



ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ & ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ

Πτυχιακή Εργασία

Ευεργετικές και θεραπευτικές ιδιότητες του χαρουπιού στον
άνθρωπο



Κωνσταντάκης Ανδρέας – Γεώργιος ΑΜ: 2153

Επιβλέπουσα: Σφακιανάκη Ειρήνη, MSc

ΣΗΤΕΙΑ, «Ιούλιος» «2021»



HELLENIC MEDITERRANEAN UNIVERSITY
SCHOOL OF HEALTH SCIENCE
DEPARTMENT OF NUTRITION AND DIETETICS SCIENCES

THESIS

for the Undergraduate Degree

**SUBJECT: Beneficial and therapeutic properties of carob in
humans**



EDITOR: Konstantakis Andreas – Georgios YD: 2153

Supervisor: Sfakianaki Irimi, MSc

SITIA «July» «2021»



Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την καθηγήτριά μου διαιτολόγο-διατροφολόγο κυρία Σφακιανάκη Ειρήνη για την καθοδήγηση και τις συμβουλές που μου έδωσε κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της πτυχιακής μου εργασίας, καθώς και όλους τους καθηγητές του τμήματος Επιστημών Διατροφής και Διαιτολογίας, του Μεσογειακού Πανεπιστημίου, και κάθε έναν ξεχωριστά, για τις πληροφορίες και τις γνώσεις που μου προσέφεραν καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου, η οποία με στήριξε με κάθε τρόπο, σε κάθε βήμα της φοιτητικής μου πορείας.



Περίληψη

Το χαρούπι αποτελεί ένα από τα αρχαϊκά όσπρια, τα οποία χρησιμοποιούνταν ως τροφή για τους ανθρώπους και τα ζώα. Η λατινική του ονομασία είναι ‘*Ceratonia siliqua*’ και ανήκει στην οικογένεια ‘*Leguminosae*’. Εδώ και πολλά χρόνια, το χαρούπι καλλιεργείται κυρίως στην Μεσόγειο, και θεωρείται ότι οι αρχαίοι Έλληνες εισήγαγαν τον καρπό στην Μεσόγειο από την μέση Ανατολή. Οι 5 χώρες με την μεγαλύτερη παραγωγή χαρουπιού είναι η Ισπανία, Ιταλία, Πορτογαλία, Ελλάδα και το Μαρόκο. Το δέντρο της χαρουπιάς είναι πολύ ανθεκτικό σε ακραίες καιρικές συνθήκες και, εκτός από τον καρπό, προσφέρει ξυλεία, προστασία από δυνατούς ανέμους, ανοχή στην φωτιά κ.ά. Υπάρχουν πολλές ποικιλίες χαρουπιού, ωστόσο στην Ελλάδα οι καλλιεργήσιμες ποικιλίες είναι άγριες, βρίσκονται στην Κρήτη και ονομάζονται ‘*Hemere*’ και ‘*Tylligia*’, με την πρώτη να κατέχει την μεγαλύτερη παραγωγή σε όλη την Κρήτη. Το χαρούπι αποτελείται από τον λοβό με τη σάρκα και τον σπόρο. Κάθε μέρος του καρπού χρησιμοποιείται ξεχωριστά από την βιομηχανία τροφίμων για την παραγωγή διαφόρων προϊόντων, όπως αλεύρι, αλείμματα, σιρόπι, λικέρ, χυμό, μέλι, κομπόστα, καφέ, σοκολάτα, καθώς και από την τεχνολογία τροφίμων για την παραγωγή συστατικών, όπως το κόμμι χαρουπιού που παράγεται από τον σπόρο. Το χαρούπι περιέχει διάφορες βιοδραστικές και ενεργητικές ουσίες για τον άνθρωπο, όπως βιταμίνες, μέταλλα, ιχνοστοιχεία, φαινολικές ενώσεις, κυκλιτόλες που έχουν δείξει θεραπευτικές ιδιότητες ενάντια σε ασθένειες και επιπλοκές όπως ο σακχαρώδης διαβήτης, η οστεοπόρωση, τα γαστρεντερικά προβλήματα, η υπερχοληστερολαιμία, ο καρκίνος και οι φλεγμονές. Επίσης, το χαρούπι διαθέτει αντιμικροβιακές, αντιυπερτασικές, και αντιοξειδωτικές ιδιότητες κατά των ελεύθερων ριζών και του οξειδωτικού στρες. Ιδιαίτερα η D-πινιτόλη παρουσιάζει ενεργητικές ιδιότητες στον γλυκαιμικό έλεγχο, το λιπιδαιμικό προφίλ και το οξειδωτικό στρες.

Λέξεις – Κλειδιά

Χαρούπι, D-πινιτόλη, πολυφαινόλες, αντιδιαβητικό, αντιοξειδωτικό, αντιλιπιδαιμικό.



Abstract

Carob is one of the archaic legumes and was used for food in humans and animals. Its Latin name is ‘*Ceratonia siliqua*’ and belongs to the ‘*Leguminosae*’ family. It is thought that ancient Greeks brought the fruit from the Middle East to the Mediterranean, which has been cultivated mainly in the Mediterranean for many years. The 5 countries with the highest carob production are Spain, Italy, Portugal, Greece and Morocco. The carob tree is very resistant to extreme weather conditions. Except for the fruit, the carob tree offers wood, protection from strong winds, fire tolerance, etc. There are many varieties of carob in Greece, and the cultivable varieties are wild, they are found in Crete and they named ‘*Hemere*’ and ‘*Tylliria*’ with the first having the largest production in Crete. The carob tree consists of the pod with the flesh and the seed. Each part of the fruit used separately by the food industry for the production of various products such as flour, spreads, syrup, liqueur, juice, honey, compote, Coffee, chocolate, as well as ingredients used by food technology such as the locust bean gum from seed. Carob contains various bioactive and beneficial substances for humans, such as vitamins, minerals, trace elements, phenolic compounds, cyclotols that have shown healing properties against diseases and complications such as diabetes, osteoporosis, gastrointestinal problems, hypercholesterolemia, cancer and inflammations. In addition, carob shows antimicrobial, antihypertensive, and antioxidant properties against free radicals and oxidative stress. D-pinitol, in particular, has been shown to have beneficial properties in glycemic control, lipid profile and oxidative stress.

Keywords

Carob, D-pinitol, polyphenols, antidiabetic, antioxidant, antilipidemic.



Περιεχόμενα

Περίληψη.....	iv
Abstract	v
Περιεχόμενα.....	vi
Κατάλογος Εικόνων / Σχημάτων	viii
Κατάλογος Πινάκων	viii
Συντομογραφίες & Ακρωνύμια.....	ix
Εισαγωγή.....	1
1. ΣΥΣΤΑΣΗ ΧΑΡΟΥΠΙΟΥ	3
1.1. Ιστορικά στοιχεία	3
1.2. Μορφολογία.....	6
1.2.1. Κορμός.....	9
1.2.2. Φύλλα.....	9
1.2.3. Άνθη.....	10
1.2.4. Καρπός.....	11
1.3. Προϊόντα χαρουπιού	15
2. ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ	22
2.1. Βιοενεργά συστατικά	22
2.1.1. D-Πινιτόλη.....	24
2.2. Βιταμίνες.....	30
2.3. Ιχνοστοιχεία – Μέταλλα.....	30
3. ΟΦΕΛΟΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΥΓΕΙΑ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ.....	34
3.1. Σακχαρώδης διαβήτης.....	36
3.2. Οξειδωτικό στρες	43



3.3. Γαστρεντερικό Σύστημα	45
3.4. Λιπιδαιμικό προφίλ	46
3.5. Οστεοπόρωση.....	48
3.6. Φλεγμονές	48
3.7. Καρκίνος	49
3.8. Μικροβιακό προφίλ.....	51
Συμπεράσματα	55
Βιβλιογραφία.....	58



Κατάλογος Εικόνων / Σχημάτων

Σχήμα 2-1	23
Σχήμα 2-2 D-pinitol	26
Σχήμα 3-2 Μηχανισμός του εκχυλίσματος χαρουπιού (CFE) που επηρεάζει τον μεταβολισμό των λιποπρωτεϊνών και τη σηματοδότηση της ινσουλίνης.....	42

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1-1 Καλλιεργήσιμες ποικιλίες χαρουπιού.	15
Πίνακας 1-2 Προϊόντα χαρουπιού και συστατικά τους	19
Πίνακας 1-3 Ποσότητα μετάλλων και ιχνοστοιχείων σε αλεύρι χαρουπιού.	31
Πίνακας 3-1 Θρεπτικές ουσίες στο χαρούπι, σε πιο σημείο του καρπού βρίσκονται και σε ποιες ασθένειες δρα θεραπευτικά.....	36



Συντομογραφίες & Ακρωνύμια

USDA	United States Department of Agriculture
FAO	Food and Agriculture Organization
NCI	National Cancer Institute
CO ₂	Διοξείδιο του άνθρακα
Ca	Ασβέστιο
Na	Νάτριο
Mg	Μαγνήσιο
Fe	Σίδηρος
Cu	Χαλκός
Mn	Μαγγάνιο
Zn	Ψευδάργυρος
Se	Σελήνιο
K	Κάλιο
P	Φώσφορος
S	Θείο
LBG	Locust Bean Gum
E-410	Ονομασία του κόμμι χαρουπιού ως πρόσθετο τροφίμων
TPC	Total Phenolic Content
TFC	Total Flavonoids Content
DW	Ξηρό βάρος
CVD	Καρδιαγγειακά Νοσήματα
LDL	Λιποπρωτεΐνη χαμηλής πυκνότητας
LDLr	Υποδοχέας λιποπρωτεΐνης χαμηλής πυκνότητας



HDL	Λιποπρωτεΐνη υψηλής πυκνότητας
VLDL	Λιποπρωτεΐνη πολύ χαμηλής πυκνότητας
GLUT2	Μεταφορέας γλυκόζης 2
GLUT4	Μεταφορέας γλυκόζης 4
SGLT1	Πρωτεΐνη Μεταφοράς Νατρίου-Γλυκόζης 1
NADPH	Nicotinamide Adenine Dinucleotide Phosphate
CCl ₄	Τετραχλωράνθρακας
ALT	Τρανσαμινάση Αλανίνης
AST	Ασπαρτική Αμινοτρανσφεράση
IL-4	Ιντερλευκίνη 4
IFN-γ	Ιντερφερόνη γ.
TNF	Παράγοντας νέκρωσης όγκου
Th1/ Th2	Κυτταροκίνες
IGF-1	Ινσουλινοαυξητικός παράγοντας 1
BP	Πρωτεΐνη Μεταφοράς οξείας φάσης
ALS	Ασταθής Όξινη Υπομονάδα
C4A	Κωδικοποιημένη Πρωτεΐνη
InsR	Υποδοχέας ινσουλίνης
PI3K	Φωσφοϊνσιτίδη 3-κινάση
AKT	Πρωτεϊνική κινάση B
MPO	Μυελούπερξειδάση
MMP-9	Matrix Metalloproteinase 9
PMA	para-Methoxyamphetamine
NF-KB(RANKL)	Ενεργοποιητής Υποδοχέα Nuclear Factor-Kappa B ligand
NF-KB	Nuclear Factor-Kappa B



HT29 Κύτταρα παχέος εντέρου
DSS Dextran Sodium Sulphate



Εισαγωγή

Το χαρούπι (*Ceratonia siliqua* L.) ανήκει στην οικογένεια των οσπρίων και καλλιεργείται σε όλη την μεσόγειο. Από τα αρχαία ακόμα χρόνια, οι άνθρωποι χρησιμοποιούσαν τον καρπό του χαρουπιού ως γλύκισμα, λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς του σε ζάχαρη, ως τροφή των ζώων, καθώς και για ιατρικούς σκοπούς (Nasar-Abbas et al., 2016; Azab, 2017). Θεωρείται ότι οι αρχαίοι Έλληνες έφεραν αρχικά το χαρούπι από την μέση ανατολή, το οποίο μετέπειτα εξαπλώθηκε σε πολλές χώρες της Μεσογείου αλλά και σε άλλες χώρες (Batlle and Tous, 1997; Vekiari et al., 2011), όπως η Καλιφόρνια, η Αριζόνα, το Μεξικό, η Χιλή, η Αργεντινή, τμήματα της Αυστραλίας, της Νότιας Αφρικής και της Ινδίας (Vekiari et al., 2011). Τα μέρη του χαρουπιού χρησιμοποιούνταν ευρέως από τους Αιγύπτιους και τους Άραβες σε διάφορους τομείς, αλλά και σήμερα στην βιομηχανία τροφίμων (Nasar-Abbas et al., 2016; Theophilou et al., 2017).

Το χαρούπι διαθέτει ιδιαίτερη θρεπτική αξία καθώς περιλαμβάνει σημαντική ποσότητα βιταμινών των συμπλεγμάτων Β, C, Α, D, Ε και μεταλλικών στοιχείων Κ, Ca, Mg, Na, Cu, Fe, Mn, Zn (Papaefstathiou et al., 2018). Ένα ακόμη στοιχείο του χαρουπιού που έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον είναι η D-πινιτόλη, η οποία ανήκει στην οικογένεια των κυκλιτόλων και επηρεάζει τον γλυκαιμικό έλεγχο σε ασθενείς με διαβήτη τύπου ΙΙ. Συγκεκριμένα, η έρευνα των Nasar-Abbas και των συνεργατών του (2016) έδειξε υψηλή περιεκτικότητα D-πινιτόλης (113mg/gr) στο χαρούπι σε σχέση με άλλα όσπρια (Nasar-Abbas et al., 2016). Επιπλέον, το εκχύλισμα του χαρουπιού βρέθηκε ότι διαθέτει υψηλή αντιοξειδωτική περιεκτικότητα, κυρίως σε πολυφαινόλες, αλλά και σε καρτενοειδή (Hadi et al., 2017), καθώς και αντιμικροβιακή ικανότητα έναντι του βακτηρίου *Listeria monocytogenes* (Azab, 2017).

Επιπρόσθετα, έρευνες έχουν δείξει ότι το χαρούπι έχει υψηλή περιεκτικότητα σε φυτικές ίνες, φαινολικές ενώσεις και φλαβονοειδή, οι οποίες διαθέτουν ευεργετικές επιδράσεις στο λιπιδαιμικό προφίλ και την λιποπρωτεΐνη χαμηλής πυκνότητας (LDL), στις γαστρεντερικές διαταραχές, τον καρκίνο του παχέος εντέρου, την παχυσαρκία και το οξειδωτικό στρες (Nasar-Abbas et al., 2016; ^aRtibi et al., 2017). Επίσης, παρατηρείται υψηλή αντιοξειδωτική



επίδραση των φαινολικών ενώσεων του χαρουπιού, η οποία μειώνει τον κίνδυνο χρόνιων ασθενειών (Nasar-Abbas et al., 2016; ^aRtibi et al., 2017).

Η παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματεύεται τις ευεργετικές και θεραπευτικές ιδιότητες του χαρουπιού. Στο πρώτο κεφάλαιο θα γίνει αναφορά στην σύσταση του χαρουπιού, και αρχικά στα ιστορικά στοιχεία του χαρουπιού. Έπειτα θα συσχετιστεί η μορφολογία του δέντρου, τα φύλλα, τον κορμό και θα αναλυθεί η μορφολογία και τα μέρη του καρπού καθώς και διαφόρων προϊόντων από χαρούπι που υπάρχουν στην βιομηχανία τροφίμων. Στο δεύτερο κεφάλαιο θα γίνει αναφορά στα θρεπτικά συστατικά του χαρουπιού, και συγκεκριμένα στα βιοενεργά συστατικά, στις βιταμίνες, στα ανόργανα συστατικά και σε μία σημαντική ουσία που περιέχει το χαρούπι την D-πινιτόλη. Κλείνοντας, στο τρίτο κεφάλαιο θα γίνει αναφορά για τα οφέλη που προσφέρει το χαρούπι στην υγεία του ανθρώπου, από διάφορες ασθένειες. Αυτές οι ασθένειες και οι επιπλοκές οι οποίες σύμφωνα με έρευνες το χαρούπι δρα θεραπευτικά προς αυτές, και θα αναφερθούν αναλυτικά στο τρίτο κεφάλαιο είναι ο σακχαρώδης διαβήτης, το λιπιδαιμικό προφίλ, το οξειδωτικό στρες, η οστεοπόρωση, ο καρκίνος, η λειτουργία του γαστρεντερικού συστήματος, οι υποκείμενες φλεγμονές και τέλος το μικροβιακό προφίλ.

Σκοπός

Ο σκοπός είναι να γνωρίσουμε καλύτερα τον καρπό χαρουπιού και τα παράγωγα του, καθώς τις ευεργετικές και θεραπευτικές του ιδιότητες, σε διάφορες διαταραχές και ασθένειες του ανθρώπινου οργανισμού, αλλά και την χρησιμότητα του στην βιομηχανία τροφίμων, μέσα από πρόσφατες επιστημονικές μελέτες που το τεκμηριώνουν.



1. ΣΥΣΤΑΣΗ ΧΑΡΟΥΠΙΟΥ

1.1. Ιστορικά στοιχεία

Το χαρούπι ανήκει στην οικογένεια των “Leguminosae” (όσπρια), και συγκεκριμένα στην υποοικογένεια “Caesalpinioideae”. Καλλιεργείται σε ήπια και ξηρά μέρη της Μεσογείου από την αρχαιότητα μέχρι και σήμερα. Η λατινική ονομασία του χαρουπιού είναι “*Ceratonia silique*” και προέρχεται από την ελληνική λέξη «κέρας» (*Ceratonia*), δηλαδή το κέρατο ενός ζώου, και τη λατινική λέξη “*silique*”, λόγω της σκληρότητας του καρπού, και θεωρείται από τα πιο αρχαϊκά γένη οσπρίων (Nasar-Abbas et al., 2016; Batlle and Tous, 1997). Στα κλασσικά ελληνικά η χαρουπιά ονομαζόταν «κερατία» ή «κερατωνία», ενώ ο καρπός «κεράτια».

Ο Θεόφραστος στην έρευνά του για τα φυτά, στη Βαβυλώνα περί το 310 π.Χ., αναφέρει ένα δέντρο που ονομάζεται από τους Έλληνες ως «Κερωνία», ενώ από κάποιους ονομαζόταν «Αιγυπτιακό σύκο». Σύμφωνα με τον Θεόφραστο αυτός ήταν λανθασμένος όρος, διότι δεν πρωτοεμφανίστηκε στην Αίγυπτο, αλλά στη Συρία, την Ιωνία, την Κνίδα και τη Ρόδο. Σε κάποιες περιοχές της Ιταλίας, το χαρούπι ονομαζόταν “*pselocherato*” και “*pselocherea*”, λέξεις οι οποίες πιθανότατα προέρχονταν από την ελληνική λέξη «ξύλο». Επιπλέον, στο Μαρόκο οι γνωστές ονομασίες του χαρουπιού είναι “*slighwa*” και “*tikida*”. Οι παραπάνω ονομασίες αναφέρθηκαν από τον Ab I-Khayr, ο οποίος είχε γράψει ότι το δέντρο πήρε το θρυλικό όνομά του από τον βασιλιά Σολομώντα, επειδή το δέντρο αποκάλυψε στον βασιλιά Σολομώντα την επικείμενη καταστροφή της μοναρχίας, επομένως πήρε και το όνομα “*kharrub*” (Ramon-Laca et al., 2004). Η λέξη «χαρούπι» προέρχεται από το εβραϊκό “*kharuv*”, το οποίο προήλθε από την αραβική λέξη “*kharoub*”, και ανά τον κόσμο διαθέτει διάφορες ονομασίες, για παράδειγμα στα ισπανικά ονομάζεται “*algarrobo*”, στα τούρκικα “*harnub*”, στα αγγλικά “*carob*”, στα ιταλικά “*carrubo*”, στα γαλλικά “*caroubier*”, στα γερμανικά “*karubenbaum*”, στα πορτογαλικά “*alfarrobeira*” και στα ελληνικά “*charaoupi*”, στα κινέζικα “*chiao-tou-shu*”, στα μαλεσιανά “*gelenggang*” και στα ταϊλανδικά “*chum het tai*” (Batlle and Tous, 1997).



Ιστορικά, το χαρούπι, φαίνεται πως διαδόθηκε από τους αρχαίους Έλληνες, οι οποίοι το έφεραν από την Μέση Ανατολή στην Ελλάδα και την Ιταλία, και στη συνέχεια εξαπλώθηκε στην βόρεια Αφρική προς τα νοτιοανατολικά της Ισπανίας, τα νότια της Πορτογαλίας και τα νοτιοανατολικά της Γαλλίας (Batlle and Tous, 1997; Vekiarí et al., 2011). Επίσης, το χαρούπι έχει εξαπλωθεί και σε άλλες χώρες όπως η Καλιφόρνια, η Αριζόνα, το Μεξικό, η Χιλή, η Αργεντινή, τμήματα της Αυστραλίας, της Νότιας Αφρικής και της Ινδίας (Vekiarí et al., 2011). Το χαρούπι φαίνεται να εισήχθη στο Μεξικό και την νότια Καλιφόρνια από Ισπανούς ιεραπόστολους, ενώ τα επόμενα χρόνια εισήχθη και στις Η.Π.Α. από διαφορετικές χώρες. Σήμερα το χαρούπι που εισάγεται στις Η.Π.Α. και πωλείται τακτικά ως καραμέλα από αυτόματους πωλητές, ενώ το αλεύρι χαρουπιού χρησιμοποιείται για την παραγωγή υποκατάστατων σοκολάτας και προϊόντων υγιεινής διατροφής (Haber, 2002).

Αργότερα, στις αρχές των δεκαετιών 1920 και 1950 υπήρξε έντονη προώθηση του χαρουπιού. Στην προώθηση αυτή συνέβαλε σημαντικά ένα ερευνητικό πρόγραμμα του Υπουργείου Γεωργίας των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής (USDA), το οποίο ασχολούνταν με τις διάφορες εφαρμογές της καλλιέργειας φρούτων, κυρίως στην Καλιφόρνια (Haber, 2002).

Ο τόπος καταγωγής του χαρουπιού είναι η νότια Αραβία και το κέρασ της Αφρικής, και θεωρείται πως η πορεία της χαρουπιιάς είναι παρόμοια με αυτή άλλων δέντρων στην ίδια περιοχή, με τους προκατόχους των Αιγυπτίων να την φέρνουν μαζί τους από την Αραβία στην Μέση Ανατολή. Είναι πολύ πιθανό η χαρουπιιά να είχε επιβιώσει σε προστατευμένες περιοχές της Μέσης Ανατολής, όπως το *σύκο*, το οποίο ήταν ένα από τα είδη που αναπτύχθηκαν στην κοιλάδα του Νείλου την εποχή των αρχαίων Αιγυπτίων (Ramon-Laca et al., 2004). Με δεδομένο ότι έχει βρεθεί πολύ μικρός αριθμός σπόρων χαρουπιού στις αρχαιολογικές ανασκαφές στο Ισραήλ, πιθανολογείται ότι ήταν σπάνιο, παρόλο που υπήρχε από την αρχαιότητα εκεί.

Οι περισσότερες ποικιλίες χαρουπιού πιθανόν να επιλέχθηκαν αργότερα από τους Άραβες, όπως και πολλά άλλα φυτά, όπως τα εσπεριδοειδή. Το συμπέρασμα αυτό προέκυψε διότι, εκτός από τις ελληνικές ονομασίες του δέντρου, οι περισσότερες ονομασίες που χρησιμοποιούνται παγκοσμίως είναι αραβικές σε σχέση με άλλα δέντρα που προέρχονται από την Νότια Ευρώπη. Ένας πιθανός λόγος που εγκαταλείφθηκε η λατινική ονομασία



“siliqua” και επικράτησαν οι αραβικές ονομασίες, είναι η στενή σχέση της καλλιέργειας του χαρουπιού με τους μουσουλμάνους (Ramon-Laca et al., 2004).

