116.
- Sies H. (2015). Oxidative stress: a concept in redox biology and medicine. *Redox biology*, 4, 180–183. doi:10.1016/j.redox.2015.01.002
- Sigge, G. O., lipumbu, L., & Britz, T. J. (2011). Proximate composition of carob cultivars growing in South Africa. *South African Journal of Plant and Soil*, 28(1), 17–22. <https://doi.org/10.1080/02571862.2011.10640008>
- Son, D.-W., Lee, J.-W., Lee, P.-J., & Bae, K.-H. (2010). Glycemic Index of Insu 100(R). *Journal of Ginseng Research*, 34(2), 89–92. <https://doi.org/10.5142/jgr.2010.34.2.089>
- Stavrou, I. J., Christou, A., & Kapnissi-Christodoulou, C. P. (2018). Polyphenols in carobs: A review on their composition, antioxidant capacity and cytotoxic effects, and health impact. *Food Chemistry*, 269, 355–374. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.06.152>



- Tandara, L., & Salamunic, I. (2012). Iron metabolism: current facts and future directions. *Biochemia medica*, 22(3), 311–328. <https://doi.org/10.11613/bm.2012.034>
- Tandel, K.R. (2011). Sugar substitutes: Health controversy over perceived benefits. *Journal of Pharmacology and Pharmacotherapy*. 2(4), 236-43.
- Tetik, N., Turhan, I., Oziyci, H. R., & Karhan, M. (2011). Determination of d-pinitol in carob syrup. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 62(6), 572–576. <https://doi.org/10.3109/09637486.2011.560564>
- Tsatsaragkou, K., Gounaropoulos, G., & Mandala, I. (2014). Development of gluten free bread containing carob flour and resistant starch. *LWT - Food Science and Technology*, 58(1), 124–129. doi:10.1016/j.lwt.2014.02.043
- Tsatsaragkou, K., Yiannopoulos, S., Kontogiorgi, A., Poulli, E., Krokida, M., & Mandala, I. (2013). Effect of Carob Flour Addition on the Rheological Properties of Gluten-Free Breads. *Food and Bioprocess Technology*, 7(3), 868–876. <https://doi.org/10.1007/s11947-013-1104-x>
- Turhan, I. (2013). Relationship Between Sugar Profile and D-Pinitol Content of Pods of Wild and Cultivated Types of Carob Bean (*Ceratonia siliqua* L.). *International Journal of Food Properties*, 17(2), 363–370. <https://doi.org/10.1080/10942912.2011.631255>
- Valero-Muñoz, M., Martín-Fernández, B., Ballesteros, S., Lahera, V., & de las Heras, N. (2014). Carob Pod Insoluble Fiber Exerts Anti-Atherosclerotic Effects in Rabbits through Sirtuin-1 and Peroxisome Proliferator-Activated Receptor- γ Coactivator-1 α . *The Journal of Nutrition*, 144(9), 1378–1384. <https://doi.org/10.3945/jn.114.196113>
- Vekiari, A.S., Ouzounidou, G., Gork, G., Ozturk, M. and Asfi, M. (2012). Compositional changes of major chemical compounds in greek carob pods during development, *Bull. Chem. Soc. Ethiop.* 26(3), 343-351.
- Weaver C. M. (2013). Potassium and health. *Advances in nutrition* (Bethesda, Md.), 4(3), 368S–77S. <https://doi.org/10.3945/an.112.003533>



- Wierdsma, N. J., van Bokhorst-de van der Schueren, M. A., Berkenpas, M., Mulder, C. J., & van Bodegraven, A. A. (2013). Vitamin and mineral deficiencies are highly prevalent in newly diagnosed celiac disease patients. *Nutrients*, 5(10), 3975–3992. doi:10.3390/nu5103975
- Wiseman, E. M., Bar-El Dadon, S., & Reifen, R. (2016). The vicious cycle of vitamin a deficiency: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(17), 3703–3714. <https://doi.org/10.1080/10408398.2016.1160362>
- Youssef, M. K. E., El-Manfaloty, M. M., & Ali, H. M. (2013). Assessment of proximate chemical composition, nutritional status, fatty acid composition and phenolic compounds of carob (*Ceratonia siliqua* L.). *Healthcare Foodservice Magazine.*, 3, 304–308.
- Zhu, B. J., Zayed, M. Z., Zhu, H. X., Zhao, J., & Li, S. P. (2019). Functional polysaccharides of carob fruit: a review. *Chinese medicine*, 14, 40. doi:10.1186/s13020-019-0261-x
- Καραμάνος, Β., Μυγδάλης, Η., Σωτηρόπουλος, Α., Χριστακόπουλος, Π. (2011). Κατευθυντήριες Οδηγίες για τη διαχείριση του διαβητικού ασθενούς, Ελληνική Διαβητολογική Εταιρεία. Ανακτήθηκε στις 20/12/2019 από: <https://www.bpath.gr/files/odigies.pdf>