Το χαρούπι είναι επίσης γνωστό και ως “John’s bread”, δηλαδή το ψωμί του Ιωάννη του βαπτιστή, ο οποίος χρησιμοποιούσε το κόμμα του χαρουπιού ως τροφή και από εκεί έχει προέλθει και το όνομα “Johannisbrotbaum”, το οποίο χρησιμοποιείται στα γερμανικά (Batlle and Tous, 1997). Μία από τις πρώτες αναφορές σχετικά με την κατανάλωση χαρουπιού από τον άνθρωπο αποτελεί μια ιστορία της Βίβλου, σύμφωνα με την οποία ο Ιωάννης ο βαπτιστής κατάφερε να επιβιώσει στην έρημο τρώγοντας σπόρους χαρουπιού και άγριο μέλι (Haber, 2002).

Ορισμένα είδη του καρπού έχουν εισαχθεί στις ΗΠΑ, το Μεξικό, την Αφρική και την Αυστραλία. Σύμφωνα με τον Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών (Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO) το 2012 η συνολική παγκόσμια παραγωγή χαρουπιού ήταν 163.000 τόνοι με 81.832 εκταρίων καλλιέργειας (Nasar-Abbas et al., 2016). Οι χώρες με την μεγαλύτερη παραγωγή χαρουπιού παγκοσμίως, σε τόνους, για το έτος 2016, ήταν η Πορτογαλία με 40.385, η Ιταλία με 28.925, η Ισπανία με 26.185, το Μαρόκο με 22.032, η Τουρκία με 13.405, η Ελλάδα με 12.150, η Κύπρος με 8.280 και η Αλγερία με 3.257 (Krokou et al., 2019).

Οι Αιγύπτιοι από τα αρχαία χρόνια ταΐζαν τα ζώα τους με λοβούς χαρουπιού και χρησιμοποιούσαν το κόμμα ως κόλλα για τις μούμιες (Nasar-Abbas et al., 2016). Έχουν βρεθεί πολλά θραύσματα από χαρούπια και αρκετοί λοβοί, σε τάφους, και μερικοί από αυτούς χρονολογούνται τον 20ο-18ο αιώνα π.Χ κατά την εποχή της 12ης δυναστείας (Ramon-Laca et al., 2004). Κύρια χρήση του χαρουπιού αποτελεί ο σπόρος για την εξαγωγή κόμμεων (Batlle and Tous, 1997). Μια άλλη ενδιαφέρουσα χρήση του σπόρου του χαρουπιού, τον οποίο αποκαλούσαν “karat” ή “qirat” ήταν ως μονάδα βάρους για την μέτρηση πολύτιμων λίθων και χρυσού (Nasar-Abbas et al., 2016), όπως δηλαδή την σημερινή μονάδα βάρους του χρυσού, το καράτι. Εκτός από τροφή για τα ζώα, το χαρούπι χρησιμοποιούνταν και ως τροφή για τον άνθρωπο με την μορφή γλυκίσματος (Nasar-Abbas et al., 2016).

Το γένος *Ceratonia* είναι από τα αρχαιότερα γένη χαρουπιού και από τα πιο απομονωμένα από τα υπόλοιπα γένη της οικογένειας (Batlle and Tous, 1997). Τα πρώτα αναγνωρισμένα ευρήματα, τα οποία τεκμηριώθηκαν από τις αρχαιολογικές ανασκαφές, είναι ο άνθρακας



από ξύλο χαρουπιού, ο οποίος ανακαλύφθηκε στο Jericho του Ισραήλ και χρονολογείται περί το 8000-6000 π.Χ. Επιπλέον, σπόροι χαρουπιού βρέθηκαν στο όρος Κάρμελ του Ισραήλ και χρονολογούνται περί το 6000–4000 π.Χ., κατά την πρώιμη εποχή του Χαλκού. Ακόμα δυο αποξηραμένα θραύσματα λοβών βρέθηκαν σε μια σπηλιά στη βόρεια έρημο της Ιουδαίας με ημερομηνία 4000 π.Χ από την αποικιακή περίοδο του Χαλ (Ramon-Laca et al., 2004). Σύμφωνα με τις αρχαιολογικές αναφορές, το δέντρο της χαρουπιάς καλλιεργήθηκε από τους ρωμαϊκούς χρόνους στην Καμπανία της Ιταλίας, επειδή περίπου 50 σπασμένα κομμάτια καλά διατηρημένων λοβών χαρουπιού βρέθηκαν στο *Herculaneum*, κοντά στο Βεζούβιο, το οποίο εξερράγη το 79 μ.Χ.. Ίχνη χαρουπιού έχουν βρεθεί επίσης και σε σπήλαιο σε λίμνη στην έρημο *Judaean*, στο Ισραήλ, σε ευρήματα της ρωμαϊκής περιόδου, όπως και στην Ανγονα σε ευρήματα της πρώιμης αραβικής περιόδου (Ramon-Laca et al., 2004).

Υπάρχουν αναφορές πως τα παλαιότερα χρόνια, και συγκεκριμένα στις δύσκολες εποχές του πρώτου παγκοσμίου πολέμου, τα ιπικά των Βρετανών στρατηγών Ουέλλινγκτον στην Ισπανία και του Άλενμπι στην Παλαιστίνη κατανάλωναν βρώσιμους λοβούς χαρουπιού. Από τότε χρησιμοποιούσαν το χαρούπι ως καραμέλα λόγω της γλυκιάς του γεύση για τα παιδιά (Haber, 2002).

Ένα δεύτερο είδος του γένους *Ceratonia* είναι το “*oreoethauma*”, το οποίο διακρίνεται σε 2 υποείδη: α) το εγχώριο της Αραβίας και β) το “*somalensis*”, που εντοπίζεται στα βόρεια της Σομαλίας. Μορφολογικά διαφέρει από το *Ceratonia silqua*, καθώς έχει ελαφρώς μικρότερους και τρίχρωμους κόκκους γύρης, σε σχέση με τους τετραχρωμικούς που είναι οι συνηθέστεροι. Το *Ceratonia oreoethauma* χαρακτηρίζεται ως πρόγονος του είδους *siliqua* (Batlle and Tous, 1997).

1.2. Μορφολογία

Το δέντρο της χαρουπιάς είναι αείφυλλο, δηλαδή τα φύλλα του παραμένουν ολόκληρο τον χρόνο. Έχει δυνατό βλαστό, πλαγιόκλαδη βλάστηση και τραχύ φλοιό (Batlle and Tous, 1997). Διαχωρίζονται σε θηλυκά, αρσενικά και ερμαφρόδιτα δέντρα, με τα θηλυκά να έχουν περισσότερα σάκχαρα σε σχέση με τα αρσενικά, ενώ τα αρσενικά δέντρα δεν παράγουν



καρπούς (Hadi et al., 2017). Οι θηλυκές ποικιλίες των δέντρων της χαρουπιιάς έχουν την υψηλότερη εμπορική σημασία σε όλες τις χώρες της Μεσογείου, σε αντίθεση με τις αρσενικές και ερμαφρόδιτες ποικιλίες που χρησιμοποιούνται συνήθως ως επικονιαστές (Batlle and Tous, 1997).

Το χαρουπόδεντρο είναι το μόνο μεσογειακό δέντρο το οποίο ανθίζει κυρίως το φθινόπωρο από τον Σεπτέμβριο έως και τον Νοέμβριο, αλλά αυτό εξαρτάται πάντα από τις κλιματολογικές συνθήκες, όπως συμβαίνει και με όλα τα οπωροφόρα δέντρα (Hadi et al., 2017). Το ύψος του δέντρου ανέρχεται μεταξύ 6-15 μέτρων και μερικές φορές τα ώριμα δέντρα μπορούν να φτάσουν πάνω από 20 μέτρα. Τα χαρουπόδεντρα μπορούν να επιβιώσουν σε υψηλές θερμοκρασίες, σε ξηρά κλίματα και εδάφη, χωρίς άρδευση ή βροχόπτωση για μεγάλο χρονικό διάστημα. Έχουν μεγάλη ανθεκτικότητα και ανοχή στην φωτιά, και αυτός είναι ο λόγος που προσαρμόζονται εύκολα σε διαφορετικά εδάφη (Gübbük et al., 2013). Επιπλέον, τα χαρουπόδεντρα έχουν τη δυνατότητα να καλύψουν άγονες, θαμνώδες περιοχές, και βραχώδη εδάφη (Krokou et al., 2019). Ωστόσο, τα χαρουπόδεντρα είναι ευαίσθητα στον παγετό, γεγονός που αποτελεί σοβαρό πρόβλημα για τις καλλιέργειες, διότι για τους αγρότες είναι πολύ σημαντική η υψηλή απόδοση και η κανονική καρποφορία, η οποία διαφέρει από ποικιλία σε ποικιλία. Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση είναι η επικονίαση, οι πολιτιστικές πρακτικές και οι περιβαλλοντικές συνθήκες (Batlle and Tous, 1997).

Εκτός από την ομορφιά που προσφέρει, το δέντρο χρησιμεύει και ως διακοσμητικό για την σκιά αλλά και ως ανεμοφράκτης (Gübbük et al., 2013). Το πλούσιο ριζικό τους σύστημα προστατεύει και διατηρεί το έδαφος από διαβρώσεις (Krokou et al., 2019), ενώ αποτρέπει καλύτερα την εξάπλωση της φωτιάς, σε σχέση με το πεύκο, και είναι κατάλληλο για αναδάσωση (Krokou et al., 2019). Τα δέντρα της χαρουπιιάς αναπτύσσονται καλύτερα σε ασβεστολιθικά εδάφη και κοντά στην θάλασσα (Batlle and Tous, 1997) και συμβάλουν σημαντικά στην μεσογειακή καλλιέργεια και βλάστηση. Επιπρόσθετα, μοσχεύματα χαρουπιιάς έχουν εμφυτευτεί με ελιές, σταφύλια, αμύγδαλα και κριθάρι σε χαμηλής έντασης γεωργικά συστήματα στις περισσότερες χώρες παραγωγής (Batlle and Tous, 1997). Η διαδικασία της επεξεργασίας του χαρουπιού παράγει πολύ μικρούς αριθμούς αποβλήτων σε σύγκριση με τα απόβλητα άλλων μεσογειακών ειδών, όπως της ελιάς στα ελαιολαδοποιεία (Krokou et al., 2019). Σε έρευνα έχει βρεθεί ότι οι ακραίες καιρικές συνθήκες που



λαμβάνουν χώρα στη λεκάνη της Μεσογείου, δεν τα αποτελούν απειλή για την επιβίωση του χαρουπιού, όπως συμβαίνει για παράδειγμα με το πεύκο (Ouzounidou et al., 2012). Το κλίμα που διαθέτουν οι χώρες με παραγωγή χαρουπιού, είναι εύκρατο με θερμοκρασίες που κυμαίνονται από 30 έως 45C° και όχι λιγότερο από -7C° (Batlle and Tous, 1997).

Ακόμα και στις πιο ξηρές εποχικές περιόδους, όπως ο Ιούνιος, κατά τις οποίες υπάρχει αυξημένη διαπνοή και αγωγιμότητα του χαρουπιού κατά την διάρκεια της ημέρας, η απώλεια νερού είναι μικρότερη αυτόν τον μήνα. Αυτό το γεγονός οφείλεται στην υδραυλική ικανότητα του χαρουπιού να αντικαθιστά αυτήν την απώλεια νερού (Ouzounidou et al., 2012). Με αυτόν τον τρόπο επιβεβαιώνεται ότι τα δέντρα της χαρουπιιάς έχουν υψηλό παραγωγικό δυναμικό σε πολύ ξηρά κλίματα και για μεγάλο χρονικό διάστημα. Γι' αυτόν τον λόγο θεωρούνται οικολογικά για τις φυτείες και οικονομικά για την παραγωγή τους (Ouzounidou et al., 2012). Αξίζει να αναφερθεί ότι η χαρουπιιά μπορεί να χρησιμοποιήσει τρεις φορές περισσότερο διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) σε σχέση με άλλες κοινές ξυλώδεις καλλιέργειες, με πολύ λιγότερες απαιτήσεις νερού (López-Sánchez et al., 2018).

Σύμφωνα με έρευνες το χαρούπι έχει σιγμοειδή καμπύλη ανάπτυξης, η οποία μπορεί να χωριστεί σε τρία στάδια. Το πρώτο στάδιο αφορά την αργή ανάπτυξη του καρπού μετά την γονιμοποίηση, η οποία λαμβάνει χώρα τον Οκτώβρη και κατά την διάρκεια του φθινοπώρου και του χειμώνα, και δεν παρατηρείται αύξηση βάρους στον καρπό του χαρουπιού. Στο δεύτερο στάδιο λαμβάνει χώρα η ταχεία ανάπτυξη του καρπού, η οποία ξεκινά την άνοιξη από τον Απρίλιο έως τον Ιούνιο. Στο τρίτο στάδιο ο καρπός του χαρουπιού βρίσκεται σε αργή ανάπτυξη. Αρχίζει να ωριμάζει και ακολούθως να αφυδατώνεται τον Ιούνιο και να αλλάζει το χρώμα του από πράσινο σε καφέ. (Batlle and Tous, 1997). Η ωρίμανση του λοβού λαμβάνει χώρα μετά από δέκα μήνες, ενώ οι πράσινοι λοβοί είναι πολύ βαρύτεροι από τους ώριμους καφέ λοβούς και περιέχουν 70% νερό, ενώ κατά την ωρίμανση τους, η περιεκτικότητά τους σε νερό κυμαίνεται από 12-18% (Batlle and Tous, 1997).

Τα άγρια χαρούπια αναπαράγονται με σπόρους, ενώ οι καλλιεργούμενες ποικιλίες πολλαπλασιάζονται φυτικά ως κλώνοι. Ο πολλαπλασιασμός θηλυκών κλώνων μπορεί να αλλάξει την αναλογία του φύλου σε μία περιοχή παραγωγής χαρουπιού (Batlle and Tous, 1997). Τα τρία κύρια χαρακτηριστικά των καρπών, τα οποία διαχωρίζουν τα εξημερωμένα



από τα άγρια χαρούπια, είναι το μεγαλύτερο μέγεθος των καρπών, η μεγαλύτερη ποσότητα πολτού και η μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε σάκχαρα (Batlle and Tous, 1997).



1.2.1. Κορμός

Το δέντρο της χαρουπιάς έχει παχύ κορμό, με καφέ τραχύ λεπτό φλοιό και ανθεκτικά κλαδιά (Hadi et al., 2017). Το ξύλο του αποτελεί πολύ καλό καύσιμο, διότι κατά την καύση καίγεται αργά και παράγει πολύ καλό κάρβουνο (Gübbük et al., 2013).

1.2.2. Φύλλα

Τα φύλλα της χαρουπιάς έχουν μήκος 10-20 εκατοστά είναι πτεροειδή, έχουν λεπτή φλέβα εναλλάξιμα με ή χωρίς παράφυλλά. Τα παράφυλλά έχουν μήκος 3-7 εκατοστά, έχουν σχήμα ωοειδές μέχρι και ελλειπτικό, γυαλιστερή επάνω επιφάνεια και ανοιχτή πράσινη κάτω επιφάνεια, λεπτή φλέβα, και το χρώμα τους είναι σκούρο πράσινο. Τα φύλλα είναι σκληρά και η πάνω όψη του φύλλου έχει παχύ μονό στρώμα. Τα κύτταρα των φύλλων περιέχουν φαινολικές ενώσεις, και συγκεκριμένα στα κενοτόπια, δηλαδή τα στόματα των φύλλων, και βρίσκονται μόνο στην κάτω όψη. Η χαρουπιά δεν ρίχνει τα φύλλα της κατά τη διάρκεια του φθινοπώρου, πάρα μόνο τον Ιούλιο, καθώς τα ανανεώνει την άνοιξη (Batlle and Tous, 1997).



1.2.3. Άνθη

Τα άνθη της χαρουπιάς είναι μικρά και πολυάριθμα, σπειροειδή διατεταγμένα κατά μήκος του άξονα ταξιανθίας σε βοτρυοειδής ανθούς και έχουν μήκος 6-12 χιλιοστά. Τα λουλούδια είναι πράσινα με κόκκινο χρώμα και διαθέτουν πενταμερή συμμετρία με κάλυκα. Επιπλέον, διαθέτουν διαμορφωμένο κάλυμμα κοκκινωπού με πράσινου χρώματος και περιέχουν νέκταρ. Επίσης, τα άνθη αποτελούνται από έναν ύπερο 6-8.5 χιλιοστών σε δίσκο με στήμονες που περιβάλλονται από 5 τριχοειδή σέπαλα. Τα αρσενικά άνθη αποτελούνται από ένα δίσκο νέκταρ με 5 στήμονες, όπου στο κέντρο του δίσκου υπάρχει ο ύπερος. Τα ερμαφρόδιτα άνθη διαθέτουν έναν ύπερο με 5 στήμονες και οι κόκκοι γύρης που απελευθερώνουν έχουν σφαιροειδές σχήμα και είναι τετρακολπικοί.

Το είδος *oreothauma* διαθέτει αρσενικά ή θηλυκά άνθη με λεπτούς στείρους ανθήρες, με αποτέλεσμα να μην υπάρχει μεγάλη διακύμανση της μορφολογίας και της σεξουαλικότητας των λουλουδιών σε αυτό το είδος, σε σχέση με το καλλιεργήσιμο είδος (Batlle and Tous, 1997). Το είδος *oreothauma* ανθίζει τον Μάρτιο και τον Απρίλιο, και ως εκ του η υβριδοποίηση των δυο ειδών γίνεται μόνο τεχνητά (Batlle and Tous, 1997). Σε έρευνα ομαδοποιήθηκαν 5 κατηγορίες λουλουδιών, από 59 ποικιλίες χαρουπιού που καλλιεργούνται στην Καλιφόρνια, με βάση την έκφραση του φύλου τους, καθ' όλη τη διάρκεια της ανοιξιάτικης σεζόν (Batlle and Tous, 1997). Οι πέντε κατηγορίες που προέκυψαν είναι: α) οι *pistillate*(θηλυκά), β) οι *pistillate* με περιστασιακά τελειοποιημένα λουλούδια, γ) με τελειοποιημένα με περιστασιακά στρωματοποιημένα λουλούδια, δ) με τελειοποιημένα και ε) με στρωματοποιημένα λουλούδια (Batlle and Tous, 1997).

Τα ενήλικα δέντρα διατηρούν τους τύπους λουλουδιών τους, ενώ τα νεαρά δέντρα παρουσιάζουν διαφοροποίηση της ανάπτυξης των στημόνων (Batlle and Tous, 1997).

Στα αρσενικά λουλούδια υπάρχουν πολλές διαφορετικές μορφές. Δύο όμως είναι οι κύριοι τύποι οι οποίοι συναντώνται στην Ιταλία, την Πορτογαλία και την Ισπανία, και παίρνουν το όνομά τους από το χρώμα του ανθήρα, *κόκκινο* ή *κίτρινο*. Η άνθιση των κόκκινων αρσενικών λουλουδιών είναι περισσότερο εκτεταμένη σε σχέση με αυτή των κίτρινων (Batlle and Tous, 1997).

Ο χρόνος και η διάρκεια ανθοφορίας επηρεάζονται από τις τοπικές κλιματολογικές συνθήκες, όπως συμβαίνει και στα περισσότερα οπωροφόρα δέντρα. Σε ζεστές περιοχές



που υπήρχαν αρσενικά και θηλυκά δέντρα, διαπιστώθηκε πλήρης άνθηση τον Ιούνιο. Ενώ η πτώση των ανθών και των καρπών πραγματοποιείται από τον Οκτώβριο έως και τον Δεκέμβριο και στην συνέχεια επιβραδύνεται τον Ιανουάριο με Φεβρουάριο, σπάνια αυτό μπορεί να συμβεί και τον Ιούνιο έως τον Αύγουστο (Batlle and Tous, 1997).

Τα θηλυκά άνθη έχουν μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε σάκχαρα και μεγαλύτερο όγκο, σε σχέση με αρσενικά άνθη, ενώ και τα τρία λουλούδια εκκρίνουν νέκταρ (Batlle and Tous, 1997). Τα άνθη της χαρουπιάς αποτελούν καλή πηγή νέκταρ και προσελκύουν μέλισσες (Gübbük et al., 2013). Γενικά, η μεταφορά της γύρης από φυλλώδη άνθη γίνεται από έντομα, κυρίως μέλισσες, μύγες, σφήκες και σκώρους (Batlle and Tous, 1997). Οι μέλισσες είναι λιγότερες το φθινόπωρο που ανθίζουν τα χαρούπια τόσο σε αριθμό ειδών όσο και συνολικά (Batlle and Tous, 1997). Οι ταξιανθίες των θηλυκών δέντρων της χαρουπιάς φέρουν 17 άνθη, ενώ των ερμαφρόδιτων φέρουν κατά μέσο όρο 20 άνθη, ωστόσο ένας πολύ μικρός αριθμός ταξιανθιών παράγουν έναν λοβό, και ακόμα μικρότερο ποσοστό παράγουν πάνω από δύο.

1.2.4. Καρπός

Ο καρπός του χαρουπιού, όσο βρίσκεται στο δέντρο, έχει την μορφή πράσινων φασολιών έως την πλήρη ωρίμανσή του (Nasar-Abbas et al., 2016), κατά την οποία παίρνει ένα σκούρο καφέ χρώμα και συρρικνώνεται λόγω της χαμηλής περιεκτικότητας του σε υγρασία (Nasar-Abbas et al., 2016; Gübbük et al., 2013). Το μέγεθος του χαρουπιού κυμαίνεται γύρω στα 10 εκατοστά και, σε κάποιες περιπτώσεις, μπορεί να φτάσει πάνω από τα 25 εκατοστά (Nasar-Abbas et al., 2016; Gübbük et al., 2013), ενώ το βάρος του κυμαίνεται μεταξύ 5-30 γραμμαρίων με συνηθέστερο βάρος τα 12-15 γραμμάρια (Haber, 2002).

Ο καρπός του χαρουπιού χωρίζεται σε δυο μέρη, τον λοβό και τους σπόρους. Η ποιότητα των καρπών εξαρτάται κυρίως από τους σπόρους και τον πολτό στον οποίο είναι ενσωματωμένοι αυτοί. Οι σπόροι θεωρούνται ως το πιο σημαντικό μέρος των χαρουπιών. Το περίβλημά τους χρησιμοποιείται για την εξαγωγή τανινών και για την παρασκευή διαιτητικών γευμάτων για ανθρώπους και ζώα (Gübbük et al., 2013).

Οι σπόροι αποτελούνται από τρία μέρη, το εξωτερικό κέλυφος με ποσοστό 30-35%, το ενδοσπέρμιο με 40-50% και το έμβρυο 20-25% (Fidan et al., 2020). Οι διαστάσεις του



σπόρου διαμορφώνονται ως εξής: το μέσο μήκος είναι 8,69 χιλιοστά, το πλάτος 6,43 χιλιοστά, το πάχος 3,88 χιλιοστά και η γεωμετρική μέση διάμετρος είναι 5,99 χιλιοστά (Karababa et al., 2013). Το ένα τρίτο του σπόρου αποτελείται από κόμμι, μετά την αφαίρεση του στρώματος και την άλεση, όπου εκατό κιλά σπόρων παράγουν περίπου 20 κιλά ξηρού κόμμεως, το οποίο είναι γνωστό και ως “*Tragazol*” (Batlle and Tous, 1997).

Το κόμμι του χαρουπιού, ή αλλιώς “*Locust bean gum*”, είναι ένα λευκό εκχύλισμα σκόνης, το οποίο κατατάσσεται από τον Ευρωπαϊκό κώδικα ως πλήρως αποδεκτή πρόσθετη τροφή για ανθρώπινη χρήση (E-410). Χρησιμοποιείται ως φυσικό πρόσθετο τροφίμων και στην βιομηχανία τροφίμων ως σταθεροποιητής, παχυντής και αρωματικό μέσο (Nasar-Abbas et al., 2016; El Batal et al., 2013). Το κόμμι χαρουπιού είναι ένας πολυσακχαρίτης, ο οποίος ονομάζεται «γαλακτομαννάνη», βρίσκεται μέσα στο ενδοσπέρμιο και αποτελείται από D-γαλακτόζη σε συγκέντρωση 16%-20% και D-μαννόζη σε συγκέντρωση 80% –84% (Papaefstathiou et al., 2018). Η βιομηχανία τροφίμων χρησιμοποιεί το κόμμι για την παραγωγή μεγάλου αριθμού προϊόντων, όπως παγωτά, σούπες, σάλτσες, τυρί, γιαούρτι, πίτες με φρούτα, κονσερβοποιημένα κρέατα, προϊόντα ζαχαροπλαστικής, προϊόντα αρτοποιίας, καταψυγμένα κρέατα και τροφές για κατοικίδια, (Batlle and Tous, 1997; Fidan et al., 2020). Επιπλέον, αξιολογείται για την βελτίωση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των τροφίμων (Goulas et al., 2016). Το κόμμι χαρακτηρίζεται από την ικανότητα να σχηματίζει ένα πολύ ιξώδες διάλυμα σε χαμηλή συγκέντρωση, σταθεροποιώντας την διασπορά του γαλακτώματος, και να αντικαθιστά την λιπαρότητα στα γαλακτοκομικά προϊόντα (El Batal et al., 2013).

Κατά την διαδικασία επεξεργασίας του κόμμεως, αρχικά, απομακρύνεται ο φλοιός από τον σπόρο, μέσω της μεθόδου θερμομηχανικής ή χημικής επεξεργασίας. Έπειτα, οι σπόροι χωρίζονται κατά μήκος και το τμήμα του φύτρου διαχωρίζεται από το ενδοσπέρμιο του σπόρου. Εν συνεχεία, τα απομονωμένα ενδοσπέρμια υπόκεινται σε άλεση, κοσκίνισμα, ταξινόμηση, συσκευασία και στο τέλος εμπορεύονται ως κόμμι χαρουπιάς, με ελεγχόμενο σχεδιασμό κατά τη διάρκεια των επεξεργασιών, ούτως ώστε να αποφευχθεί οποιαδήποτε ακαθαρσία από το φλοιό ή το φυτό, το οποίο θα επηρεάσει τις ιδιότητες του κόμμεως (Barak et al., 2014). Επιπλέον, είναι συμβατό και με άλλα κόμμεα και πυκνωτικά δημιουργώντας περισσότερη ελαστικότητα και σταθερότητα (El Batal et al., 2013). Το κόμμι του χαρουπιού χρησιμοποιείται ακόμα και σε καλλυντικά, φαρμακευτικά, και

κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα, βαφές, καθώς και για κατασκευές βιομηχανιών (Nasar-Abbas et al., 2016).

Έχει βρεθεί πως ο αριθμός των πυρήνων του χαρουπιού ανά λοβό είναι πιο σημαντικός από το μήκος και το βάρος του, ενώ αναφορικά με την περιεκτικότητα σε κόμμι, διαπιστώθηκε ότι οι σπόροι πρέπει να έχουν μεγαλύτερο βάρος και πάχος και να είναι μικροί σε μέγεθος (Batlle and Tous, 1997). Το υπόλοιπο μέρος του χαρουπιού, μετά από την αφαίρεση των σπόρων και αφού γίνει πολτός, μπορεί να χρησιμοποιηθεί απευθείας ως τροφή για τους ανθρώπους, αλλά κυρίως για τα ζώα, καθώς περιέχει μια σύνθεση απαραίτητων λιπαρών οξέων. Επιπλέον, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πρώτη ύλη για βιομηχανική επεξεργασία, όπως παραδείγματος χάριν για την εξαγωγή σακχάρων για την παρασκευή σιροπιού ή βιοαιθανόλης (Gübbük et al., 2013; Nasar-Abbas et al., 2016; Bulca, 2016).



Ο λοβός αποτελείται από τον πολτό σε ποσοστό 90% και η συγκέντρωσή του σε σάκχαρα είναι μεγαλύτερη από 50%. Η χημική σύνθεση του χαρουπιού εξαρτάται από τις οικολογικές συνθήκες καλλιέργειας, την ποικιλία, την προέλευση και τον χρόνο συγκομιδής (Gübbük et al., 2013). Η γεύση του χαρουπιού μοιάζει με αυτήν του κακάο, με αρωματική και βουτυρώδη γεύση, ενώ σε σχέση με την σοκολάτα ή το κακάο είναι απαλλαγμένο από καφεΐνη και θεοβρωμίνη, τα οποία είναι γνωστά διεγερτικά, αλλά και οξαλικό οξύ, το οποίο όταν έρχεται σε επαφή με τους ανθρώπινους ιστούς αντιδρά με το ασβέστιο, ώστε να σχηματίσει οξαλικό ασβέστιο, το οποίο αποτελεί μια πιθανή πηγή πέτρας στα νεφρά. Ως εκ τούτου, άτομα με νεφρικά προβλήματα (οξαλουρία και υπεροξαλουρία) συνιστάνται να αποφεύγουν την κατανάλωση σοκολάτας (Nasar-Abbas et al., 2016; Hadi et al., 2017).

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον προκαλεί η αύξηση της περιεκτικότητας των λοβών σε σάκχαρα, η οποία παρατηρείται τον Οκτώβριο όταν οι λοβοί είναι πλήρως ώριμοι, ενώ η συγκέντρωση



των πολυφαινολών και των πρωτεϊνών μειώνεται σταδιακά (Ouzounidou et al., 2012). Επίσης, εκτός από τα οφέλη για την υγεία και τη χρησιμότητά του στην βιομηχανία τροφίμων, το χαρούπι έχει ισχυρό χαρακτηριστικό άρωμα, το οποίο μπορεί να διατηρηθεί και μετά από επεξεργασία, όπως το ψήσιμο (Krokou et al., 2019).

Οι ποικιλίες του χαρουπιού έχουν διαφορετικά μορφολογικά, θρεπτικά και αγρονομικά χαρακτηριστικά (Krokou et al., 2019). Πιο συγκεκριμένα, οι ισπανικές ποικιλίες χαρακτηρίζονται από μεγάλη περιεκτικότητα σε πολτό, με τους σπόρους να φτάνουν το 8-10% στην ποικιλία 'Negra'. Οι ιταλικές ποικιλίες δείχνουν να έχουν ενδιάμεση κατανομή σπόρων και πολτού, ενώ οι πορτογαλικές ποικιλίες έχουν μέση με υψηλή περιεκτικότητα σπόρου, σε ποσοστό 10-12% και χαρούπια κατάλληλα για εξαγωγή κόμμεων. Στην Κύπρο παράγονται ομοιόμορφες ποικιλίες οι οποίες είναι η *Τυλλίρια*, η *Κουμπότα* και η *Κουντούρκα* (Christou et al., 2019). Έχουν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά αλλά και υψηλή περιεκτικότητα σε σπόρους, σε ποσοστό που αγγίζει το 8-15%. Στην Τουρκία υπάρχουν τρεις τύποι χαρουπιών, τα άγρια, τα σαρκώδη και τα ενδιάμεσα, με το 70% της τουρκικής παραγωγής να είναι άγριας ποικιλίας και το υπόλοιπο σαρκώδες. Επίσης, στο Μαρόκο παράγουν σπόρους υψηλής απόδοσης (15%), με λίγη σάρκα και μεγάλους πυρήνες, ενώ στην Τυνησία τα περισσότερα δέντρα είναι άγρια.

Στην Κρήτη η παραγωγή και η καλλιέργεια είναι πιο άγρια, υπάρχει μεγάλη ποικιλία από σπόρους, και το 80% είναι από την ποικιλία 'Hemere', ενώ οι σπόροι βρίσκονται σε ποσοστό 9%. Οι ποικιλίες χαρουπιού ποικίλλουν ευρέως σε πολλά χαρακτηριστικά, τα οποία έχουν μεγάλη εμπορική σημασία για τους καλλιεργητές (Batlle and Tous, 1997). Κάποιες εξαιρετικές ποικιλίες από διαφορετικές ρίζες, όπως *Amele*, *Sfax*, *Tylliria*, *Casuda*, *Santa Fe* και *Clifford*, έχουν καλή απόδοση σε διαφορετικές χώρες. Το γεγονός αυτό υποδεικνύει την καλή προσαρμοστικότητα που διαθέτουν οι ποικιλίες του χαρουπιού ανεξάρτητα από τον τόπο καταγωγής τους (Batlle and Tous, 1997).



Πίνακας 1-1 Καλλιεργήσιμες ποικιλίες χαρουπιού.

Country	Region or district	Cultivar or type
Italy	Sicily	'Gibiliana', 'Racemosa', 'Saccarata'
	Apulia	'Amele di Bari'
Portugal	Algarve, Alentejo	'Mulata', 'Galhosa', 'Canela', 'AIDA'
Morocco	Fes, Marrakech, Agadir	ungrafted wild trees
Greece	Crete	'Hemere', 'Tylliria'
Cyprus	All islands	'Tylliria'
	Turkish area	'Koundourka', 'Koumbouta'
Turkey	Mediterranean coast	'Wild' and 'Fleshy' types
	Izmir	'Sisam' type
Tunisia		'Sfax'
Israel		'Tylliria', 'Sandalawi', 'Habati', 'Aaronsohn nos.'
USA	California	'Santa Fe', 'Clifford', 'Bolser', 'Grantham'
Australia	South Australia	'Bath', 'Irlam', 'Maitllan'
	Western Australia	'KP-1', 'Princess', 'Marshall no. 1'

(Batlle and Tous, 1997)

1.3. Προϊόντα χαρουπιού

Ο λοβός του χαρουπιού μπορεί να αλεσθεί σε μορφή σκόνης και να χρησιμοποιηθεί ως συστατικό, ευρέως στην παραγωγή μεταποιημένων τροφίμων. Το αλεύρι του χαρουπιού δύναται να χρησιμοποιηθεί μαζί με τα άλλα άλευρα λόγω της λεπτής του σύστασης και μπορούν να ψηθούν και να μαγειρευτούν, καθώς προσφέρει μια μοναδική γεύση γλυκύτητας (Nasar-Abbas et al., 2016). Μελέτες διαπίστωσαν ότι η προσθήκη αυξημένης ποσότητας αλευριού χαρουπιού βελτίωσε την ελαστικότητα ψωμιού από ρύζι (Nasar-Abbas et al., 2016). Επιπλέον, ο θρυμματισμένος λοβός χαρουπιού χρησιμοποιείται για την



παρασκευή ποτού, κομπόστας, λικέρ και σιροπιού σε διάφορες χώρες όπως η Τουρκία, η Μάλτα, η Πορτογαλία, η Ισπανία και η Σικελία (Youssef et al., 2013).

Λόγω της υψηλής περιεκτικότητας σε σάκχαρα (48-56%) ο πολτός του χαρουπιού μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παρασκευή παραδοσιακών τροφίμων και ποτών από χαρούπι (Papaefstathiou et al., 2018), ενώ σε συνδυασμό με το χαμηλό του κόστος, ο πολτός του χαρουπιού είναι από τις πρώτες καλλιέργειες που χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή βιομηχανικού αλκοόλ με ζύμωση σε αρκετές μεσογειακές χώρες (Batlle and Tous, 1997).

Το χαρούπι είναι πλούσιο σε φυτικές ίνες. Κατά την επεξεργασία για την παρασκευή σιροπιού, οι φυτικές ίνες απομονώνονται και μπορούν να αλεσθούν. Με την κατάλληλη επεξεργασία παρασκευάζεται μια ποικιλία προϊόντων διατροφής, όπως υγιεινές μπάρες, γαλακτοκομικά προϊόντα, ψημένα προϊόντα και συμπληρώματα διατροφής (Nasar-Abbas et al., 2016).

Μελέτες έδειξαν ότι η προσθήκη ινών χαρουπιού σε ποσοστό 3-6% σε αρτοσκευάσματα δεν άλλαξαν τη σύνθεσή τους, και έχοντας ως αποτέλεσμα την αυξημένη απορρόφηση του νερού και μείωση της κολλώδους ζύμης (Nasar-Abbas et al., 2016). Μια καλή πρακτική λόγω του καφέ χρώματος που έχουν οι ίνες χαρουπιού, τις καθιστά κατάλληλες στην προσθήκη ψημένων τροφίμων με σοκολάτα, ενώ ακόμα υπάρχει δυνατότητα μείωσης της πικρής γεύσης της σοκολάτας και η αντικατάσταση έως και 50% της ποσότητας αυτής με χαρούπι (Haber, 2002).

Οι ίνες του χαρουπιού περιέχουν πολυφαινόλες με σημαντικές αντιοξειδωτικές ιδιότητες, τόσο στις διαλυτές όσο και στις αδιάλυτες ίνες. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η αντιοξειδωτική ικανότητα να μπορεί να μεταφερθεί από τον γαστρεντερικό σωλήνα και σε άλλα συστήματα του σώματος (Haber, 2002). Επιπλέον, λόγω του ιξώδους του χαρουπιού η μεταγευματική γλυκαιμία αντισταθμίζεται και είναι πιο σταθερή με αυτό, σε αντίθεση με το πίτουρο σίτου και άλλων φυτικών ινών (Barak et al., 2014).

Ο λοβός του χαρουπιού, όπως αναφέραμε και στο κεφάλαιο 1.2.4, μοιάζει γευστικά με το κακάο και ως εκ τούτου δίνει τη δυνατότητα να αντικατασταθεί με το χαρούπι, το οποίο υπερτερεί διατροφικά, καθώς η σκόνη χαρουπιού έχει χαμηλότερη περιεκτικότητα σε λίπος (0,6%) και μεγαλύτερη συγκέντρωση σε φυτικές ίνες (40%), σε αντίθεση με τη σκόνη κακάου, η οποία περιέχει λίπος (23%) και φυτικές ίνες (5%), συνεπώς και λιγότερες



θερμίδες. Ένας ακόμη λόγος για τον οποίο είναι προτιμότερη η κατανάλωση χαρουπιού αντί κακάου είναι ότι το χαρούπι έχει φυσικά σάκχαρα με το 70-80% από αυτά να είναι σακχαρόζη, το οποίο έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση προσθήκης μεταποιημένης ζάχαρης, σε αντίθεση με τη σοκολάτα (Nasar-Abbas et al., 2016).

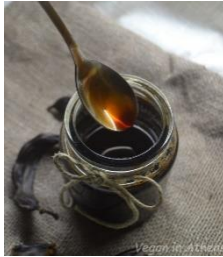
Μια μελέτη έδειξε πως το χαρούπι μπορεί να έχει παρόμοια χαρακτηριστικά με αυτά του κακάου μέσω της μεθόδου Maillard, χρησιμοποιώντας ένα μείγμα από ραδίκι και λοβό χαρουπιού (Nasar-Abbas et al., 2016). Σε μερικές χώρες και κάποιες περιοχές έχει είδη αντικατασταθεί η παραγωγή κακάου από αυτήν του χαρουπιού (Nasar-Abbas et al., 2016).

Ένα άλλο προϊόν από χαρούπι είναι η μελάσα, η οποία καταναλώνεται σε πολλές μεσογειακές χώρες, όπως και η Τυνησία, όπου έγινε μελέτη για την αξιολόγηση των φυσικοχημικών ιδιοτήτων και των βιολογικών δραστηριοτήτων της εμπορικής μελάσας χαρουπιού (Tounsi et al., 2019).

Τα αποτελέσματα της φυτοχημικής ανάλυσης σε δείγματα μελάσας χαρουπιού έδειξαν την παρουσία φαινολικών ενώσεων, πτητικών ουσιών και προϊόντων μη ενζυμικών αντιδράσεων. Με αυτή την έρευνα επιβεβαιώνονται οι αντιοξειδωτικές και αντιμικροβιακές ιδιότητες του χαρουπιού, τοποθετώντας τη μελάσα της Τυνησίας ως ένα θρεπτικό και υγιεινό προϊόν για κατανάλωση και ως λειτουργικό συστατικό, στην παραγωγή της βιομηχανίας τροφίμων και φαρμακευτικών προϊόντων (Tounsi et al., 2019).

Επιπρόσθετα, στις χώρες της μέσης ανατολής είναι ιδιαίτερα δημοφιλές το εκχύλισμα του λοβού του χαρουπιού αναμειγμένο με νερό, δηλαδή το σιρόπι, (Nasar-Abbas et al., 2016) το οποίο ονομάζεται αλλιώς “teratsomelo” (Christou et al., 2019). Το σιρόπι χαρουπιού εκτός από το ότι μπορεί να αντικαταστήσει τη ζάχαρη, χρησιμοποιείται και ως επικάλυψη σε γλυκά, pancakes, τηγανίτες, μαρινάρισμα κρέατος, καθώς και ως γλυκαντικό σε ροφήματα.

Επιπλέον, βρέθηκε η παραγωγή υψηλής απόδοσης μαννιτόλη από το χαρούπι με βάση το σιρόπι, το οποίο χρησιμοποιείται σε φαρμακευτικές και χημικές βιομηχανίες (Nasar-Abbas et al., 2016). Σε μελέτη διαπιστώθηκε ότι η παραγωγή χυμού χαρουπιού χαρακτηρίζεται από υψηλή περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά και θρεπτικά φαρμακευτικών ενώσεων (Rababah et al., 2013).



(Biocretanlife)















(Creta Carob)



(Creta Carob)

Πίνακας 1-2 Προϊόντα χαρουπιού και συστατικά τους

Products		Description/Ingredients
<i>Koumpota</i>		<i>Koumpota</i> carob pulp and seed
<i>Kountourka</i>		<i>Kountourka</i> carob pulp and seed
<i>Tylliria</i>		<i>Tylliria</i> carob pulp and seed
Carob Chocolate A		Ingredients: carob powder 60%, vegetable butter, 2% carob syrup, soy lecithin
Carob Chocolate B		Ingredients: carob powder 56%, no hydrogen cocoa butter, soy lecithin, vanilla
Praline with carob syrup A		Ingredients: sugar, vegetable oil, whey, hazelnuts 8%, carob syrup, carob powder, cocoa powder 5%, hydrogenated vegetable fat, emulsifiers: soy lecithin & E476, vanillin, flavorings
Carob cream A		Ingredients: pure carob syrup juice 53%, vegetable fat, glucose, milk powder, lecithin
Traditional carob cream A		A traditional product with 50% carob syrup and 50% tahini
Honey with carob syrup C		Ingredients: honey and carob syrup
Carob candies A		Ingredients: carob syrup, glucose, sugar
Carob candies B		Ingredients: carob syrup, corn syrup
Carob drages A		Ingredients: almond, sugar, carob powder, carob syrup
Carob powder A		-
Organic carob powder D		-
Carob coffee A		-
Soutzoukkos with carob syrup E		Ingredients: carob syrup, wheat flour, walnuts, flavour
Soutzoukkos with carob syrup F		Ingredients: carob syrup, almonds, sugar, citric acid, ponson 4R, flour
Pasteli F		A carob toffee known as pasteli is made 100% from carob syrup
Pasteli A		
Carob syrup F		Carob syrup is made from the carob pods after grinding. The carobs are boiled with water and the extracted syrup continues boiling for approximately four hours. When most of the water is evaporated, a golden-black thick syrup is produced.
Genuine carob syrup		
Organic carob syrup G		
Carob syrup A		

(Papaefstathiou et al., 2018)



Όπως είδαμε στο πρώτο κεφάλαιο, το χαρούπι με την λατινική ονομασία «*Ceratonia silique*», χρησιμοποιείται εδώ και πολλά χρόνια ως τροφή από τους ανθρώπους και στα ζώα. Οι αρχαίοι Έλληνες έφεραν το χαρούπι από την Μέση ανατολή στην Μεσόγειο. Από τα αρχαία χρόνια το χαρούπι έχει αναφερθεί από ερευνά του Θεόφραστου στην Βαβυλώνα το 310π.Χ. Ενώ από την ιστορία της βίβλου, ο Ιωάννης ο βαπτιστής κατάφερε να επιβιώσει στην έρημο καταναλώνοντας χαρούπι και άγριο μέλι, το οποίο ήταν γνωστό και ως «John's bread». Ακόμα χρησιμοποιούσαν τον σπόρο χαρουπιού ως μονάδα βάρους για την μέτρηση πολύτιμων λίθων και χρυσού, το οποίο αποκαλούσαν “karat” ή “qirat”. Γενικά οι χώρες με την μεγαλύτερη παραγωγή χαρουπιού είναι η Πορτογαλία, η Ιταλία, η Ισπανία, το Μαρόκο, η Τουρκία, η Ελλάδα, η Κύπρος και η Αλγερία.

Το χαρουπόδεντρο είναι το μόνο μεσογειακό δέντρο το οποίο ανθίζει κυρίως το φθινόπωρο από τον Σεπτέμβριο έως και τον Νοέμβριο. Το ύψος του δέντρου ανέρχεται μεταξύ 6-15 μέτρων και μερικές φορές πάνω από 20 μέτρα. Τα χαρουπόδεντρα μπορούν να επιβιώσουν σε υψηλές θερμοκρασίες, σε ξηρά κλίματα και εδάφη, χωρίς άρδευση ή βροχόπτωση για μεγάλο χρονικό διάστημα. Βέβαια τα δέντρα της χαρουπιάς είναι ευαίσθητα στον παγετό, γεγονός που αποτελεί σοβαρό πρόβλημα για τις καλλιέργειες. Η χαρουπιά μπορεί να χρησιμοποιήσει τρεις φορές περισσότερο διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) σε σχέση με άλλες κοινές ξυλώδεις καλλιέργειες. Το δέντρο έχει παχύ κορμό με καφέ τραχύ λεπτό φλοιό και ανθεκτικά κλαδιά. Τα φύλλα της χαρουπιάς έχουν μήκος 10-20 εκατοστά, δεν ρίχνει τα φύλλα της κατά τη διάρκεια του φθινοπώρου, πάρα μόνο τον Ιούλιο, καθώς τα ανανεώνει την άνοιξη. Τα άνθη της χαρουπιάς είναι μικρά και πολυάριθμα, σπειροειδή διατεταγμένα κατά μήκος του άξονα ταξιανθίας σε βοτρυοειδής ανθούς και έχουν μήκος 6-12 χιλιοστά.

Ο καρπός του χαρουπιού, όσο βρίσκεται στο δέντρο, έχει την μορφή πράσινων φασολιών έως την πλήρη ωρίμανσή του κατά την οποία παίρνει ένα σκούρο καφέ χρώμα και συρρικνώνεται λόγω της χαμηλής περιεκτικότητας του σε υγρασία. Το μέγεθος του χαρουπιού κυμαίνεται γύρω στα 10 εκατοστά και, σε κάποιες περιπτώσεις, μπορεί να φτάσει πάνω από τα 25 εκατοστά, ενώ το βάρος του κυμαίνεται μεταξύ 5-30 γραμμαρίων με συνηθέστερο βάρος τα 12-15 γραμμάρια. Ο καρπός του χαρουπιού χωρίζεται σε δυο μέρη, τον λοβό και τους σπόρους. Το ένα τρίτο του σπόρου αποτελείται από κόμμι, ή αλλιώς “locust bean gum”, είναι ένα λευκό εκχύλισμα σκόνης, το οποίο κατατάσσεται από τον Ευρωπαϊκό κώδικα ως πλήρως αποδεκτή πρόσθετη τροφή για ανθρώπινη χρήση (E-410).



Το κόμμα χαρουπιού είναι ένας πολυσακχαρίτης, ο οποίος ονομάζεται «γαλακτομαννάνη». Χρησιμοποιείται ως φυσικό πρόσθετο τροφίμων και στην βιομηχανία τροφίμων ως σταθεροποιητής, παχυντής και αρωματικό μέσο. Η βιομηχανία τροφίμων χρησιμοποιεί το κόμμα για την παραγωγή μεγάλου αριθμού προϊόντων, όπως παγωτά, σούπες, σάλτσες, τυρί, γιαούρτι, πίτες με φρούτα, κονσερβοποιημένα κρέατα, προϊόντα ζαχαροπλαστικής, προϊόντα αρτοποιίας, καταψυγμένα κρέατα και τροφές για κατοικίδια.

Ο λοβός αποτελείται από τον πολτό σε ποσοστό 90% και η συγκέντρωσή του σε σάκχαρα είναι μεγαλύτερη από 50%. Η γεύση του χαρουπιού μοιάζει με αυτήν του κακάο, ενώ σε σχέση με την σοκολάτα ή το κακάο είναι απαλλαγμένο από καφεΐνη και θεοβρωμίνη, τα οποία είναι γνωστά διεγερτικά, αλλά και οξαλικό οξύ, το οποίο έχει κατηγορηθεί για πέτρα στα νεφρά. Η σκόνη χαρουπιού έχει χαμηλότερη περιεκτικότητα σε λίπος και μεγαλύτερη συγκέντρωση σε φυτικές ίνες, σε αντίθεση με τη σκόνη κακάου και συνεπώς λιγότερες θερμίδες. Ως εκ τούτου είναι προτιμότερη η κατανάλωση χαρουπιού αντί κακάου, διότι το χαρούπι έχει φυσικά σάκχαρα, το οποίο έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση προσθήκης μεταποιημένης ζάχαρης, σε αντίθεση με τη σοκολάτα.

Οι ποικιλίες του χαρουπιού έχουν διαφορετικά μορφολογικά, θρεπτικά και αγρονομικά χαρακτηριστικά. Για παράδειγμα στην Κρήτη η παραγωγή και η καλλιέργεια είναι πιο άγρια, υπάρχει μεγάλη ποικιλία από σπόρους, και το 80% είναι από την ποικιλία 'Hemere', ενώ οι σπόροι βρίσκονται σε ποσοστό 9%. Στην Κύπρο παράγονται ομοιόμορφες ποικιλίες οι οποίες είναι η Τυλλίρια, η Κουμπότα και η Κουντούρκα.

Ο λοβός του χαρουπιού μπορεί να αλεσθεί σε μορφή σκόνης και να χρησιμοποιηθεί ως συστατικό, ευρέως στην παραγωγή μεταποιημένων τροφίμων. Επιπλέον, ο θρυμματισμένος λοβός χαρουπιού χρησιμοποιείται για την παρασκευή ποτού, κομπόστας, λικέρ και σιροπιού σε διάφορες χώρες όπως η Τουρκία, η Μάλτα, η Πορτογαλία, η Ισπανία και η Σικελία. Λόγω της υψηλής περιεκτικότητας σε σάκχαρα, ο πολτός του χαρουπιού μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παρασκευή παραδοσιακών τροφίμων και ποτών από χαρούπι.



2. ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ

2.1. Βιοενεργά συστατικά

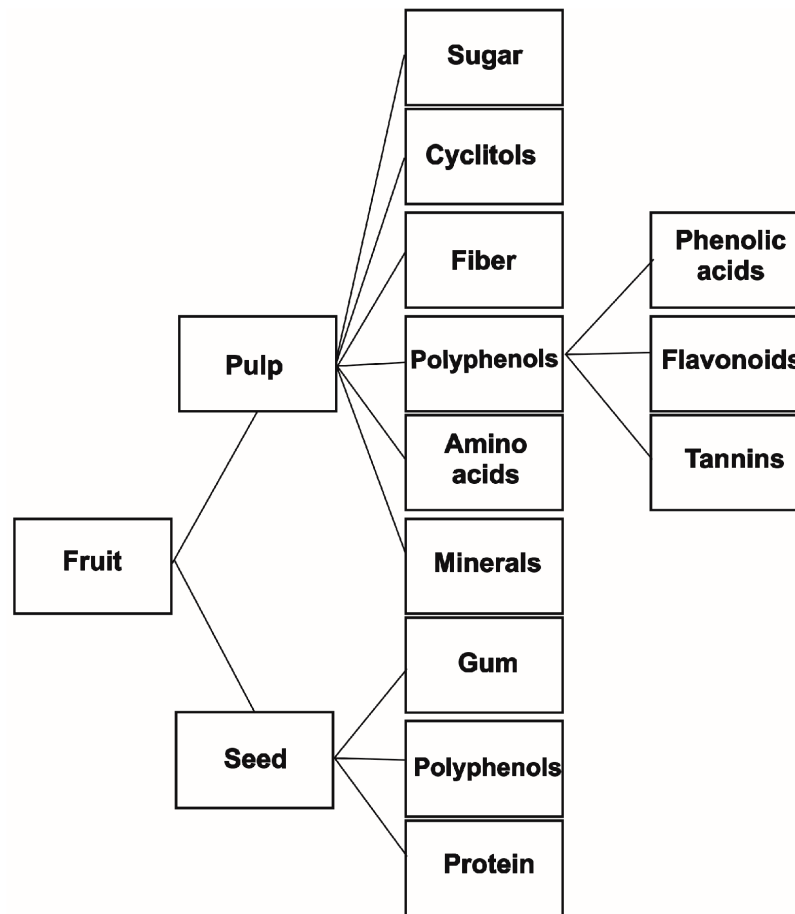
Τις δυο τελευταίες δεκαετίες αρκετές μελέτες έχουν αναδείξει την σημαντικότητα των βιοδραστικών συστατικών του πολτού χαρουπιού, με τους επιστήμονες να έχουν επικεντρωθεί στις φυτικές ίνες, και συγκεκριμένα στις κυκλιτόλες, πολυφαινόλες και τανίνες (Goulas et al., 2016). Ως εκ τούτου, αυτά τα ευρήματα κάνουν το χαρούπι ένα πολύ ιδιαίτερο συστατικό στην ανάπτυξη και παραγωγή λειτουργικών τροφίμων και συμπληρωμάτων (Papaefstathiou et al., 2018). Η ενέργεια που αποδίδει το χαρούπι κυμαίνεται από 280,17 έως 286,07 kcal/100g, ενώ στα προϊόντα χαρουπιού κυμαίνεται από 280,40 έως 587,59 kcal/100g (Papaefstathiou et al., 2018). Ο ακατέργαστος λοβός χαρουπιού περιέχει διάφορα συστατικά σε ποικίλες αναλογίες, και συγκεκριμένα υγρασία 8-10%, υδατάνθρακες 90-91% (σακχαρόζη 34-46%, γλυκόζη 2-5% και φρουκτόζη 2-5%, διαιτητικές ίνες 30-36%, πρωτεΐνες 3-4%, πολυφαινόλες με άφθονο γαλλικό οξύ 3%, λίπος 0,5-0,9% και τέφρα 2-3%, ενώ είναι πλούσιος σε Ca, P και K (Petkova et al., 2017). Επιπλέον, οι περιεχόμενες τανίνες του ακατέργαστου λοβού χαρουπιού κυμαίνονται σε 16-20% (Fidan et al., 2018).

Το χαρούπι περιέχει, επίσης, πολλά μέταλλα και αμινοξέα (Goulas et al., 2016). Πιο συγκεκριμένα, περιέχονται 17 είδη αμινοξέων, συμπεριλαμβανομένων και των απαραίτητων αμινοξέων που δεν μπορεί να συνθέσει ο οργανισμός (λευκίνη, ισολευκίνη, βαλίνη, θρεονίνη, μεθειονίνη, φαινυλαλανίνη και λυσίνη), τα οποία πληρούν τις συγκεντρώσεις, τις οποίες ορίζει ο παγκόσμιος οργανισμός υγείας (Goulas et al., 2016). Επιπλέον, από την ανάλυση του αλευριού του χαρουπιού προέκυψαν οι εξής περιεκτικότητες συστατικών: τέφρα 2%, πρωτεΐνες 5,9%, υδατάνθρακες 85,5%, λιπίδια 0,5% και συνολικές πολυφαινόλες 8,1 mg (Petkova et al., 2017).

Αναλυτικότερα, ο σπόρος του χαρουπιού αποτελείται από υγρασία 9%, τέφρα 1%, πρωτεΐνη 1%, λίπος 1,1%, σακχαρόζη 0,4%, D-γλυκόζη 0,1%, φρουκτόζη, άμυλο 0,1%, και η περιεκτικότητα σε πολυφαινόλες είναι 0,661mg/g. Επιπλέον, η σύνθεση των λιπαρών

οξέων που περιέχει ο σπόρος του χαρουπιού είναι παλμιτικό οξύ 16,2%, στεατικό οξύ 3,4%, ελαϊκό οξύ 34,4%, και λινελαϊκό οξύ 44,5% (Fidan et al., 2020).

Το φύτρο του χαρουπιού, το οποίο αποτελείται από το ενδοσπέρμιο και τον φλοιό, περιέχει υγρασία 8,3%, τέφρα 6,5%, συνολικά λιπίδια 6,6% και 21% πολικά λιπίδια, ακατέργαστες πρωτεΐνες 54,7% και έχει ενεργειακή απόδοση 17,5 kJ/g (Fidan et al., 2020).



Σχήμα 2-1

(Goulas et al., 2016)

Ο καρπός του χαρουπιού είναι μια από τις πλουσιότερες πηγές γαλλικού οξέος με εκτιμώμενη περιεκτικότητα, η οποία κυμαίνεται από 23,7 έως 164,7 mg/100 g⁻¹ (Goulas et al., 2016).

Αρκετές επιδημιολογικές μελέτες έχουν δείξει πως η αύξηση στην κατανάλωση φυτικών ινών σχετίζεται με την μείωση ορισμένων ασθενειών, συμπεριλαμβανόμενων και των γαστρεντερικών ασθενειών, στις οποίες θα αναφερθούμε αναλυτικά στο επόμενο κεφάλαιο



(Nasar-Abbas et al., 2016). Ο πολτός του χαρουπιού, όπως έχει προαναφερθεί, διαθέτει υψηλή περιεκτικότητα σε φυτικές ίνες, η οποία κυμαίνεται στο 30-40%. Οι φυτικές ίνες είναι μια ετερογενής ομάδα ουσιών, οι οποίες διαχωρίζονται σε διαλυτές και αδιάλυτες ίνες. Παράγονται με την εκχύλιση νερού από τον πολτό ώστε να απομακρυνθούν οι διαλυτές ίνες. Οι αδιάλυτες φυτικές ίνες αποτελούν το ελάχιστο 70% των ινών στον πολτό, οι οποίες είναι η κυτταρίνη, η ημικυτταρίνη, η λιγνίνη και οι αδιάλυτες πολυφαινόλες. Από τα προαναφερθέντα γίνεται φανερό πως στο χαρούπι περιέχονται κυρίως αδιάλυτες ίνες, οι οποίες δημιουργούν δυσκολία στη ζύμωση σε αντίθεση με τις διαλυτές, οι οποίες είναι σε μικρότερη περιεκτικότητα, και περιέχουν απλά σάκχαρα (Goulas et al., 2016).

Οι ίνες του χαρουπιού διαφοροποιούνται από άλλες πηγές φυτικών ινών, διότι περιέχουν μεγάλη συγκέντρωση πολυφαινόλων, και κυρίως τανινών (Goulas et al., 2016; Nasar-Abbas et al., 2016), ενώ το 50% του βάρους των ινών αντιστοιχεί σε πολυφαινόλες (Nasar-Abbas et al., 2016). Οι γενετικές διακυμάνσεις μεταξύ των ποικιλιών χαρουπιού είναι χαμηλές σε σχέση με άλλους καρπούς, καθιστώντας το άγριο χαρούπι πιο σημαντικό (Tetik et al., 2011).

Σε μια μελέτη, που είχε ως σκοπό τον προσδιορισμό των διάφορων θρεπτικών ουσιών, ανάμεσα στο παρασκευασμένο εμπορικό αλεύρι χαρουπιού και στο σπιτικό αλεύρι χαρουπιού, έγινε σύγκριση των δύο αλεύρων, και τα αποτελέσματα έδειξαν πως το εμπορικό αλεύρι είχε 40% λιγότερη περιεκτικότητα βασικών αμινοξέων (Ayaz et al., 2009). Η αναλογία λινελαϊκού οξέος/α-λινολενικού οξέος ήταν υψηλότερη στο σπιτικό αλεύρι, ενώ ακόμα το μαγγάνιο και ο σίδηρος ήταν 2,5 φορές υψηλότερα. Ως εκ τούτου, μπορούμε να συμπεράνουμε πως η εμπορική επεξεργασία του αλευριού από χαρούπι επηρεάζει την περιεκτικότητα των θρεπτικών συστατικών του (Ayaz et al., 2009).

2.1.1. D-Πινιτόλη

Έχουν καταγραφεί 9 στερεοϊσομερή ινοσιτόλης, ωστόσο μόνο 5 υπάρχουν στην φύση. Αυτές είναι η myo-inositol, η chiro-inositol, η scyllo-inositol, η mucu-inositol, και η neo-inositol. Οι ινοσιτόλες είναι πολυόλες του κυκλοεξάνιου με εμπειρικό τύπο: C₆H₁₂O₆ (Paul et al., 2015). Οι ινοσιτόλες δεν θεωρούνται απαραίτητες ως θρεπτικά συστατικά στην διατροφή του ανθρώπου, καθώς η chiro-inositol και η myo-inositol μπορούν να συντεθούν στον ανθρώπινο οργανισμό από την γλυκόζη. Όταν γίνει μια επεξεργασία μεθυλίωσης,



συγκεκριμένα της chiro-inositol, αυτή μετατρέπεται στην μορφή της D-πινιτόλης και ονομάζεται αλλιώς 3-O-methyl-dchiro-inositol (Paul et al., 2015).

Εκτός από τις ινοσιτόλες, το χαρούπι περιέχει κι άλλα σάκχαρα σε μικρότερη ποσότητα, όπως είναι η μαλτόζη, η ραφινόζη, η σταχυόζη, η βερσακόζη, και η ξυλόζη. Στα φυτά, όπως οι μπουκαμβίλιες και το ice plant, έχουν βρεθεί ινοσιτόλες, ενώ καλές πηγές ινοσιτολών βρίσκονται στα όσπρια, όπως η σόγια και το φιστίκι. Το χαρούπι περιέχει τις υψηλότερες ποσότητες ινοσιτολών από οποιοδήποτε όσπριο με την δεύτερη θέση να κατέχει η σόγια (Nasar-Abbas et al., 2016; López-Sánchez et al., 2018) με την συγκέντρωση D-πινιτόλης να φτάνει τα 5-8γρ/100γρ DW (Oziyci et al., 2015). Επιπλέον, το 99% περίπου της chiro-inositol, το οποίο περιέχει ο λοβός χαρούπιου, αποτελείται από 40γρ/kg D-πινιτόλης (Tetik et al., 2011). Τα είδη Leguminosae έχουν την υψηλότερη συγκέντρωση D-πινιτόλης σε σχέση με άλλα είδη οσπρίων (Nasar-Abbas et al., 2016; López-Sánchez et al., 2018).

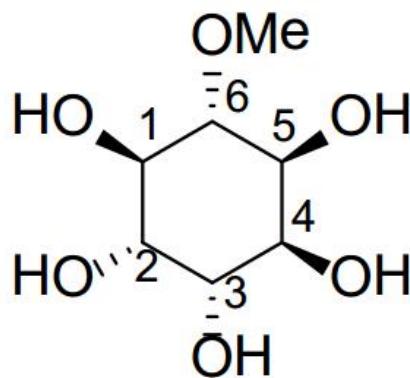
Το όνομα πινιτόλη εγκαθιδρύθηκε όταν η ουσία απομονώθηκε για πρώτη φορά από το πεύκο (pine). Η πινιτόλη έχει απομονωθεί σε διάφορα είδη φυτών και θεωρείται ως κυρίαρχο συστατικό των υδατανθράκων χαμηλού μοριακού βάρους (Nasar-Abbas et al., 2016; López-Sánchez et al., 2018).

Η D-πινιτόλη είναι γνωστή για τις αντιδιαβητικές και αντιοξειδωτικές βιολογικές λειτουργίες της (Christou et al., 2019). Για την εκχύλιση D-πινιτόλης χρησιμοποιείται η σόγια με διάφορα στάδια, όπως η μικροβιακή ζύμωση, ο χρωματογραφικός διαχωρισμός και με την εκχύλιση με διαλύτη. Ωστόσο, η σόγια περιέχει μόνο 1% (DW) D-πινιτόλης, γεγονός που δημιούργησε την ανάγκη αναζήτησης μιας νέας πηγής με υψηλότερη συγκέντρωση της ουσίας αυτής. Αυτός είναι και ένας λόγος για τον οποίο το χαρούπι έχει τραβήξει την προσοχή τα τελευταία χρόνια (Oziyci et al., 2015).

Ένα μειονέκτημα στην διαδικασία εκχύλισης του χαρούπιου είναι ότι λόγω της επεξεργασίας προκύπτει υψηλή περιεκτικότητα σε σάκχαρα και ακαθαρσίες, με αποτέλεσμα να υπάρχει πρόβλημα στην εξαγωγή της D-πινιτόλης και στην παρεμπόδιση του διαχωρισμού και καθαρισμού από αυτές τις ενώσεις (Oziyci et al., 2015). Προκειμένου να παρακαμφθεί αυτό το πρόβλημα, σε αυτήν τη μελέτη χρησιμοποιήθηκε ζύμωση αιθανόλης με διήθηση μεμβράνης και εκχύλιση διαλύτη. Ο εμπλουτισμός πραγματοποιήθηκε με επιτυχία, όταν αυτά τα στοιχεία χρησιμοποιούνται συνδυαστικά (Oziyci et al., 2015). Ωστόσο, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι το χαρούπι έχει κάποια

πλεονεκτήματα σε σχέση με άλλα φυτά αναφορικά με τη συγκέντρωση της D-πινιτόλης, όπως η φθηνή πρώτη ύλη, η εύκολη μέθοδος εκχύλισης και η πλούσια συγκέντρωση D-πινιτόλης (Turhan et al., 2014). Σε μια άλλη μελέτη βρέθηκε πως η D-πινιτόλη σε σκόνη κακάο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως δείκτης νοθείας σε προσθήκη σκόνης χαρουπιού (Tetik et al., 2011). Επίσης, το σιρόπι χαρουπιού μπορεί να νοθευτεί με χαμηλής ποιότητας προϊόντα που περιέχουν ζάχαρη, γι' αυτό η D-πινιτόλη μπορεί και εδώ να χρησιμοποιηθεί ως δείκτης νοθείας στο σιρόπι χαρουπιού (Tetik et al., 2011).

Η μελέτη του Tetik και των συνεργατών του (2011) διερεύνησε την περιεκτικότητα σε σάκχαρα και D-πινιτόλης στα καλλιεργημένα και άγριου τύπου χαρούπια, καθώς και τον προσδιορισμό της συσχέτισης προφίλ σακχάρου και D-πινιτόλης και στους δύο τύπους χαρουπιού. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως και οι δυο τύποι χαρουπιού είναι πλούσιες πηγές σακχάρων και D-πινιτόλης. Επιπλέον, φάνηκε ότι, και στους δυο τύπους χαρουπιού, όσο υψηλότερη περιεκτικότητα γλυκόζης, τόσο περισσότερη συγκέντρωση D-πινιτόλης περιέχουν (Tetik et al., 2011).



Σχήμα 2-2 d-pinitol

(López-Sánchez et al., 2018)

2.1.3 Φαινολικές ενώσεις

Οι φαινολικές ενώσεις είναι φυσικοί μεταβολίτες, οι οποίοι καθορίζουν την ποιότητα των φρούτων, λαχανικών και άλλων φυτών. Αποτελούνται από έναν αρωματικό δακτύλιο με μια ή περισσότερες υδροξυλικές ομάδες (Stavrou et al., 2018). Ορισμένες φαινολικές ενώσεις είναι απλά μόρια με χαμηλά επίπεδα μοριακού βάρους, ενώ άλλα είναι πολυμερή (Stavrou et al., 2018).



Οι πολυφαινόλες χωρίζονται σε φλαβονοειδή, τανίνες, φαινολικά οξέα, στιλβάνια και λιγνάνες. Έχουν ευεργετικές επιδράσεις στον άνθρωπο λόγω των αντιοξειδωτικών ιδιοτήτων τους, αλλά και της ικανότητάς τους να ρυθμίζουν αρκετές πρωτεΐνες. Οι απλούστερες μορφές φαινολικών ενώσεων είναι τα φαινολικά οξέα, οι κατεχίνες και οι επικατεχίνες (Stavrou et al., 2018).

Κύριες πηγές φαινολικών οξέων είναι τα φρούτα, όπως για παράδειγμα τα σταφύλια, τα μούρα, τα κεράσια, τα εσπεριδοειδή, τα μήλα, τα δαμάσκηνα, τα ροδάκινα, αλλά και ο καφές, το κακάο, και κάποια λαχανικά (Stavrou et al., 2018).

Τα τελευταία χρόνια το χαρούπι και τα προϊόντα του έχουν προσελκύσει το ενδιαφέρον των ερευνητών και των βιομηχανιών λόγω της πολυφαινολικής τους σύνθεσης. Ο ανθρώπινος οργανισμός δεν μπορεί να παράξει μη ενζυμικά αντιοξειδωτικά από μόνος του και γι' αυτόν τον λόγο θεωρείται αναγκαίο να λαμβάνονται μέσω της τροφής. Ως εκ τούτου θεωρείται ότι το χαρούπι πιθανόν να σχετίζεται με την πρόληψη αρκετών χρόνιων ασθενειών, οι οποίες σχετίζονται με την ηλικία, συμπεριλαμβανομένων ορισμένων τύπων καρκίνου (Benchikh et al., 2014).

Οι φαινολικές ενώσεις βρίσκονται σε διάφορα μέρη του χαρουπιού, όπως στα φύλλα, τους σπόρους, τους λοβούς, τους φλοιούς, καθώς και στα προϊόντα του, όπως το σιρόπι, το αλεύρι και τις φυτικές ίνες. Η πολυφαινολική σύνθεση διαφοροποιείται στα περιβάλλοντα και στην φυσική δομή του χαρουπιού, όπως το φύλο, την περιοχή ή την ποικιλία. Αρκετές ερευνητικές εργασίες έχουν επικεντρωθεί στην ταυτοποίηση και στην ποσοτικοποίηση των πολυφαινολών που περιλαμβάνονται στον καρπό του χαρουπιού (Stavrou et al., 2018).

Ο λοβός του χαρουπιού έχει μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε πολυφαινόλες σε σχέση με τους σπόρους και τα φύτρα (Stavrou et al., 2018). Η εξαγωγή των φαινολικών ενώσεων γίνεται από φρέσκα, αποξηραμένα ή κατεψυγμένα φυτά, αφού πρώτα εφαρμοστούν κάποιες μέθοδοι επεξεργασίας, οι οποίες είναι η άλεση, η ξήρανση, η λείανση και η ομογενοποίηση. Φαίνεται πως η λείανση είναι η αποτελεσματικότερη μέθοδος εξαγωγής φαινολικών ενώσεων, διότι διατηρεί υψηλότερα τα επίπεδα των φαινολικών ενώσεων σε σχέση με την μέθοδο της ξήρανσης. Η απόδοση της διαδικασίας εκχύλισης επηρεάζεται από τον χρόνο εξαγωγής, την θερμοκρασία, την αναλογία διαλύτη προς την τροφοδοσία, τον ρυθμό των επαναλαμβανομένων εκχυλίσεων και την επιλογή διαλυτών εκχύλισης (Stavrou et al., 2018).



Κατά τη διαδικασία της εξαγωγής των φαινολικών ενώσεων, η θέρμανση, ο βρασμός και η αναρροή οδηγούν στην απώλεια πολυφαινολών λόγω του ιονισμού, της υδρόλυσης, και της οξειδωσης. Γι' αυτόν τον λόγο με τον καιρό έχουν αναπτυχθεί διάφορες μέθοδοι προκειμένου να αποφευχθούν αυτά τα μειονεκτήματα. Κάποιες από αυτές είναι η εξαγωγή με υπερήχους, η εκχύλιση με μικροκύματα, η εκχύλιση με υπερήχους-μικροκύματα και η εκχύλιση με υπερκρίσιμο υγρό (Stavrou et al., 2018). Επιπρόσθετα, μια νέα μέθοδος, η οποία ονομάζεται υψηλή υδροστατική πίεση, παρουσίασε υψηλή απόδοση εξαγωγής πολυφαινολών (Stavrou et al., 2018).

Οι πολυφαινολικές ενώσεις βρίσκονται στο χαρούπι ως ελεύθερες, δεσμευμένες ή σε διαλυτές μορφές. Η αντιοξειδωτική ικανότητα συχνά συσχετίζεται με το φαινολικό περιεχόμενο των εκχυλισμάτων του χαρουπιού. Μελέτη έδειξε πως οι ίνες χαρουπιού έχουν μεγαλύτερη φαινολική περιεκτικότητα σε σχέση με τις ελιές, καθώς διαθέτει και πολλές κατηγορίες φαινολικών ενώσεων (Stavrou et al., 2018).

Κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης του καρπού του χαρουπιού πραγματοποιούνται πολύπλοκες βιοχημικές αντιδράσεις, οι οποίες επηρεάζουν τα επίπεδα φαινολικών ουσιών, αλλά και των πρωτεϊνών, των σακχάρων, του ασκορβικού οξέος και των ενώσεων που οδηγούν στην ανάπτυξη των ώριμων καρπών (Benchikh et al., 2014). Μια μελέτη που είχε ως σκοπό την αξιολόγηση των υγιών ιδιοτήτων του εκχυλίσματος άγουρων και ώριμων σπόρων χαρουπιού, καθώς και των αποτελεσμάτων ωρίμανσης στην χημική σύνθεση του εκχυλίσματος έδειξε πως η αντιοξειδωτική δράση μειώνεται όσο ωριμάζει ο λοβός (Santonocito et al., 2020). Ωστόσο, οι ώριμοι λοβοί είχαν μεγαλύτερη δραστηριότητα λόγω της υψηλής αντιοξειδωτικής τους περιεκτικότητας σε προκυανιδίνες. Έτσι τα ευρήματα των εκχυλισμάτων των σπόρων χαρουπιού δείχνουν ότι είναι πηγές βιοδραστικών αντιοξειδωτικών ενώσεων με φαρμακευτικές εφαρμογές, αλλά και ως συμπληρώματα διατροφής (Santonocito et al., 2020). Επιπλέον, σε κάποια εκχυλίσματα από ερμαφρόδιτο δέντρο χαρουπιάς βρέθηκε υψηλότερη περιεκτικότητα σε φαινολικές ενώσεις σε σχέση με τα θηλυκά δέντρα. Επίσης, βρέθηκε πως τα άγρια χαρούπια έχουν υψηλότερες φαινολικές συγκεντρώσεις σε σχέση με τα εξημερωμένα δέντρα και επιπλέον αποδείχθηκε πως τα φύλλα χαρουπιάς έχουν υψηλότερες ποσότητες συνολικών φαινολών, συμπεκνωμένων τανινών και φλαβονοειδών από τον πολτό χαρουπιού (Stavrou et al., 2018; El Hajaji et al., 2010).



Η περιεκτικότητα συμπυκνωμένων τανινών που περιέχονται στους ώριμους λοβούς χαρουπιού κυμαίνεται σε 16-20% ξηρού βάρους (Goulas et al., 2016). Η αντιοξειδωτική ικανότητα των εκχυλισμάτων χαρουπιού εξετάζεται ευρέως, καθώς και η συσχέτισή της με το φαινολικό περιεχόμενο (Stavrou et al., 2018; El Hajaji et al., 2010). Μια ερευνητική δοκιμή προϊόντων με περιεκτικότητα φυτικών ινών, συμπεριλαμβανόμενου και ινών χαρουπιού, σε ένα τεστ μοντέλου που προσομοιώνει την αρχική υπεροξειδωση των λιπιδίων έδειξε ότι οι ίνες χαρουπιού έχουν μεγαλύτερη αντιοξειδωτική ικανότητα, σε σχέση με τα υπόλοιπα προϊόντα που δοκιμάστηκαν (Haber, 2002).

Σε μια έρευνα η οποία στόχευε στην διερεύνηση αλλαγών στο συνολικό περιεχόμενο των φαινολικών, των φλαβονοειδών, του ασκορβικού οξέως και αντιοξειδωτικών διεργασιών σε όλα τα στάδια της ωρίμανσης τριών ποικιλιών χαρουπιού, (*Wild*, *Sisam* και *Fleshy*) βρέθηκε υψηλότερο συνολικό φαινολικό περιεχόμενο (TPC) στο άγουρο στάδιο ωρίμανσης των χαρουπιών, ενώ το χαμηλότερο TPC στο ώριμο στάδιο. Η ποικιλία *sisam* είχε το υψηλότερο φαινολικό περιεχόμενο όταν ήταν άγουρο, ενώ χαμηλότερο στο ώριμο στάδιο σε σχέση με τις υπόλοιπες ποικιλίες. Η ποικιλία *Fleshy* είχε το υψηλότερο συνολικό περιεχόμενο φλαβονοειδών (TFC) κατά το άγουρο στάδιο, με τις ποικιλίες *Sisam* και *Wild* να ακολουθούν. Η μείωση του συνολικού φαινολικού περιεχομένου στα ώριμα χαρούπια έφτασε στους ρυθμούς σε ποσοστά στις ποικιλίες *Fleshy* 88,35%, *Wild* 91,96% και *sisam* 93,19%, αποτελέσματα με τα οποία συμφωνούν και παλαιότερες έρευνες σ (Benchikh et al., 2014).

Τα φλαβονοειδή, τα οποία απορροφούν ακτινοβολίες εντός της περιοχής 280-315 nm, είναι ικανά να ενεργούν ως φίλτρα υπεριώδους ακτινοβολίας, προστατεύοντας έτσι τον φωτοσυνθετικό ιστό από βλάβες. Έτσι θα μπορούσε να εξηγηθεί η μείωση του συνολικού περιεχομένου φλαβονοειδών. Όσο αφορά τα αποτελέσματα περιεκτικότητας ασκορβικού οξέος το υψηλότερο περιεχόμενο καταγράφηκε στην ποικιλία *Sisam* στο άγουρο στάδιο και ακολούθησαν οι ποικιλίες *Wild* και *Fleshy* (Benchikh et al., 2014).

Τα ευρήματα αυτά μας δείχνουν πως τα εκχυλίσματα πολτού από χαρούπι, όταν δεν έχει ωριμάσει, μπορούν να χρησιμεύσουν ως μια εξαιρετική πηγή φυτοχημικών ενώσεων, οι οποίες προάγουν την υγεία, με τη μορφή λειτουργικών σκευασμάτων για την πρόληψη χρόνιων παθήσεων, όπου εμπλέκονται οι ελεύθερες ρίζες και ακόμα και για περεταίρω εφαρμογή στις βιομηχανίες καλλυντικών και τροφίμων (Benchikh et al., 2014).



Σε μια έρευνα οι φλούδες από σπόρους χαρουπιού ήταν αποτελεσματικές στην πρόληψη της οξειδωσης των λιπιδίων και των πρωτεϊνών σε πολτοποιημένο σκουμπρί. Ως εκ τούτου το εν λόγω συστατικό μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αντιοξειδωτικό πρόσθετο σε προϊόν κατανάλωσης ως τροφή (Albertos et al., 2015). Σε έρευνα αξιολόγησαν την αντιοξειδωτική ικανότητα και τα φυτοχημικά συστατικά εκχυλίσματος οξικού αιθυλεστέρα και μεθανόλης τριών φύλων φλοιού δέντρου χαρουπιού (θηλυκή, αρσενική και μοσχευμένη θηλυκή). Η αρσενική ποικιλία έδειξε υψηλότερη συγκέντρωση πολυφαινόλης και αντιοξειδωτική δραστηριότητα σε σχέση με το θηλυκό μόσχευμα και την θηλυκή ποικιλία. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως ο φλοιός του δέντρου του χαρουπιού περιέχει μεγάλες ποσότητες πολυφαινολών, οι οποίες επηρεάζονται από την ποικιλία του δέντρου (El-Hajaji et al., 2011).

2.2. Βιταμίνες

Τα δεδομένα της μελέτης των Youssef et al., (2013) για την εγγύτητα χημικής σύνθεσης σε αλεύρι χαρουπιού, αναλύθηκαν και έδειξαν την μέση τιμή περιεκτικότητας βιταμινών. Πιο συγκεκριμένα, αναδείχθηκε πως το αλεύρι χαρουπιού είναι πλούσιο σε βιταμίνες E, D, C, B3, B6 και φολλικό οξύ, ενώ σε μικρότερη ποσότητα περιέχει βιταμίνες A, B2 και B12.

2.3. Ιχνοστοιχεία – Μέταλλα

Το αλεύρι χαρουπιού θεωρείται πλούσια πηγή μεταλλικών στοιχείων όπως Fe, Ca, Na, K, P και S, ενώ τα ιχνοστοιχεία Cu, Zn και Se, δρουν ως συν παράγοντες των αντιοξειδωτικών ενζύμων για την προστασία του σώματος από τις ελεύθερες ρίζες οξυγόνου, οι οποίες παράγονται κατά τη διάρκεια του οξειδωτικού στρες (Youssef et al., 2013). Το χαρούπι είναι πολύ καλή πηγή ασβεστίου και καλίου, με την περιεκτικότητά του σε κάλιο να βρίσκεται στα 970 με 1120mg/100gr ξηρού βάρους, ενώ το ασβέστιο φτάνει τα 300mg/100gr ξηρού βάρους. Ενδιαφέρον προκαλεί το γεγονός πως μια μερίδα χαρουπιού έχει ποσότητα ασβεστίου ισοδύναμη με ένα φλυτζάνι αγελαδινό γάλα, δεδομένου ότι ένα



λίτρο γάλα περιέχει 1200mg ασβέστιο (Goulas et al., 2016). Στο χαρούπι έχουν βρεθεί επίσης και μακροστοιχεία, όπως το μαγνήσιο και ο φώσφορος σε μικρότερες συγκεντρώσεις, καθώς και μικροστοιχεία όπως ο σίδηρος, χαλκός, ψευδάργυρος, μαγγάνιο, νικέλιο, βάριο, κοβάλτιο κ.α. (Goulas et al., 2016). Περισσότερο αναλυτικά ο πολτός του χαρουπιού σύμφωνα με τους Papaefstathiou et al., (2018) περιέχει μεταλλικά στοιχεία όπως K, Ca, Mg, Na, Cu, Fe, Mn, Zn. Επιπλέον, ο σπόρος περιέχει κυρίως φυτικές ίνες, πρωτεΐνες, φαινολικές ενώσεις, κάποια μέταλλα και δεν περιέχει γλουτένη. Συγκεκριμένα οι λοβοί περιέχουν Ca, Cu, Mn και υψηλό K, ενώ το σιρόπι είναι υψηλό σε K και η σκόνη χαρουπιού είναι καλή πηγή Mg, Cu, Fe, Mn και έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε Ca και K. Η σοκολάτα από χαρούπι περιέχει υψηλά ποσοστά Ca, K, Cu, Fe, Mn και Zn. Η κρέμα χαρουπιού έχει υψηλή περιεκτικότητα σε Ca, K, Cu, Fe, Mn και Zn. Η πραλίνα με σιρόπι χαρουπιού είναι πηγή K, P, Fe και έχει υψηλή περιεκτικότητα σε Cu, Mn. Οι χυλοπίτες χαρουπιού αποτελούν πηγή K, Mg, P, Mn και έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε Cu (Papaefstathiou et al., 2018). Σε άλλη μελέτη μετά από την αξιολόγηση της χημικής σύνθεσης και του αντιοξειδωτικού περιεχομένου σπόρων χαρουπιού βρέθηκε υψηλότερη περιεκτικότητα των μετάλλων Ca και Mg σε σύγκριση με τα υπόλοιπα μεταλλικά στοιχεία (Fidan et al., 2020).

Πίνακας 2-1 Ποσότητα μετάλλων και ιχνοστοιχείων σε αλεύρι χαρουπιού.

Minerals	mg / Kg.
Mn	10.24
Zn	24.71
Fe	381.80
Cu	4.84
Se	9.79
Ca	2123.00
Na	505.97
K	8637.64
P	2255.21
S	17577.80

* Calculated on dry weight basis

(Youssef et al., 2013).



Συμπερασματικά τις δυο τελευταίες δεκαετίες αρκετές μελέτες έχουν αναδείξει την σημαντικότητα των βιοενεργών συστατικών του χαρουπιού. Οι επιστήμονες έχουν επικεντρωθεί στις φυτικές ίνες, στις κυκλιτόλες, πολυφαινόλες και τις τανίνες. Τα ευρήματα αυτά κάνουν το χαρούπι ένα πολύ ιδιαίτερο συστατικό στην ανάπτυξη και παραγωγή λειτουργικών τροφίμων και συμπληρωμάτων.

Η ενέργεια που αποδίδει το χαρούπι κυμαίνεται από 280,17 έως 286,07 kcal/100g, ενώ η περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά και η σύσταση του χαρουπιού διαφέρει από ποικιλία σε ποικιλία και από την ωρίμανση του καρπού, όπως επίσης συμβαίνει με τον πολτό και τους σπόρους, αλλά και σε διαφορετική μορφή του χαρουπιού όπως για παράδειγμα το αλεύρι ή το μέλι χαρουπιού. Το χαρούπι περιέχει 17 είδη αμινοξέων, συμπεριλαμβανομένων και των απαραίτητων αμινοξέων που δεν μπορεί να συνθέσει ο οργανισμός. Είναι μια από τις πλουσιότερες πηγές γαλλικού οξέος. Ο πολτός του χαρουπιού διαθέτει υψηλή περιεκτικότητα σε φυτικές ίνες, η οποία κυμαίνεται στο 30-40%. Οι αδιάλυτες φυτικές ίνες υπερτερούν στο 70% των ινών στον πολτό, οι οποίες είναι η κυτταρίνη, η ημικυτταρίνη, η λιγνίνη και οι αδιάλυτες πολυφαινόλες σε σχέση με της διαλυτές ίνες. Οι ίνες του χαρουπιού διαφοροποιούνται από άλλες πηγές φυτικών ινών, διότι περιέχουν μεγάλη συγκέντρωση πολυφαινολών, και κυρίως τανινών, ενώ το 50% του βάρους των ινών αντιστοιχεί σε πολυφαινόλες.

Η D-πινιτόλη είναι μια ινοσιτόλη από τα 5 στερεοϊσομερή που υπάρχουν στην φύση και είναι γνωστή για τις αντιδιαβητικές και αντιοξειδωτικές βιολογικές λειτουργίες της. Οι ινοσιτόλες δεν θεωρούνται απαραίτητες ως θρεπτικά συστατικά στην διατροφή του ανθρώπου. Το όνομα πινιτόλη εγκαθιδρύθηκε όταν η ουσία απομονώθηκε για πρώτη φορά από το πεύκο. Το χαρούπι περιέχει τις υψηλότερες ποσότητες ινοσιτολών από οποιοδήποτε όσπριο με την δεύτερη θέση να κατέχει η σόγια, με την συγκέντρωση D-πινιτόλης να φτάνει τα 5-8γρ/100γρ DW. Λόγο της μικρότερης ποσότητας D-πινιτόλης ξηρού βάρους στην σόγια, δημιουργήθηκε η ανάγκη αναζήτησης μιας νέας πηγής με υψηλότερη συγκέντρωση της ουσίας αυτής. Αυτός είναι και ένας λόγος για τον οποίο το χαρούπι έχει τραβήξει την προσοχή τα τελευταία χρόνια.

Οι φαινολικές ενώσεις είναι φυσικοί μεταβολίτες, οι οποίοι καθορίζουν την ποιότητα των φρούτων, λαχανικών και άλλων φυτών. Οι πολυφαινόλες χωρίζονται σε φλαβονοειδή, τανίνες, φαινολικά οξέα, στυλβάνια και λιγνάνες. Έχουν ευεργετικές επιδράσεις στον



άνθρωπο λόγω των αντιοξειδωτικών ιδιοτήτων τους, αλλά και της ικανότητάς τους να ρυθμίζουν αρκετές πρωτεΐνες. Τα τελευταία χρόνια το χαρούπι και τα προϊόντα του έχουν προσελκύσει το ενδιαφέρον των ερευνητών και των βιομηχανιών λόγω της πολυφαινολικής τους σύνθεσης. Ο ανθρώπινος οργανισμός δεν μπορεί να παράξει μη ενζυμικά αντιοξειδωτικά από μόνος του και γι' αυτόν τον λόγο θεωρείται αναγκαίο να λαμβάνονται μέσω της τροφής. Οι φαινολικές ενώσεις βρίσκονται σε διάφορα μέρη του χαρούπιου, όπως στα φύλλα, τους σπόρους, τους λοβούς, τους φλοιούς, καθώς και στα προϊόντα του, όπως το σιρόπι, το αλεύρι και τις φυτικές ίνες. Οι πολυφαινολικές ενώσεις βρίσκονται στο χαρούπι ως ελεύθερες, δεσμευμένες ή σε διαλυτές μορφές. Η αντιοξειδωτική ικανότητα συχνά συσχετίζεται με το φαινολικό περιεχόμενο των εκχυλισμάτων του χαρούπιου. Τα ευρήματα των εκχυλισμάτων των σπόρων χαρούπιου δείχνουν ότι είναι πηγές βιοδραστικών αντιοξειδωτικών ενώσεων με φαρμακευτικές εφαρμογές, αλλά και ως συμπληρώματα διατροφής. Η περιεκτικότητα φαινολικών ενώσεων διαφέρει από ποικιλία σε ποικιλία και φύλο.

Το χαρούπι είναι πλούσιο σε βιταμίνες E, D, C, B3, B6 και φολλικό οξύ, ενώ σε μικρότερη ποσότητα περιέχει βιταμίνες A, B2 και B12. Θεωρείται πλούσια πηγή μεταλλικών στοιχείων όπως Fe, Ca, Na, K, P και S, ενώ τα ιχνοστοιχεία που περιέχονται είναι ο Cu, Zn και Se. Το χαρούπι είναι πλούσια πηγή καλίου και ασβεστίου, ενώ μια μερίδα χαρούπιου έχει ποσότητα ασβεστίου ισοδύναμη με ένα φλυτζάνι αγελαδινό γάλα, δεδομένου ότι ένα λίτρο γάλα περιέχει 1200mg ασβέστιο.



3. ΟΦΕΛΗ ΤΟΥ ΧΑΡΟΥΠΙΟΥ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ

Τις τελευταίες δεκαετίες έχουν διεξαχθεί εκτεταμένες έρευνες για τις βιοδραστικές ενώσεις οι οποίες προάγουν την υγεία στον άνθρωπο και προστατεύουν από διάφορες ασθένειες, όπως κυρίως τον σακχαρώδη διαβήτη, τον καρκίνο και τα καρδιαγγειακά νοσήματα (CVD) (Nasar-abbas et al., 2016; El-Hajaji et al., 2011). Κάποιες από αυτές τις βιοδραστικές ενώσεις είναι τα φυτοοιστρογόνα, τα καροτενοειδή, τα συστατικά εσπεριδοειδών, οι πολυφαινόλες και οργανοσουλφικές ενώσεις. Συγκεκριμένα, ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα βασικής λειτουργίας των πολυφαινολών στην υγεία του ανθρώπου είναι η αναστολή της οξειδωσης των λιπιδίων και του DNA και η ρύθμιση της γονιδιακής έκφρασης (Nasar-abbas et al., 2016). Πρόσφατες μελέτες έχουν δείξει την αποτελεσματικότητα της σκόνης χαρουπιού στον καρκίνο του παχέος εντέρου, την μείωση της χοληστερόλης και την μείωση του κινδύνου νόσησης από σακχαρώδη διαβήτη τύπου II (Nasar-abbas et al., 2016). Σε έρευνα η οποία συνέκρινε ποικιλίες θηλυκών δέντρων χαρουπιού διαπιστώθηκε πως η ποικιλία Aida είχε την υψηλότερη ενεργή δραστηριότητα ελεύθερων ριζών, η ποικιλία Mulata είχε την υψηλότερη αναστολή οξειδωσης λιπιδίων, ενώ η ποικιλία Gasparinha παρουσίασε την ισχυρότερη κυτταροτοξική δράση στα ανθρώπινα καρκινικά κύτταρα του τραχήλου της μήτρας (Stavrou et al., 2018).

Επιπρόσθετα, το χαρούπι διαθέτει αντιφλεγμονώδεις, αντιμικροβιακές και γαστρεντερικές ιδιότητες κατά του έλκους, και συμβάλει στην μείωση απορρόφησης γλυκόζης στο γαστρεντερικό σωλήνα (^{a,b}Rtibi et al., 2017). Μια μελέτη στο Μαρόκο ανακάλυψε για πρώτη φορά πως το μέλι χαρουπιού έχει προστατευτική δράση ενάντια στον τραυματισμό των νεφρών και του ήπατος, ο οποίος προκαλείται από έναν τοξικό χημικό παράγοντα που ονομάζεται τετραχλωράνθρακας (CCl₄) (El-haskoury et al., 2018).

Σε μια άλλη μελέτη βρέθηκε πως η D-πινιτόλη έχει σημαντικές δυνατότητες να χρησιμοποιηθεί ως λειτουργικό συστατικό με αντιγηραντικές ιδιότητες. Αυτό επιτυγχάνεται με την μείωση της φλεγμονώδους απόκρισης που σχετίζεται στενά με την γήρανση. Έτσι η



D-πινιτόλη με την αντιγηραντική της δράση μπορεί να προσφέρει ιδιαίτερα οφέλη στον άνθρωπο (López-Sánchez et al., 2018).

Επιπλέον, μια διπλά τυφλή τυχαιοποιημένη μελέτη που πραγματοποιήθηκε σε 23 αθλητές του taekwondo με σκοπό τον προσδιορισμό της επίδρασης των συμπληρωμάτων χαρουπιού, για 6 εβδομάδες χορήγησης, για την αξιολόγηση της σύνθεσης του σώματος τους και την απόδοση αεροβικής ικανότητας έδειξε πολύ μικρές διαφορές του σωματικού λίπους και του μυϊκού όγκου, ενώ φάνηκε βελτίωση της αεροβικής απόδοσης και της βαθμολογίας αντιληπτής άσκησης, καθώς και μείωση του σωματικού βάρους των αθλητών (Gaamourí et al., 2019).

Επιπλέον, η D-πινιτόλη έχει προστατευτική δράση στο ήπαρ, μειώνοντας τα επίπεδα κάποιων υπατικών ενζύμων των αμινοτρανσφερασών όπως η AST και η ALT. Ακόμα, κάποιοι ερευνητές βρήκαν την D-πινιτόλη ως υποψήφια ένωση για την θεραπεία της νόσου του Alzheimer, δείχνοντας βελτιωμένη δραστηριότητα σε προ κλινικά μοντέλα (López-Sánchez et al., 2018). Έρευνες έχουν δείξει ότι η D-πινιτόλη με την ανοσορυθμιστική της ικανότητα είναι ικανή να ενισχύσει το ανοσοποιητικό σύστημα και είναι κατάλληλη για την θεραπεία ορισμένων ασθενειών όπως το άσθμα, η χρόνια φλεγμονή, η ρευματοειδής αρθρίτιδα και η σκλήρυνση κατά πλάκας (López-Sánchez et al., 2018). Επίσης, έχει αποδειχθεί ότι μια πολύ καλή στρατηγική ενός καλά ισορροπημένου ανοσοποιητικού συστήματος, εκτός από την ανασταλτική ικανότητα άσθματος, η D-πινιτόλη δρα στο ανοσοποιητικό ως ρυθμιστής του ισοζυγίου κυτοκινών Th1 / Th2 καθώς αυτά τα T-λεμφοκύτταρα παίζουν σημαντικό ρόλο στην ανοσία που σχετίζονται με την απορρύθμιση τους από ανοσολογικές ασθένειες. Ωστόσο, στην βιβλιογραφία υπάρχουν και αντιφατικά αποτελέσματα τα οποία δείχνουν πως η D-πινιτόλη μειώνει την κυτοκίνη IL-4 (López-Sánchez et al., 2018). Σε άλλη έρευνα φάνηκε πως αυξήθηκε η Th1 κυτοκίνη με IFN-γ, ενώ ταυτόχρονα σε άλλη μελέτη τα αποτελέσματα έδειξαν το αντίθετο, δηλαδή μείωση αυτής της κυτοκίνης (López-Sánchez et al., 2018).

Σε μία μελέτη με σκοπό την διερεύνηση των επιδράσεων χαρουπιού στην ποιότητα του σπέρματος, στη δομή των όρχεων αλλά και το επίπεδο της τεστοστερόνης σε υπογόνιμα ποντίκια, τα αποτελέσματα έδειξαν βελτίωση του σπέρματος, των βιοχημικών παραμέτρων, του πάχους του βλαστικού επιθηλίου και των επιπέδων τεστοστερόνης σε στείρα ποντίκια, τα οποία κατανάλωσαν για 35 ημέρες 800mg/kg εκχυλίσματος χαρουπιού. Δεν είναι



γνωστό, ωστόσο, εάν το εκχύλισμα χαρουπιού έχει επιπτώσεις και στην ανδρική γονιμότητα (Vafaei et al., 2018).

Πίνακας 3-1 Θρεπτικές ουσίες στο χαρούπι, σε πιο σημείο του καρπού βρίσκονται και σε ποιες ασθένειες δρα θεραπευτικά.

Group of Chemical Constituents/ Individual Substances	Biological Evaluation of Constituents/ Disease	Carob Parts/ Fraction
LBG/galactomannan	Gastrointestinal effects	Seed endosperm
D-Pinitol	Anti-diabetic activity	Carob pulp
Soluble and Insoluble Dietary Fiber Polyphenols/Gallic acid, Gallotannins, Flavonol Glycosides	Glycemic control, Enhanced lipid metabolism, Lowers total and LDL cholesterol	Carob Pulp
Insoluble Dietary Fiber Polyphenols/Tannins, Cellulose, Semicellulose, Lignin, Pectin	Cholesterol metabolism, Enhances lipid oxidation, Lowers postprandial acylated ghrelin	Carob Fiber
Polyphenols/ Gallic acid, Catechin, Myricetin rhamnoside, Eriodictyol glucoside, Quercetin glucoside, Quercetin rhamnoside	Anticancer effects	Carob Fiber
Polyphenols—Alkaloids/(+)-Catechin; Genticic acid; Chlorogenic acid; Catechol; Ferulic acid; Gallic acid; Myricetin; Methyl gallate; Quercetin; Rutin; Syringic acid; Theophylline; Vanillin	Cytotoxic activities	Germ Flour Extracts (seed)

(Goulas et al., 2016)

3.1. Σακχαρώδης διαβήτης

Ο σακχαρώδης διαβήτης θεωρείται από τις πιο περίπλοκες παγκόσμιες επιδημίες που έχουν συμβεί τις τελευταίες δεκαετίες στον κόσμο (López-Sánchez et al., 2018). Υπάρχουν τέσσερις τύποι διαβήτη, α) ο διαβήτης τύπου I και β) τύπου II, γ) οι συγκεκριμένοι τύποι διαβήτη που οφείλονται σε άλλες αιτίες (πχ. Μονογενή σύνδρομα διαβήτη, διαβήτης που προκαλείται από χημικά κλπ.) και δ) ο σακχαρώδης διαβήτης κήσης (ADA, 2021). Ο σακχαρώδης διαβήτης τύπου II είναι μη ινσουλινοεξαρτώμενος και χαρακτηρίζεται από υψηλά επίπεδα γλυκόζης αίματος λόγω ανεπάρκειας στην έκκριση ινσουλίνης ή σχετίζεται με άλλους υποδοχείς ινσουλίνης ή με συμβάντα μετά τον υποδοχέα, τα οποία οδηγούν σε ανισορροπία στους μεταβολισμούς υδατανθράκων, πρωτεϊνών και λιπών (López-Sánchez et al., 2018). Εκτιμάται ότι εάν δεν υιοθετηθούν κατάλληλες προφυλάξεις ο επιπολασμός



του σακχαρώδη διαβήτη τύπου II θα αυξηθεί παγκοσμίως από 171 εκατομμύρια το 2000 σε 366 εκατομμύρια το 2030 (López-Sánchez et al., 2018).

Η D-πινιτόλη είναι ευρέως γνωστή και από το φυτό *Bougainvillea spectabilis*, γνωστό για τα αντιδιαβητικά αποτελέσματά του. Έχουν γίνει μελέτες σε ανθρώπους για τις ινσουλινομιμητικές ιδιότητες της D-πινιτόλης, την ικανότητά της να μειώνει την υπεργλυκαιμία και να ρυθμίζει άλλες μεταβολικές επιπλοκές, οι οποίες σχετίζονται με τον σακχαρώδη διαβήτη τύπου II. Σημαντικό εύρημα σε μελέτη, είναι ο ελλαττωματικός μεταβολισμός της D-πινιτόλης, ο οποίος θα μπορούσε να οφείλεται στην εξασθένηση της δράσης της ινσουλίνης και την ανάπτυξη αντίστασης στην ινσουλίνη στον διαβήτη τύπου II. Έχει αποδειχθεί πώς η D-πινιτόλη έχει θετικές επιδράσεις στην μείωση της υπεργλυκαιμίας σε υγιή άτομα. Ο βιολογικός μηχανισμός με τον οποίο λειτουργεί η D-πινιτόλη υποστηρίχθηκε ότι δρα σε μία οδό μετά την δράση της ινσουλίνης και μετά την απορρόφηση της γλυκόζης (López-Sánchez et al., 2018).

Ωστόσο, άλλες μελέτες έδειξαν πως η ιδιότητα αυτή της D-πινιτόλης δεν σχετίζεται με αύξηση της συγκέντρωσης της ινσουλίνης, αλλά ούτε με αύξηση της δραστηριότητας της, αλλά ασκεί παρόμοια επίδραση με αυτής της ινσουλίνης στην μεταφορά γλυκόζης (López-Sánchez et al., 2018; Goulas et al., 2016). Ακόμα βρέθηκε πως η ινσιτόλη αυτή διεγείρει την κινητικότητα του μεταφορέα γλυκόζης 4 (GLUT 4), ο οποίος παίζει σημαντικό ρόλο στην ρύθμιση και μεταφορά γλυκόζης στους σκελετικούς μυς και στον λιπώδη ιστό (López-Sánchez et al., 2018).

Επιπρόσθετα, διενεργήθηκε έρευνα με δείγμα 15 ατόμων με σακχαρώδη διαβήτη τύπου II, τα οποία είχαν καταναλώσει 50γρ λευκό ρύζι με ή χωρίς κατάποση D-πινιτόλης. Η D-πινιτόλη χορηγήθηκε ως δόση 1,2γρ σε 0, 60, 120 και 180 λεπτά πριν από την κατάποση ρυζιού. Στην διάρκεια των 90 και 120 λεπτών, μειώθηκε σημαντικά η μεταγευματική αύξηση των επιπέδων γλυκόζης στο πλάσμα, ενώ ήταν πιο αποτελεσματική η γλυκόζη του τριχοειδούς αίματος στα 60λεπτα (Nasar-abbas et al., 2016). Η περιοχή κάτω από την καμπύλη απόκρισης γλυκόζης στο πλάσμα για άτομα τα οποία κατανάλωσαν είτε D-πινιτολή με ρύζι, ήταν σημαντικά χαμηλότερη σε σχέση με τα άτομα που κατανάλωναν μόνο ρύζι. Ως εκ τούτου μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η D-πινιτόλη είναι χρήσιμη για τον έλεγχο της αύξησης της μεταγευματικής γλυκόζης στο πλάσμα σε ασθενείς με διαβήτη τύπου II (Nasar-abbas et al., 2016). Η D-πινιτόλη σε προϊόντα χαρουπιού θα μπορούσε να



είναι υπεύθυνη για τα αντιδιαβητικά αποτελέσματα και την ευαισθησία της ινσουλίνης, αφού μειώνει τα επίπεδα σακχάρου στο αίμα σε διαβητικούς τύπου II ασθενείς (Goulas et al., 2016).

Φυσικά παρασκευάσματα με γνωστή αντιδιαβητική δράση τα οποία περιέχουν χαρούπι με χαμηλό γλυκαιμικό δείκτη, καταναλώθηκαν από διαβητικά άτομα ως συμπλήρωμα διατροφής (Goulas et al., 2016).

Μια διπλά τυφλή μελέτη μεγάλης διάρκειας ανέλυσε 44 άτομα τα οποία είχαν καταναλώσει ρόφημα εμπλουτισμένο με ινοσιτόλη χαρούπιου, ενώ η άλλη ομάδα είχε καταναλώσει ρόφημα γλυκόζης. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι μετά από 12 εβδομάδες χρήσης με από του στόματος σίτιση του ροφήματος αυτού με την ινοσιτόλη, υπήρξε θετική επίδραση στην αντίσταση στην ινσουλίνη και το ποσοστό της γλυκόζης άλλαξε μετά από τα κύρια γεύματα και την ολονύχτια νηστεία σε μη παχύσαρκα προδιαβητικά άτομα. Ωστόσο, δεν βρέθηκαν οι ίδιες επιδράσεις σε παχύσαρκα άτομα και γι' αυτό απαιτείται περαιτέρω έρευνα (Bañuls et al., 2016).

Άλλη τυχαίοποιημένη διπλά τυφλή μελέτη διερεύνησε την δοκιμή ροφήματος με υψηλή περιεκτικότητα σε D-πινιτόλη από χαρούπι σε εθελοντές. Ο σκοπός της έρευνας ήταν ο προσδιορισμός του μηχανισμού βελτίωσης της γλυκαιμίας με συχνή και χρόνια λήψη ποτού εμπλουτισμένου με D-πινιτόλη με πρωτεϊνική προσέγγιση. Το δείγμα εθελοντών αποτελείτο από δύο ομάδες 40 υγιών ενηλίκων και 40 υπέρβαρων ατόμων με μειωμένη ανοχή στην γλυκόζη. Επιπλέον, ακόμα μια ομάδα 38 ατόμων με σακχαρώδη διαβήτη τύπου II συμπεριλήφθηκαν στην έρευνα. Το ηλικιακό εύρος ήταν 18-72 ετών σε όλες τις ομάδες και ο δείκτης μάζας σώματος ήταν 19-40kg/m², με φυσιολογικές βιοχημικές παραμέτρους (Lambert et al., 2018). Όλες οι ομάδες χωρίστηκαν σε 2 υποομάδες, στις οποίες έγινε χορήγηση των ροφημάτων για 6 εβδομάδες. Στην πρώτη υποομάδα έγινε πρόσληψη ροφήματος εμπλουτισμένο με σακχαρόζη, ενώ στην άλλη υποομάδα το ρόφημα ήταν εμπλουτισμένο με D-πινιτόλη. Η μελέτη βασίστηκε στην επιλογή τυχαίων 24 ατόμων από όλες τις ομάδες και συγκεκριμένα με την επιλογή 6 ατόμων ανά ομάδα. Παρατηρήθηκε σημαντική αλλαγή των 2 βασικών πρωτεϊνών, οι οποίες σχετίζονται με την έκκριση ινσουλίνης στα β-κύτταρα, (IGF1BP-ALS και C4A) στην ομάδα των εθελοντών με μειωμένη ανοχή γλυκόζης. Επιπλέον, φάνηκε ότι η τακτική πρόσληψη ροφήματος με D-



πινιτόλη έχει μιμητική δράση της ινσουλίνης χωρίς όμως να επηρεάζεται η έκκριση ινσουλίνης (Lambert et al., 2018).

Τα άτομα με σακχαρώδη διαβήτη τύπου II και μειωμένη ανοχή στην γλυκόζη είχαν μειωμένο ινσουλινοαυξητικό παράγοντα (IGF1). Τα χαμηλά επίπεδα IGF1 σχετίζονται με μειωμένη έκκριση ινσουλίνης και με την παχυσαρκία. Ο IGF1 είναι δεσμευμένος με δυο πρωτεΐνες (BP) και (ALS). Χωρίς αυτές τις πρωτεΐνες, ο χρόνος ημιζωής του IGF1 είναι πολύ μικρός. Έτσι η ανεπάρκεια ALS σχετίζεται με μείωση του IGF1 και έτσι φαίνεται πως η κατανάλωση ροφήματος χαρουπιού με D-πινιτόλη, οδηγεί στην αύξηση την πρωτεΐνης ALS στην ομάδα με μειωμένη ανοχή στην γλυκόζη (Lambert et al., 2018).

Η πρωτεΐνη C4A σχετίζεται με τα β-κύτταρα του παγκρέατος, την μεταφορά και γενικά τον μεταβολισμό της γλυκόζης. Αυτή η πρωτεΐνη μελετήθηκε σε αρουραίους μέσω της πρόσληψης D-πινιτόλης και βρέθηκε αύξηση της έκφρασης του μεταφορέα γλυκόζης GLUT2 στην νήστιδα των αρουραίων. Με αυτόν τον μηχανισμό η C4A αυξήθηκε, γεγονός που υποδηλώνει την προστατευτική επίδραση των β-κυττάρων (Lambert et al., 2018).

Συμπερασματικά, η προαναφερθείσα μελέτη έδειξε πως η αντικατάσταση ενός προϊόντος απλών και επεξεργασμένων σακχάρων, με ένα προϊόν εμπλουτισμένο με D-πινιτόλη από τον λοβό του χαρουπιού, σε άτομα με μειωμένη ανοχή στην γλυκόζη, μπορεί να συμβάλει στην βελτίωση της διαταραχής του μεταβολισμού της γλυκόζης προστατεύοντας τα β-κύτταρα του παγκρέατος. Έτσι αυτά τα ευρήματα μπορούν να προάγουν την πρόληψη της αντίστασης της ινσουλίνης και του σακχαρώδους διαβήτη (Lambert et al., 2018).

Έρευνα με σκοπό τον προσδιορισμό in vivo του γλυκαιμικού δείκτη των χαρουπιών, τον προσδιορισμό in vitro του γλυκαιμικού δείκτη του αλεύρου του χαρουπιού αλλά και τον προσδιορισμό της περιεκτικότητας διαλυτών και αδιάλυτων ινών σε αλεύρι χαρουπιού, πραγματοποιήθηκε σε υγιή άτομα. Το δείγμα αποτελείτο από επτά υγιής εθελοντές ηλικίας 18-55 ετών, οι οποίοι κατανάλωσαν μερίδα χαρουπιού που περιελάμβανε δισκία χαρουπιού και αλεύρι χαρουπιού με περιεκτικότητα 26gr υδατάνθρακα. Τα προϊόντα αυτά ταξινομούνται στα τρόφιμα με χαμηλό γλυκαιμικό δείκτη, με το αλεύρι να περιέχει αδιάλυτες φυτικές ίνες (Santos et al., 2015). Στην in vitro μελέτη χρησιμοποιήθηκαν δείγματα 300mg αλεύρου χαρουπιού ή δισκίων χαρουπιού τα οποία τεμαχίστηκαν και διαλύθηκαν σε 10ml νερού και ακολουθήθηκαν διάφορες εργαστηριακές επεξεργασίες. Τα αποτελέσματα της in vitro μελέτης δείχνουν πως τα δισκία και το αλεύρι χαρουπιού



μπορούν να ταξινομηθούν ως τρόφιμα χαμηλού γλυκαιμικού δείκτη και χαμηλού γλυκαιμικού φορτίου. Στην *in vivo* μελέτη υπήρχαν σημαντικές διακυμάνσεις στα επίπεδα γλυκόζης πλάσματος των εθελοντών μετά την κατανάλωση του χαρουπιού. Όσον αφορά το αλεύρι χαρουπιού, μπορεί να ταξινομηθεί ως υψηλής περιεκτικότητας σε φυτικές ίνες τρόφιμο (Santos et al., 2015).

Τα αναγνωρισμένα ισομερή *myo*-inositol και *chiro*-inositol είναι γνωστά για τις σημαντικές λειτουργίες στην ανθρώπινη φυσιολογία στην οποία η *chiro*-inositol εμφανίζεται και ως D-πινιτόλη, με την μεθυλίωση αυτής όπως έχουμε αναφέρει σε προηγούμενο κεφάλαιο. Είναι συστατικά των ενδοκυτταρικών διαμεσολαβητών σηματοδότησης της δράσης της ινσουλίνης. Λίγες μελέτες έχουν χρησιμοποιήσει την D-πινιτόλη σε ανθρώπους με μεικτά αποτελέσματα (Paul et al., 2015).

Σε μια μελέτη, έγινε δοκιμή σε από του στόματος χορήγηση D-πινιτόλης και μόνο το 33% αυτής μετατράπηκε σε *chiro*-inositol στο ανθρώπινο σώμα (Paul et al., 2015). Σε τυχαιοποιημένη μελέτη, επιλέχθηκαν 20 υγιείς ενήλικες οι οποίοι κατανάλωσαν 50gr γλυκόζης διαλυμένη σε 200ml νερού και διαφορετικές ποσότητες φυτικών ινών χαρουπιού (0,5,10 και 20gr). Στόχος της μελέτης ήταν η διερεύνηση των επιδράσεων κατανάλωσης φυτικών ινών χαρουπιού στον μεταγευματικό χειρισμό γλυκόζης και την ανταπόκριση μιας ορμόνης που προκαλεί το ερέθισμα της πείνας, την γκρελίνη, όταν αυτή χορηγήθηκε σε συνδυασμό με γλυκόζη. Όταν καταναλώθηκαν 5 και 10gr ινών, η γλυκόζη στο πλάσμα αυξήθηκε ενώ όταν καταναλώθηκαν 20gr δεν παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση στην γλυκόζη σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου. Στην ορμόνη γκρελίνη δεν παρατηρήθηκαν επιπτώσεις μετά την κατανάλωση ινών χαρουπιού, όμως η συνολική γκρελίνη πλάσματος ήταν ελαφρώς αλλά σημαντική μείωση στην ομάδα ελέγχου στην οποία κατανάλωσαν 10gr ινών ενώ δεν φάνηκαν επιδράσεις στις ομάδες που κατανάλωσαν 5 και 20gr (Gruend et al., 2007).

Έχει βρεθεί πως οι ίνες χαρουπιού είναι πλούσιες σε πολυφαινόλες και μειώνουν την έκκριση γκρελίνης μετά από δοκιμή υγρού γεύματος που περιέχει 34% θερμίδες ως λίπος (Gruend et al., 2007).

Λόγω έλλειψης ερευνών στο αλεύρι χαρουπιού όσο αφορά το γλυκαιμικό έλεγχο και κορεσμό διεξήχθησαν δυο μελέτες. Η πρώτη μελέτη αφορούσε τον προσδιορισμό του γλυκαιμικού δείκτη ενός σνακ από αλεύρι χαρουπιού σε σύγκριση με ένα μπισκότο

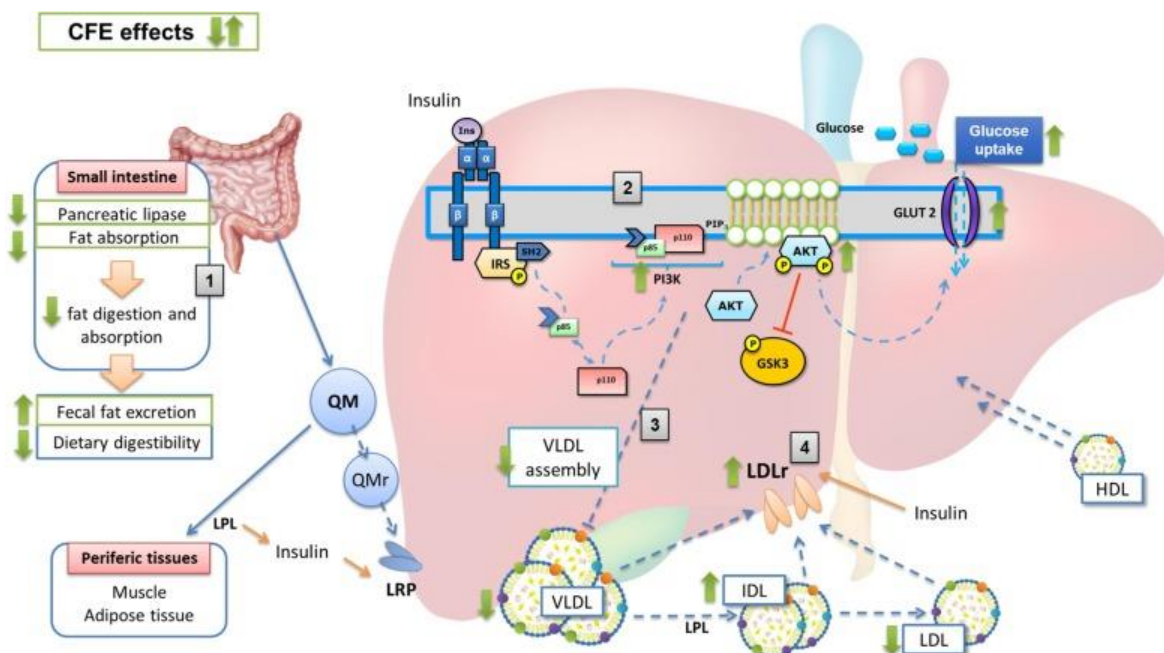


σοκολάτας. Η δεύτερη μελέτη περιελάμβανε κατανάλωση σνακ χαρουπιού πριν από το κύριο γεύμα, σε σύγκριση με το σνακ σοκολάτας με την υπόθεση ότι θα μειωνόταν η πρόσληψη ενέργειας στο κυρίως γεύμα. Όταν καταναλώθηκε το σνακ χαρουπιού, εκτός από των υποκειμενικών μέτρων πείνας, ανησυχίες για σκέψη φαγητού, και επιθυμία για φαγητό όσο αφορά την μειωμένη πρόσληψη ενέργειας στο γεύμα κ.α., η κατανάλωση του γεύματος ήταν χαμηλή και αυτό είχε ως αποτέλεσμα μικρότερη κατανάλωση υδατανθράκων και πρωτεϊνών, σε σχέση με τους συμμετέχοντες που κατανάλωσαν σνακ σοκολάτας.. Το εύρημα αυτό ίσως οφείλεται στον χαμηλό γλυκαιμικό δείκτη και στην υψηλή περιεκτικότητα φυτικών ινών που περιείχε το σνακ χαρουπιού (Papakonstantinou et al., 2017).

Άλλες δοκιμές είχαν αντιφατικά αποτελέσματα με την κατανάλωση πολλού χαρουπιού πλούσιο σε πολυφαινόλες και αδιάλυτες ίνες να μην επηρεάζει την μεταγευματική γλυκόζη στο πλάσμα, ούτε τις αποκρίσεις της ινσουλίνης στον ορό σε υγιείς ενήλικες (Papakonstantinou et al., 2017). Μελέτες έχουν δείξει πως οι διαιτητικές πολυφαινόλες μπορούν να επηρεάσουν τον μεταβολισμό των υδατανθράκων. Αυτό επιτυγχάνεται με 3 μηχανισμούς: 1) κατά την μείωση της πέψης των υδατανθράκων αναστέλλονται οι δραστηριότητες των ενζύμων παγκρεατικής α-αμυλάσης και α-γλυκοσυδάσης, 2) με την περιορισμένη απορρόφηση γλυκόζης στο έντερο, αναστέλλοντας μερικώς, σημαντικούς μεταφορείς γλυκόζης στο λεπτό έντερο, τον μεταφορέα SGLT1 και τον μεταφορέα GLUT2, 3) με την διαμόρφωση διαφορετικών οδών που εμπλέκονται στον μεταβολισμό των υδατανθράκων (Macho-González et al., 2017). Είναι γνωστό πως η αντίσταση στην ινσουλίνη είναι η πιο συχνή αιτία διαταραχής του μεταβολισμού των λιπιδίων που συμβάλλει στον υψηλότερο κίνδυνο καρδιαγγειακής νόσου σε ασθενείς με σακχαρώδη διαβήτη τύπου II. Έτσι ο ΣΔ-II επηρεάζεται από την αντίσταση στην ινσουλίνη με ποσοτικές, ποιοτικές και κινητικές μεταβολές των λιποπρωτεϊνών (Macho-González et al., 2020). Μια πρόσφατη μελέτη είχε ως σκοπό την ανάλυση εμπλουτισμένου με εκχύλισμα χαρουπιού κρέατος, σε διαβητικούς αρουραίους που προκαλείται από δίαιτα κορεσμένων λιπαρών στις α) ποιοτικές, ποσοτικές και κινητικές μεταβολές λιποπρωτεϊνών, β) τις τροποποιήσεις μονοπατιών InsR/ PI3K/ AKT και γ) τις σχέσεις μεταξύ των λιποπρωτεϊνών, των κύριων δεικτών της οδού ινσουλίνης και των αλλαγών της αντίστασης ινσουλίνης (Macho-González et al., 2020). Στην εν λόγω μελέτη, χρησιμοποιήθηκε εκχύλισμα χαρουπιού που περιείχε 70-80% αδιάλυτες φυτικές ίνες και 40% προανθοκυανιδίνες. Το

εκχύλισμα αυτό αναμείχθηκε με μείγμα κρέατος και οι δίαιτες χωρίστηκαν σε δυο ομάδες: 1) ομάδα ελέγχου με μείγμα κρέατος και 2) πειραματική ομάδα με μείγμα κρέατος που περιείχε εκχύλισμα χαρουπιού. Τα αποτελέσματα έδειξαν βελτίωση τόσο των λιποπρωτεϊνών όσο και των μονοπατιών (InsR/ PI3K/ AKT) με βελτίωση της ευαισθησίας στην ινσουλίνη. Συγκεκριμένα, το εκχύλισμα χαρουπιού μειώνει τα επίπεδα τριγλυκεριδίων VLDL και πλάσματος αυξάνοντας την απέκκριση λίπους από τα κόπρανα και έτσι γίνεται αποτελεσματικότερη η σηματοδότηση της ινσουλίνης, ενώ ακόμα αυξάνεται η κάθαρση αθηρογόνων λιποπρωτεϊνών με αύξηση του υποδοχέα LDL (LDLr). Συμπερασματικά, το εκχύλισμα χαρουπιού εμποτισμένο σε κρέας είναι μια λειτουργική τροφή για ασθενείς με ΣΔ-II για τον έλεγχο της δυσλιπιδαιμίας και της αντίστασης στην ινσουλίνη (Macho-González et al., 2020).

Σχήμα 3-2 Μηχανισμός του εκχυλίσματος χαρουπιού (CFE) που επηρεάζει τον μεταβολισμό των λιποπρωτεϊνών και τη σηματοδότηση της ινσουλίνης.



(Macho-González et al., 2020).



3.2. Οξειδωτικό στρες

Το οξειδωτικό στρες είναι μια παθολογική κατάσταση κατά την οποία διαταράσσεται η ισορροπία των αντιοξειδωτικών και των οξειδωτικών ουσιών, με τις οξειδωτικές ουσίες να υπερτερούν (López-Sánchez et al., 2018). Στο ανθρώπινο σώμα παράγονται κάποιες ουσίες από τα αντιδρώντα υδρογόνου και οξυγόνου, όπως για παράδειγμα το υπεροξειδίο του ανιόντος, οι ρίζες υδροξυλίου και μη ελεύθερες ρίζες, όπως το υπεροξειδίο του υδρογόνου, τα οποία εκτελούν λειτουργίες όπως η καταστροφή ιών και βακτηρίων στα λευκοκύτταρα κατά την μόλυνση αλλά και η φυσιολογική σηματοδότηση (Nasar-abbas et al., 2016; Benchikh, et al., 2014). Αυτές οι ουσίες ονομάζονται ελεύθερες ρίζες και είναι αρκετά ασταθείς προσβάλλοντας τα λιπίδια, τις πρωτεΐνες, και το DNA και συμβάλουν στην παθογένεση αλλά και στην γήρανση. Η χρόνια έκθεση σε οξειδωτικό στρες ευθύνεται σε μεγάλο βαθμό για την ανάπτυξη ασθενειών (Nasar-abbas et al., 2016).

Κάποιες ασθένειες και προβλήματα υγείας, τα οποία μπορεί να προκληθούν από το οξειδωτικό στρες είναι οι νεφρικές παθήσεις, οι καρδιαγγειακές παθήσεις και οι νευροεκφυλιστικές ασθένειες με υποκείμενους μηχανισμούς επαγωγής οξείδωσης και αντίδρασης λιπιδίων, πρωτεϊνών και νουκλεϊκών οξέων (Benchikh et al., 2014). Πρόσφατη μελέτη έδειξε πως η D-πινιτόλη έχει ευεργετικές ιδιότητες στο οξειδωτικό στρες λόγω των ελευθέρων ριζών (López-Sánchez et al., 2018).

Η βιοδραστική ικανότητα των φαινολικών ενώσεων, οι οποίες περιέχονται το χαρούπι, είναι σημαντική καθώς δρουν ως χημικά αντιοξειδωτικά που διαθέτουν την ικανότητα να μειώνουν την οξειδωτική βλάβη (Benchikh et al., 2014). Οι πολυφαινόλες δρουν προστατευτικά μειώνοντας τις ελεύθερες ρίζες μέσω της δωρεάς ηλεκτρονίων. Είναι γνωστό από πολλές μελέτες εδώ και χρόνια πως οι φαινολικές ενώσεις έχουν αντιοξειδωτικές και αντιφλεγμονώδες ιδιότητες (Nasar-abbas et al., 2016).

Επιπλέον, μια μελέτη πραγματοποιήθηκε σε δυο εκχυλίσματα χαρουπιού το ένα με περιεκτικότητα σε τανίνες 35% και το άλλο με 85%. Αυτά τα εκχυλίσματα χαρουπιού χρησιμοποιήθηκαν σε μαγειρεμένο χοιρινό κρέας και συγκρίθηκαν με την α-τοκοφερόλη. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι και τα δύο εκχυλίσματα τανινών είχαν υψηλότερη αντιοξειδωτική δράση σε σχέση με την α-τοκοφερόλη. Επιπρόσθετα, εκτιμήθηκαν οι αντιοξειδωτικές ικανότητες εκχυλισμάτων χαρουπιού με δύο μοντέλα *in vitro*, και οι



πολυφαινόλες που περιείχαν ήταν σχεδόν ισάξιες σε αντιοξειδωτικές και αναγωγικές ιδιότητες με αυτές του ερυθρού οίνου (Nasar-abbas et al., 2016).

Σε μια άλλη έρευνα στο Μαρόκο βρέθηκε πως το μέλι χαρουπιού από διαφορετικές περιοχές σχετίζεται με αντιοξειδωτικές και αντιδιαρροϊκές δραστηριότητες με σημαντική καταπολέμηση της οξειδωτικής βλάβης και της πρόληψης παθογένεσης πολλών ασθενειών (El-Haskoury et al., 2016).

Μια επιπλέον μελέτη είχε ως σκοπό την αξιολόγηση της επίδρασης του υδατικού εκχυλίσματος λοβών χαρουπιού ενάντια στην παραγωγή ελευθέρων ριζών στα ανθρώπινα ουδετερόφιλα κύτταρα, στην δραστικότητα και έκφραση μυελοϋπεροξειδάσης (MPO) καθώς και στην φωσφορυλίωση λακτοφερίνης και οξειδάσης NADPH. Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν σημαντική μείωση της δραστικότητας (MPO), αναστολή PMA φωσφορυλίωσης και απελευθέρωση λακτοφερίνης από τα ουδετερόφιλα. Συμπερασματικά, το εκχύλισμα χαρουπιού αναστέλλει τα ανθρώπινα ουδετερόφιλα μυελοϋπεροξειδάσης αλλά και την *in vitro* παραγωγή ελεύθερων ριζών. Τα αποτελέσματα αυτά παρατηρήθηκαν εντονότερα στους σπόρους του χαρουπιού σε σύγκριση με τον πολτό του χαρουπιού λόγω των αντιοξειδωτικών ιδιοτήτων τους (^aRtibi et al., 2015).

Μια έρευνα που διεξήχθη από τους Souli et al., 2013 είχε σκοπό να προσδιορίσει τη θεραπεία του οξειδωτικού στρες με υδατικό εκχύλισμα χαρουπιού στο ήπαρ αρουραίων. Σε αυτή την έρευνα βρέθηκε πως η οξεία χορήγηση αιθανόλης προκαλεί υπατοτοξικότητα, όπως φάνηκε από τα ηπατικά ένζυμα που δείχνουν τελικά την βλάβη του ηπατικού ιστού. Ακόμα βρέθηκε αύξηση μηλονδιαλδεϋδης στο ήπαρ, η οποία υποδηλώνει αύξηση της υπεροξειδωσίας των λιπιδίων και την εξάντληση των αντιοξειδωτικών δραστηριοτήτων. Η αιθανόλη αύξησε τα επίπεδα ηπατικού και πλασματικού υδρογόνου και ελεύθερου σιδήρου. Το εκχύλισμα χαρουπιού ανέτρεψε τις επιδράσεις της αιθανόλης και έτσι φαίνεται ότι το εκχύλισμα αυτό έχει ευεργετικό αποτέλεσμα στην οξειδωτική βλάβη, η οποία προκαλείται από την οξεία χορήγηση αιθανόλης και ότι η δράση της έχει αντίθετο αποτέλεσμα στη συσσώρευση σιδήρου πλάσματος.

Παρόμοια μελέτη για την θεραπεία του οξειδωτικού στρες με εκχύλισμα χαρουπιού στο γαστρεντερικό σύστημα αρουραίων με την χρήση αιθανόλης, έδειξε πως η χρήση εκχυλίσματος χαρουπιού έχει προστατευτική δράση στο γαστρεντερικό σύστημα κατά του οξειδωτικού στρες προκαλούμενου από χρήση αιθανόλης (^bRtibi et al., 2015).



3.3. Γαστρερεντικό Σύστημα

Οι φυτικές ίνες στα τρόφιμα έχουν το πλεονέκτημα ότι μειώνουν την θερμιδική τους αξία, με αποτέλεσμα την πιθανή απώλεια βάρους (Nasar-abbas et al., 2016). Η χρήση αλεύρου χαρουπιού έχει σημαντική αξία ως διαιτητική θεραπεία για την βρεφική διάρροια και τη βακτηριακή δυσεντερία, όσον αφορά τη μείωση της διάρκειας της νόσου (Nasar-abbas et al., 2016). Υπάρχουν ασθένειες του γαστρερεντικού συστήματος που προσβάλλουν την λειτουργικότητα του πεπτικού συστήματος στην απορρόφηση, την πέψη, και την απέκκριση των τροφών και υγρών. Τέτοιες συχνές διαταραχές του γαστρερεντικού είναι για παράδειγμα η γαστρίτιδα, η διάρροια, η δυσεντερία, η γαστρεντερίτιδα, η δυσκοιλιότητα, ο έμετος, η ελκώδης κολίτιδα κ.ά. Αυτές οι γαστρεντερικές διαταραχές μπορούν να προκληθούν από διάφορους μικροοργανισμούς όπως βακτήρια, παράσιτα και ιούς (Rtibi et al., 2017).

Εκχυλίσματα από τα φύλλα του δέντρου του χαρουπιού χρησιμοποιήθηκαν σε μελέτη και έδειξαν πως μπορούν να αναστείλουν το εντεροτοξιγόνο βακτήριο “*Escherichia coli*”, το οποίο δημιουργείται από λοιμώξεις του γαστρερεντικού συστήματος και προκαλεί σοβαρά προβλήματα υγείας, όπως την διάρροια. Το εκχύλισμα νερού από ώριμους λοβούς χαρουπιού έδειξε ότι διευκολύνει την γαστρερεντική διέλευση των τροφών σε αντίθεση με τους άγουρους λοβούς, οι οποίοι δυσκολεύουν την διέλευση και επιπλέον είναι πλουσιότεροι σε τανίνες και έχουν στυπτική ιδιότητα (Rtibi et al., 2017).

Έχουν πραγματοποιηθεί κάποιες μελέτες σε βρέφη στα οποία έγινε χορήγηση αλεύρου χαρουπιού, ενώ σε άλλες μελέτες έγινε χορήγηση κόμμεως χαρουπιού, οι οποίες έδειξαν μείωση της γαστροοισοφαγικής παλινδρόμησης (Theophilou et al., 2017). Επιπλέον, έχει βρεθεί ότι η σκόνη χαρουπιού μπορεί να μειώσει την εμφάνιση της διάρροιας προληπτικά και βοηθάει στην θεραπεία της οξείας διάρροιας (Theophilou et al., 2017). Ακόμη, η πλούσια περιεκτικότητα του χαρουπιού σε τανίνες το καθιστά αποτελεσματικό και ασφαλές για την αντιμετώπιση και τη θεραπεία της οξείας διάρροιας σε βρέφη. Γι' αυτόν τον λόγο το χαρούπι χρησιμοποιείται σε όλο τον κόσμο και για πολλά χρόνια, καθώς έχει και χαμηλό κόστος. Ωστόσο, απαιτούνται περισσότερες επιδημιολογικές μελέτες σε ζώα και κυρίως σε ανθρώπους, διότι συχνά υπάρχουν προβλήματα αποτελεσματικότητας, ενώ οι δραστικές



ουσίες που περιέχει το χαρούπι είναι σε μεγάλο ποσοστό άγνωστες (Theophilou et al., 2017).

3.4. Λιπιδαιμικό προφίλ

Τα καρδιαγγειακά νοσήματα και η υπερχοληστερολαιμία σε συνδυασμό με διάφορους παράγοντες κινδύνου, όπως η παχυσαρκία, το κάπνισμα, η σωματική αδράνεια και η υπέρταση αποτελούν τις κύριες αιτίες θανάτου στον δυτικό κόσμο. Διατηρώντας ένα διαφορετικό πλάνο διατροφής μειώνοντας τα ζωικά λίπη και αυξάνοντας τις τροφές οι οποίες αντιμετωπίζουν την υπερχοληστερολαιμία, όπως για παράδειγμα οι φυτικές ίνες, μειώνεται σημαντικά ο κίνδυνος νόσησης (Zunft et al., 2001).

Μελέτες έχουν δείξει ότι η κατανάλωση παρασκευασμάτων χαρούπιου πλούσιο σε τανίνες από αρουραίους αύξησε σημαντικά την απέκκριση χολικών οξέων και χοληστερόλης (Zunft et al., 2001). Παράλληλα, σε άλλη μελέτη σε αρουραίους στους οποίους έγινε χορήγηση σκόνης χαρούπιου, η χοληστερόλη και τα τριγλυκερίδια μειώθηκαν με δοσοεξαρτώμενο τρόπο (Goulas et al., 2016; Hassanein et al., 2015). Επιπλέον, τα εκχυλίσματα από πολύ χαρούπιου με τις περιεχόμενες συμπυκνωμένες τανίνες, έχουν τεκμηριωμένα αποδειχθεί ως αποτελεσματικά στην μείωση της χοληστερόλης (Macho-González et al., 2017).

Μια πιλοτική μελέτη με 47 εθελοντές, 31 γυναίκες και 16 άνδρες, με μέτρια υπερχοληστερολαιμία διενεργήθηκε για να προσδιοριστεί η μείωση των λιπιδίων στους ανθρώπους, μέσω της δοκιμής ενός παρασκευάσματος χαρούπιου. Στόχος της μελέτης ήταν να αποδειχθεί εάν 15 γραμμάρια χαρούπιου ενσωματωμένα σε τρόφιμα, μπορούν να επηρεάσουν την ολική και LDL χοληστερόλη στο αίμα. Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν σημαντική μείωση της ολικής χοληστερόλης (7,8%) καθώς και της LDL (12,2%) χοληστερόλης μετά από 6 εβδομάδες χορήγησης, αλλά διέφερε ελαφρώς μετά από της 4 εβδομάδες χορήγησης. Η λιγνίνη που υπάρχει στις φυτικές ίνες έχει στενή σχέση με τις ιδιότητες των χολικών οξέων και μαζί με τις πολυφαινόλες έπαιξαν σημαντικό ρόλο στην μείωση της χοληστερόλης, γεγονός που θα μπορούσε να δικαιολογήσει τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης (Zunft et al., 2001). Έτσι η εν λόγω μελέτη επαναλήφθηκε μετά από 2 χρόνια ως ελεγχόμενη διπλά τυφλή μελέτη με 58 εθελοντές που πάσχουν από



υπερχοληστερολαιμία. Η πειραματική ομάδα κατανάλωσε εξίσου 15 γραμμάρια χαρουπιού ως συστατικό σε ψωμί, ενώ στην ομάδα ελέγχου χορηγήθηκε εικονικό placebo. Μετά από 6 εβδομάδες η ολική χοληστερόλη ήταν 9,5% χαμηλότερη, ενώ η LDL μειώθηκε κατά 10,5% (Zunft et al., 2003).

Δυο μελέτες που διενεργήθηκαν με δείγμα πάνω από 100 ανθρώπους με υπερχοληστερολαιμία οι οποίοι είχαν μια ισορροπημένη διατροφή στο διαιτολόγιο τους, έδειξαν πως η κατανάλωση ινών χαρουπιού μειώνουν σημαντικά τα επίπεδα χοληστερόλης και ιδιαίτερα τη LDL χοληστερόλη (Haber, 2002).

Επιπλέον, σε άλλη διπλά τυφλή μελέτη χρησιμοποιήθηκαν αδιάλυτες φυτικές ίνες χαρουπιού πλούσιες σε πολυφαινόλες, από τις οποίες χρησιμοποιήθηκε το εκχύλισμά τους. Οι 88 εθελοντές που συμμετείχαν σε αυτή την έρευνα ήταν άνδρες και γυναίκες ηλικίας 22-65 ετών με κίνδυνο καρδιαγγειακών νοσημάτων. Η μελέτη είχε συνολική διάρκεια 6 εβδομάδες και έδειξε μείωση της ολικής χοληστερόλης κατά 18% και των τριγλυκεριδίων κατά 16% (Ruiz-Roso et al., 2010). Η επίδραση των ινών του χαρουπιού στην μείωση της χοληστερόλης σχετίζεται με την δραστικότητα της ουσίας 7 α-υδροξυλάσης της χοληστερόλης και την αυξημένη απέκκριση χολικού οξέος, η οποία θεωρείται ότι είναι υπεύθυνη για την υποχοληστερολαιμική δράση των ινών του χαρουπιού (Zunft et al., 2004).

Επιπλέον, οι ινσιτόλες διαθέτουν ευεργετικές ιδιότητες στην υγεία, όπως αναφέραμε στο 2^ο κεφάλαιο. Έτσι, η μυο-ινοσιτόλη, η οποία έχει επιδράσεις στο μεταβολισμό, διεγείρει την αύξηση της ευαισθησίας στην ινσουλίνη, την αύξηση της HDL και την μείωση της LDL χοληστερόλης, καθώς και των τριγλυκεριδίων (Nasar-abbas et al., 2016). Εκτός από την μείωση της LDL χοληστερόλης μετά από χορήγηση φυτικών ινών από το χαρούπι με αυξημένη περιεκτικότητα σε πολυφαινόλες, η μελέτη των Huma Zill-E. et al., (2017) έδειξε ότι το χαρούπι είναι ικανό να ρυθμίσει το επίπεδο γλυκόζης στο αίμα αλλά και να βελτιώσει την πέψη και την χρήση των λιπιδίων. Σε μια άλλη έρευνα αποδείχτηκε πως η χορήγηση D-πινιτόλης προστατεύει έως έναν βαθμό από τις ηπατοτοξικές δράσεις της υπερχοληστερολαιμικής δίαιτας και αυτό οφείλεται από την αντιοξειδωτική δράση της D-πινιτόλης, η οποία ενεργοποιεί κυτταρικά ενζυματικά αντιοξειδωτικά συστήματα.



3.5. Οστεοπόρωση

Τα οστά ως πολύπλοκοι ιστοί με διαφορετικούς τύπους κυττάρων έχουν συγκεκριμένες διαδικασίες σχηματισμού, ανάπτυξης, απορρόφησης και απέκκρισης. Η οστεοπόρωση είναι μια διαταραχή σχηματισμού των οστών με αποτέλεσμα την απώλεια του οστού. Αυτό μπορεί να προκληθεί από διάφορες ασθένειες, όπως για παράδειγμα από ορμονικές διαταραχές ή από φάρμακα (López-Sánchez et al., 2018).

Έρευνα έχει δείξει πως η D-πινιτόλη έχει τη δυνατότητα θεραπείας και πρόληψης της οστεοπόρωσης, αναστέλλοντας τον σχηματισμό των κυττάρων τα οποία ονομάζονται οστεοκλάστες στο οστό, καταστέλλοντας τον ενεργοποιητή και υποδοχέα σηματοδότησης NF-kB (RANKL). Έτσι πιθανότατα μπορεί να επιτευχθεί καταστολή της απώλειας των οστών. Επίσης, η D-πινιτόλη χρησιμοποιήθηκε ως δραστικό συστατικό στη σύνθεση, για την θεραπεία και την πρόληψη διαταραχών μεταβολισμού των οστών (López-Sánchez et al., 2018). Άλλη έρευνα έδειξε βελτίωση της οστεοπόρωσης στα οστά αρουραίων μετά την κατανάλωση σκόνης από λοβό χαρουπιού (Azab, 2017).

3.6. Φλεγμονές

Είναι αποδεδειγμένο ότι οι λοβοί του χαρουπιού εμφανίζουν αντιφλεγμονώδη δράση σε μοντέλα ποντικών με ελκώδη κολίτιδα που προκαλείται από έναν πολυσακχαρίτη (DSS), ο οποίος θεωρείται ότι προκαλεί βλάβη και φλεγμονή του βλεννογόνου του εντέρου. Το υδατικό εκχύλισμα χαρουπιού έχει αποδειχθεί ότι αποκαθιστά την αύξηση σωματικού βάρους και αποτρέπει την μείωση του παχέος εντέρου, περιορίζει τη σοβαρότητα των βλαβών του παχέος εντέρου και τις βιοχημικές αλλοιώσεις που μπορούν να προκληθούν (Aboura et al., 2017).

Επίσης οι ^aRtibi et al., (2017) έδειξαν την ισχυρή αντιφλεγμονώδη δράση του υδατικού εκχυλίσματος από τον λοβό του χαρουπιού σε μοντέλο αρουραίου, με αποτέλεσμα να παρεμποδίζονται οι προφλεγμονώδεις κιτοκίνες. Το μέλι χαρουπιού διαθέτει υψηλή περιεκτικότητα σε πολυφαινόλες, γεγονός που πιθανώς ενισχύει την αντιφλεγμονώδη και



αντιοξειδωτική του δράση (El-haskoury et al., 2018). Σε άλλη μελέτη βρέθηκε υψηλή αντιφλεγμονώδης δράση σε μη παχύσαρκα άτομα με προδιαβήτη μετά από την κατανάλωση ροφήματος με ινοσιτόλη από το χαρούπι (Bañuls et al., 2016). Είναι πολύ γνωστό στην παλαιστινιακή παραδοσιακή ιατρική πως η μελάσα ώριμων λοβών χαρουπιού έχουν ισχυρή αντιφλεγμονώδη δράση, κυρίως σε φλεγμονές στην στοματική κοιλότητα (Azab, 2017). Εκχύλισμα από τον λοβό του χαρουπιού φάνηκε ότι μείωσε προφλεγμονώδεις κιτοκίνες στην περιοχή του κόλον στο παχύ έντερο με ελκώδη κολίτιδα, το οποίο οφείλεται στην δράση των πολυφαινόλων (Theophilou et al., 2017).

3.7. Καρκίνος

Από τα συχνότερα είδη καρκίνων στις ΗΠΑ και με την μεγαλύτερη θνησιμότητα είναι ο καρκίνος του μαστού στις γυναίκες. ενώ στους άνδρες ο προστάτης, ο οποίος έχει μεγάλη επικινδυνότητα λόγω της υψηλής τάσης μετάστασης, κυρίως στα οστά (López-Sánchez et al., 2018). Επιπλέον, ο καρκίνος του παχέος εντέρου είναι από τους πιο διαδεδομένους στις δυτικές κοινωνίες (Nasar-abbas et al., 2016).

Έχει αποδειχθεί επιδημιολογικά ότι η κατανάλωση φρούτων και λαχανικών, συμβάλει στην μείωση του κινδύνου εμφάνισης καρκίνου στον άνθρωπο (López-Sánchez et al., 2018). Το Εθνικό ινστιτούτο καρκίνου των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής (National Cancer Institute - NCI) έχει επισημάνει κάποια τρόφιμα στα οποία υπάρχουν ενδείξεις χαμηλού κινδύνου για καρκίνο, όπως για παράδειγμα η σόγια. Με βάση αυτό σε μελέτες έχει βρεθεί πως η D-πινιτόλη μειώνει την ανάπτυξη και την επιθετικότητα του καρκίνου του προστάτη σε κύτταρα *in vitro*, ωστόσο έχει ακόμα αποδειχθεί η προληπτική επίδραση ενάντια του καρκίνου του μαστού σε αρουραίους και η ανασταλτική ανάπτυξη όγκου μέσω μιας ισορροπίας βιοχημικών διεργασιών όπως των φλεγμονωδών κιτοκινών, ορμονών, λιπιδίων κλπ. (López-Sánchez et al., 2018).

Επιπλέον, πραγματοποιήθηκε μία έρευνα στην νότια Κορέα, στο Εθνικό πανεπιστήμιο Chungbuk, για την χρήση της D-πινιτόλης για την θεραπεία και πρόληψη του καρκίνου, ώστε να αποκλειστεί ένας παράγοντας μεταγραφής που ονομάζεται "Nappar Factor kappa B"



(NF-κB). Ο παράγοντας αυτός υπάρχει αδρανής στο κυτταρόπλασμα, το οποίο ενεργοποιείται μέσω της ανακατανομής του στον πυρήνα από σημαντικό αριθμό καρκινογόνων και φλεγμονωδών παραγόντων. Το μπλοκάρισμά αυτού του παράγοντα είναι πιθανώς επωφελές, διότι οδηγεί στην αναστολή της κυτταρικής εισβολής που προκαλείται από τον προφλεγμονώδη παράγοντα TNF και στην ρύθμιση ορισμένων γονιδιακών προϊόντων τα οποία είναι ικανά να αποτρέψουν την απόπτωση και να προάγουν τη φλεγμονή και τη μετάσταση του όγκου (López-Sánchez et al., 2018).

Σε μια άλλη έρευνα βρέθηκε πως η D-πινιτόλη μπορεί να αναστείλει ορισμένα καρκινικά κύτταρα του προστάτη, τα οποία προκαλούνται από τον παράγοντα TNF-α, μέσω ενός ενζύμου, την μεταλλοπρωτεϊνάση (MMP-9, με καταστολή του μονοπατιού NF-κB. Ακόμα βρέθηκε ότι η D-πινιτόλη μπορεί να αποτρέψει την αύξηση της οξειδωσης των λιπιδίων προστατεύοντας την κυτταρική μεμβράνη από τον καρκίνο του μαστού στις γυναίκες (López-Sánchez et al., 2018).

Επιπρόσθετα, Σε έρευνα βρέθηκε ότι το εκχύλισμα ινών χαρουπιού, έχει θετική επίδραση στο οξειδωτικό stress, στα ανθρώπινα κύτταρα αδενώματος, στο οποίο μπορεί να ελαττωθεί η διαδικασία καρκινογένεσης του παχέος εντέρου. Ενώ σε άλλη έρευνα οι ίνες του χαρουπιού, οι οποίες είναι πλούσιες σε πολυφαινόλες, αναστέλλουν με έντονο ρυθμό τα κύτταρα αδενώματος και αδενωκαρκινώματος του παχέος εντέρου του ανθρώπου (Klenow et al., 2009).

Σύμφωνα με έρευνες η υψηλή κατανάλωση κόκκινου κρέατος οδηγεί στην αύξηση των ποσοστών καρκίνου του παχέος εντέρου, το οποίο πιθανώς οφείλεται στην αίμη. Έχοντας ερευνητικά δεδομένα πως οι φαινολικές ενώσεις διαθέτουν πιθανά προστατευτικά αποτελέσματα μέσω των αντιοξειδωτικών τους δράσεων, διεξήχθη μια έρευνα πάνω στην αιμίνη, η οποία φαίνεται να είναι ένας παράγοντας κινδύνου για την εμφάνιση καρκίνου, καθώς και η πιο αποτελεσματική ένωση σιδήρου στη διαμόρφωση του αριθμού των κυττάρων *in vitro* σε σχέση με το εκχύλισμα χαρουπιού (Klenow et al., 2009). Στην έρευνα χρησιμοποιήθηκε εκχύλισμα χαρουπιού, γαλλικό οξύ και ένας γνωστός χηλικοποιητής σιδήρου (δεφεροξαμίνη). Τα αποτελέσματα έδειξαν σημαντική μείωση στον αριθμό των κυττάρων HT29 του καρκίνου του παχέος εντέρου, ενώ οι υψηλές συγκεντρώσεις αιμίνης, έχουν τοξικές επιδράσεις, οι οποίες μπορούν να μειωθούν με το εκχύλισμα χαρουπιού.



Ωστόσο λόγω των μεγάλων συγκεντρώσεων αιμίνης που απαιτούνται είναι σημαντική η διενέργεια περαιτέρω έρευνας (Klenow et al., 2009).

Επιπλέον, το εκχύλισμα των λοβών του χαρουπιού έδειξε σημαντική μεταβολή στον πολλαπλασιασμό των καρκινικών κυττάρων σε ήπαρ ποντικού. Λόγω της αντιοξειδωτικής δράσης την οποία διαθέτει το φύτρο του χαρουπιού, μελέτες έχουν δείξει πως μειώθηκε η βιωσιμότητα του καρκίνου του τραχήλου της μήτρας (Nasar-abbas et al., 2016). Μία πολυφαινόλη, η οποία ονομάζεται κουερσετίνη, προάγει την απόπτωση των T-λεμφοκυττάρων στοχεύοντας σε μια πρωτεΐνη, η οποία δρα κατά της απόπτωσης παράγοντας θετικές επιδράσεις. Επιπλέον, η κουερσετίνη μείωσε το μέγεθος του όγκου σε καρκίνου του παγκρέατος και του μαστού και ανέστειλε την αγγειογένεση σε μοντέλα ξενομοσχεύματος (Goulas et al., 2016).

Πιθανόν η μειωμένη πολλαπλασιαστική επίδραση του καρκίνου του παχέος εντέρου, συνδέεται με διάφορες φυτοχημικές ουσίες του εκχυλίσματος του χαρουπιού, οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν συνδυαστικά και όχι εξ' ολοκλήρου από το γαλλικό οξύ, διότι χαρακτηρίζεται από μειωμένη κυτταροτοξική δράση ανεξάρτητα από την άφθονη ποσότητα του στο εκχύλισμα του χαρουπιού (Goulas et al., 2016). Μια μεγάλη προοπτική μελέτη έδειξε ισχυρή γραμμική αντίστροφη σχέση μεταξύ των φλαβονοειδών και του κινδύνου για καρκίνο του παχέος εντέρου (Klenow et al., 2009).

Επιπρόσθετα, έρευνα έχει δείξει την σημαντικότητα των αντιοξειδωτικών, και κυρίως των πολυφαινολών, για την παρασκευή αντικαρκινικών φαρμάκων (Gurel et al., 2021). Μελετήθηκαν τρεις διαφορετικές φαρμακευτικές φόρμουλες από χαρούπι και διερευνήθηκε η αντικαρκινική τους δράση. Το χαρούπι μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε προκαθορισμένες δόσεις, για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα κατά του καρκίνου και σε ορισμένες χρονικές περιόδους της νόσου (Gurel et al., 2021).

3.8. Μικροβιακό προφίλ

Αρκετές μελέτες έχουν πραγματοποιηθεί σχετικά με την αντιμικροβιακή ιδιότητα του χαρουπιού σε μεγάλο φάσμα μικροοργανισμών (Nasar-abbas et al., 2016). Μελέτη ανακάλυψε ότι το μεθανολικό εκχύλισμα φύλλων χαρουπιού ανέστειλε την ανάπτυξη του



βακτηρίου *Listeria monocytogenes* (Krokou et al., 2019). Σε άλλη μελέτη έγινε δοκιμή μεθανολικού εκχυλίσματος χαρουπιού για την αντιβακτηριακή του δραστηριότητα. Τα αποτελέσματα έδειξαν δραστηριότητα στο βακτήριο *Enterococcus sp.*. Ωστόσο μια άλλη δοκιμή εκχυλίσματος διχλωρομεθανίου-μεθανόλης ξηρών λοβών χαρουπιού, έδειξε ότι είναι ενεργό ενάντια στους 11 τύπους βακτηρίων και μυκήτων από τους δεκατέσσερις συνολικά που δοκιμάστηκαν (Azab, 2017). Οι ίνες του χαρουπιού έχουν την ικανότητα να δεσμεύουν 3 φορές το βάρος τους σε νερό, γεγονός που βοηθά στην βελτίωση της ποιότητας του προϊόντος και στην μείωση της μικροβιολογικής ανάπτυξης που προωθείται από το ελεύθερο νερό (Nasar-abbas et al., 2016).

Σε μία μελέτη που διεξήχθη για την διερεύνηση των αντιοξειδωτικών και αντιμικροβιακών αιθέριων ελαίων πολτού και σπόρων χαρουπιού, τα αιθέρια έλαια του χαρουπιού έδειξαν καλή αντιμικροβιακή δράση κατά των παθογόνων βακτηρίων *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* και *Escherichia coli*. Επίσης, πολύ καλή αντιοξειδωτική ικανότητα κατά των ελευθέρων ριζών βρέθηκε ότι έχει το έλαιο του χαρουπιού σε σχέση με τους σπόρους του (Ouis and Hariri, 2018). Μία επιπλέον έρευνα έδειξε ότι το εκχύλισμα χαρουπιού είχε ανασταλτική αντιμικροβιακή δράση ενάντια των στελεχών *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes* και *Salmonella enteritidis* (Fidan et al., 2018).

Σε μια μελέτη δοκιμής εκχυλίσματος φύλλων και λοβών χαρουπιού με σκοπό την διερεύνηση της επίδρασης της αιθανόλης και της ακετόνης του χαρουπιού στον έλεγχο της σήψης της πατάτας από το βακτήριο *P. Atrosepticum*, φάνηκε πως το εκχύλισμα φύλλων χαρουπιού είχε ισχυρή αντιμικροβιακή επίδραση κατά του βακτηρίου *P. Atrosepticum*, το οποίο πιθανώς σχετίζεται από την περιεκτικότητά τους σε πολυφαινόλες. Έτσι τα φυτικά εκχυλίσματα χαρουπιού έχουν την δυνατότητα να ελέγχουν την ανάπτυξη βακτηρίων κατά την σήψη των τροφίμων (Meziani et al., 2015).

Ανακεφαλαιώνοντας στο παρόν κεφάλαιο, τις τελευταίες δεκαετίες έχουν διεξαχθεί εκτεταμένες έρευνες για τις βιοδραστικές ενώσεις οι οποίες προάγουν την υγεία στον άνθρωπο και προστατεύουν από διάφορες ασθένειες, όπως κυρίως τον σακχαρώδη διαβήτη, τον καρκίνο και τα καρδιαγγειακά νοσήματα (CVD) Πρόσφατες μελέτες έχουν δείξει την αποτελεσματικότητα της σκόνης χαρουπιού στον καρκίνο του παχέος εντέρου, την μείωση της χοληστερόλης και την μείωση του κινδύνου νόσησης από σακχαρώδη διαβήτη τύπου



II. Η D-πινιτόλη μέσα από πολλές έρευνες, φαίνεται να έχει ινσουλινομιμητικές ιδιότητες, να μειώνει την υπεργλυκαιμία και να ρυθμίζει άλλες μεταβολικές επιπλοκές, οι οποίες σχετίζονται με τον σακχαρώδη διαβήτη τύπου II. Άλλες μελέτες έχουν δείξει τις προστατευτικές ιδιότητες της D-πινιτόλης, αλλά και των πολυφαινόλων που περιέχονται στο χαρούπι ενάντια στο οξειδωτικό στρες, οι οποίες προκαλούνται από οξειδωτικές ουσίες, όπως οι ελεύθερες ρίζες. Επιπλέον η D-πινιτόλη έχει τη δυνατότητα θεραπείας και πρόληψης της οστεοπόρωσης, αναστέλλοντας τον σχηματισμό των κυττάρων του οστού, καταστέλλοντας έναν ενεργοποιητή και υποδοχέα σηματοδότησης. Ενώ ακόμα η D-πινιτόλη έχει χρησιμοποιηθεί ως δραστικό συστατικό στη σύνθεση, για την θεραπεία και την πρόληψη διαταραχών μεταβολισμού των οστών.

Τα καρδιαγγειακά νοσήματα και η υπερχοληστερολαιμία σε συνδυασμό με διάφορους παράγοντες κινδύνου, αποτελούν τις κύριες αιτίες θανάτου στον δυτικό κόσμο. Είναι τεκμηριωμένα αποδεδειγμένο πως το εκχύλισμα χαρούπιου μειώνει αποτελεσματικά την χοληστερόλη, με της περιεχόμενες τανίνες. Οι φυτικές ίνες με την αυξημένη περιεκτικότητα σε πολυφαινόλες που περιέχονται στο χαρούπι έκτος από την μείωση της LDL χοληστερόλης, μελέτη έδειξε ότι είναι ικανό να ρυθμίσει το επίπεδο γλυκόζης στο αίμα αλλά και να βελτιώσει την πέψη και την χρήση των λιπιδίων.

Υπάρχουν ασθένειες του γαστρεντερικού συστήματος που προσβάλουν την λειτουργικότητα του πεπτικού συστήματος στην απορρόφηση, την πέψη, και την απέκκριση των τροφών και υγρών. Σε μελέτες οι οποίες έχουν διεξαχθεί ανά τα χρόνια, έχει βρεθεί τα εκχυλίσματα χαρούπιου και φύλλα του δέντρου, καθώς και η σκόνη του χαρούπιου να διευκολύνουν την γαστρεντερική διέλευση, την μείωση της εμφάνισης της διάρροιας προληπτικά, ενώ βοηθάει και στην θεραπεία της οξείας διάρροιας. Έχει ακόμα αναφερθεί η χορήγηση κόμμι χαρούπιου μειώνει την γαστροοισοφαγική παλινδρόμηση σε βρέφη, και η πλούσια περιεκτικότητα σε τανίνες, βοηθούν στην αντιμετώπιση και θεραπεία της οξείας διάρροιας αυτών.

Αρκετές μελέτες έχουν δείξει τα υδατικά εκχυλίσματα χαρούπιου, των φύλλων του δέντρου, και τα αιθέρια έλαια χαρούπιου να έχουν αντιμικροβιακή δραστηριότητα διαφόρων βακτηρίων, συμπεριλαμβανομένων του εντεροτοξιγόνου βακτηρίου "*Escherichia coli*" και ακόμα των "*Listeria monocytogenes*", "*Enterococcus sp*", "*Staphylococcus aureus*", "*Pseudomonas aeruginosa*", "*P. Atrosepticum*".



Το χαρούπι έχει ισχυρή αντιφλεγμονώδη δράση σε άτομα φυσιολογικού βάρους με προδιαβήτη, για παράδειγμα κάποια προϊόντα όπως η μελάσα κυρίως επιδρά σε φλεγμονές στην στοματική κοιλότητα. Ενώ ακόμα το μέλι και εκχυλίσματα χαρουπιού, φαίνεται να έχουν αντιφλεγμονώδη και αντιοξειδωτικές ιδιότητες. Διάφορες μελέτες έχουν δείξει την D-πινιτόλη για την θεραπεία του καρκίνου, αναστέλλοντας καρκινικά κύτταρα. Επίσης τα εκχυλίσματα χαρουπιού τα οποία περιέχουν πολυφαινολικές ενώσεις, φαίνεται να έχουν αντιοξειδωτικές ιδιότητες ενάντια διαφόρων τύπου καρκίνου.



Συμπεράσματα

Το χαρούπι είναι ένα από το πιο αρχαϊκά όσπρια που χρησιμοποιούνταν κυρίως ως τροφή για τους ανθρώπους και τα ζώα, από τους Άραβες και στη συνέχεια από τους αρχαίους Έλληνες οι οποίοι και το έφεραν μετά στην Μεσόγειο. Το χαρούπι έχει αναφερθεί από έρευνα του Θεόφραστου στην Βαβυλώνα το 310π.Χ., ενώ από την ιστορία της βίβλου, ο Ιωάννης ο βαπτιστής κατάφερε να επιβιώσει στην έρημο καταναλώνοντας χαρούπι και άγριο μέλι, το οποίο έγινε γνωστό και ως «John's bread». Ακόμα χρησιμοποιούσαν τον σπόρο χαρουπιού ως μονάδα βάρους για την μέτρηση πολύτιμων λίθων και χρυσού, το οποίο αποκαλούσαν “karat” ή “qirat”. Ως εκ τούτου, θεωρείται πολύτιμος καρπός για την υγεία από την αρχαία εποχή έως και σήμερα. Σε παγκόσμιο επίπεδο, οι χώρες με την μεγαλύτερη παραγωγή χαρουπιού είναι η Πορτογαλία, η Ιταλία, η Ισπανία, το Μαρόκο, η Τουρκία, η Ελλάδα, η Κύπρος και η Αλγερία.

Το ύψος του δέντρου της χαρουπιιάς ανέρχεται μεταξύ 6-15 μέτρων, ενώ σε κάποιες περιπτώσεις μπορεί να φτάσει και πάνω από 20 μέτρα. Το χαρουπόδεντρο είναι το μόνο μεσογειακό δέντρο το οποίο ανθίζει κυρίως το φθινόπωρο, ενώ παράλληλα μπορεί να επιβιώσει σε υψηλές θερμοκρασίες, σε ξηρά κλίματα και εδάφη, χωρίς άρδευση ή βροχόπτωση για μεγάλο χρονικό διάστημα. Ωστόσο, τα δέντρα της χαρουπιιάς είναι ευαίσθητα στον παγετό, γεγονός που αποτελεί σοβαρό πρόβλημα για τις καλλιέργειες. Ο καρπός του χαρουπιού, έχει την μορφή πράσινων φασολιών έως την πλήρη ωρίμανσή του κατά την οποία παίρνει ένα σκούρο καφέ χρώμα. Το μέγεθος του χαρουπιού κυμαίνεται γύρω στα 10 εκατοστά, ενώ το βάρος του κυμαίνεται μεταξύ 5-30 γραμμαρίων, με συνηθέστερο βάρος τα 12-15 γραμμάρια. Ο καρπός του χαρουπιού χωρίζεται σε δύο μέρη, τον λοβό και τους σπόρους. Το ένα τρίτο του σπόρου αποτελείται από κόμμι. Το κόμμι χαρουπιού είναι ένας πολυσακχαρίτης, ο οποίος ονομάζεται «γαλακτομαννάνη». Χρησιμοποιείται ως φυσικό πρόσθετο τροφίμων και στην βιομηχανία τροφίμων ως σταθεροποιητής, παχυντής και αρωματικό μέσο. Η γεύση του χαρουπιού μοιάζει με αυτήν του κακάο, απαλλαγμένο όμως από γνωστές διεγερτικές ουσίες, και οξαλικό οξύ, το οποίο έχει ενοχοποιηθεί για πέτρα στα νεφρά. Ως εκ τούτου είναι προτιμότερη η κατανάλωση χαρουπιού αντί κακάου, διότι το χαρούπι έχει φυσικά σάκχαρα, σε αντίθεση με τη τροποποιημένη ζάχαρη που περιέχεται στην σοκολάτα. Επιπλέον, το χαρούπι περιέχει



λιγότερα λιπαρά και περισσότερες φυτικές ίνες από την σοκολάτα. Μέσω διάφορων μεθόδων επεξεργασίας, είναι δυνατό να αξιοποιηθούν όλα τα μέρη του καρπού του χαρουπιού από την βιομηχανία τροφίμων για την παραγωγή διάφορων προϊόντων από χαρούπι, που υπάρχουν σήμερα στο εμπόριο.

Ανά τα χρόνια έχουν διεξαχθεί πολλές έρευνες για την θρεπτική αξία και τα οφέλη που προσφέρουν τα συστατικά του χαρουπιού στον ανθρώπινο οργανισμό, τα οποία είναι οι βιταμίνες E, D, C, B3, B6 και το φολλικό οξύ, ενώ σε μικρότερη ποσότητα οι βιταμίνες A, B2 και B12. Επιπλέον, το χαρούπι θεωρείται πλούσια πηγή μεταλλικών στοιχείων όπως Fe, Ca, Na, K, P και S, ενώ τα ιχνοστοιχεία που περιέχονται είναι ο Cu, Zn και Se. Επίσης, είναι πλούσια πηγή καλίου και ασβεστίου, ενώ μια μερίδα χαρουπιού έχει ποσότητα ασβεστίου ισοδύναμη με ένα φλυτζάνι αγελαδινό γάλα, δεδομένου ότι ένα λίτρο γάλα περιέχει 1200mg ασβέστιο. Εκτός από την πλούσια περιεκτικότητα μεταλλικών στοιχείων και βιταμινών, το χαρούπι περιέχει και άλλες ουσίες με θεραπευτικές ιδιότητες, συνεισφέροντας σημαντικά σε κάποιες ασθένειες, όπως για παράδειγμα τον γλυκαιμικό έλεγχο κατά του διαβήτη, ο οποίος φαίνεται από τις έρευνες να ελέγχεται από την “D-πινιτόλη” και την μεγάλη περιεκτικότητα φυτικών ινών.

Τα τελευταία χρόνια το χαρούπι και τα προϊόντα του έχουν προσελκύσει το ενδιαφέρον των ερευνητών και των βιομηχανιών λόγω της πολυφαινολικής τους σύνθεσης. Οι φαινολικές ενώσεις βρίσκονται σε διάφορα μέρη του χαρουπιού, όπως στα φύλλα, τους σπόρους, τους λοβούς, τους φλοιούς, καθώς και στα προϊόντα του, όπως για παράδειγμα στο σιρόπι, το αλεύρι και τις φυτικές ίνες.

Η D-πινιτόλη είναι μια ινοσιτόλη από τα 5 στερεοϊσομερή που υπάρχουν στην φύση και είναι γνωστή για τις αντιδιαβητικές και αντιοξειδωτικές βιολογικές λειτουργίες της. Το χαρούπι περιέχει τις υψηλότερες ποσότητες ινοσιτολών από οποιοδήποτε όσπριο με την δεύτερη θέση να κατέχει η σόγια. Έτσι η αντιοξειδωτική ικανότητα που διαθέτει το χαρούπι, κυρίως με την σημαντική ποσότητα πολυφαινολών και συγκεκριμένα ταννινών και φαινολικών ενώσεων, D-πινιτόλης αλλά και άλλων ουσιών, συνεισφέρει στην καταπολέμηση του οξειδωτικού στρες αλλά και στην θεραπεία των καρκινικών κυττάρων. Η σημαντική αντιφλεγμονώδες δράση την οποία έχει το χαρούπι, βοηθά στην ρύθμιση του λιπιδαιμικού προφίλ μειώνοντας την LDL χοληστερόλη και των τριγλυκεριδίων, καθώς επίσης παρέχει οφέλη κατά της οστεοπόρωσης, βοηθάει στην αντιμετώπιση των



γαστρεντερικών διαταραχών λόγω της υψηλής περιεκτικότητας φυτικών ινών, αλλά διαθέτει και αντιμικροβιακή δράση.

Πολλές από τις προαναφερθείσες πειραματικές μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί μέχρι και σήμερα διενεργήθηκαν σε πειραματόζωα και λιγότερο σε ανθρώπους, με μικρά δείγματα. Ως εκ τούτου καθίσταται αναγκαία η διενέργεια περαιτέρω μελετών στα συστατικά του χαρουπιού για την διερεύνηση της θεραπευτικής τους δράσης σε διάφορες ασθένειες και γενικά για τα οφέλη που προσφέρει στον ανθρώπινο οργανισμό.

Ο καταναλωτής μπορεί να επιλέξει τα προϊόντα του χαρουπιού ως μια πιο υγιεινή επιλογή, για παράδειγμα την αντικατάσταση της σοκολάτας από κακάο με αυτή του χαρουπιού ή το λευκό αλεύρι με το αλεύρι από χαρούπι. Ωστόσο, είναι αναγκαίο ο καταναλωτής να διαβάζει τις ετικέτες των τροφίμων, διότι κάποια προϊόντα με χαρούπι, είναι πιθανό να περιέχουν αμελητέες ποσότητες χαρουπιού και να προωθούνται ως θρεπτικά και υγιεινά τρόφιμα. Τα προϊόντα χαρουπιού στο εμπόριο συνήθως έχουν υψηλότερη τιμή από τα κοινά τρόφιμα