Ελληνική Βιβλιογραφία

- Κατσίκη, Ν., Ηλιάδης, Φ., Ζαντίσης, Α., Διδάγγελος, Τ. (2010) Σακχαρώδης διαβήτης: Διάγνωση και ταξινόμηση Ελληνικά Διαβητολογικά Χρονικά 23(1), 78-86
- Κωτσοβασίλης, Κ., Μπέη, ΘΑ. (2003). Λιποπρωτεΐνες και αθηροσκλήρυνση. *Αρχεία Ελληνικής Ιατρικής*, 20(4), 384-406.
- Μπαμπάτσικου, Φ. (2010). Επιδημιολογικά δεδομένα των καρδιαγγειακών νοσημάτων στους ηλικιωμένους. *Το Βήμα του Ασκληπιού*,9(3).
- Παπαγαλάνης, Ν. (2014). Οξειδωτικό στρες και ενδογενές αντιοξειδωτικό σύστημα Ι. Δραστικές ρίζες οξυγόνου, *Ελληνική Νεφρολογία* 26 (3): 151 – 194.



Δήμητρα Κηπαράκη Αδαμαντία Τσιροπούλου, Η θρεπτική αξία του χαρουπιού και τα πιθανά οφέλη του στην υγεία

- Παταπίου, Ν. (2018). Ιστορικά στοιχεία και λαογραφικές αναφορές για το χαρούπι. Ανακτήθηκε στις 10/1/2020 από: <http://parathyro.politis.com.cy/2018/01/istorika-stoicheia-kai-laografikes-anafores-gia-to-charoupi/>
- Ποντίκης, Κ. (1996). Ειδική δενδροκομία Τόμος II "Ακρόδρυα - Πυρηνόκαρπα - Λοιπά καρποφόρα", Εκδόσεις Σταμούλη.
- Υπουργείο Γεωργίας, Αγροτικής Ανάπτυξης και Περιβάλλοντος, Τμήμα Γεωργίας. (2016). Η καλλιέργεια της χαρουπιάς Έκδοση 8/2016 Λευκωσία-ΚΥΠΡΟΣ. Διαθέσιμο [http://www.moa.gov.cy/moa/da/da.nsf/All/784605E98EBF0B6EC225805D0047C8C4/\\$file/%CE%97%20%CE%BA%CE%B1%CE%BB%CE%BB%CE%B9%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1%20%CF%84%CE%B7%CF%82%20%CF%87%CE%B1%CF%81%CE%BF%CF%85%CF%80%CE%B9%CE%AC%CF%82.pdf?OpenElement](http://www.moa.gov.cy/moa/da/da.nsf/All/784605E98EBF0B6EC225805D0047C8C4/$file/%CE%97%20%CE%BA%CE%B1%CE%BB%CE%BB%CE%B9%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1%20%CF%84%CE%B7%CF%82%20%CF%87%CE%B1%CF%81%CE%BF%CF%85%CF%80%CE%B9%CE%AC%CF%82.pdf?OpenElement) (Ανακτήθηκε 5/9/2019)



*Δήμητρα Κηπαράκη Αδαμαντία Τσιροπούλου, Η θρεπτική αξία του χαρουπιού
και τα πιθανά οφέλη του στην υγεία*

Υπέθνη Δήλωση Συγγραφέα:

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν. 1599/1986 και τα άρθρα 2,4,6 παρ. 3 του Ν. 1256/1982, η παρούσα εργασία αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής εργασίας και δεν προσβάλλει κάθε μορφής πνευματικά δικαιώματα τρίτων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον.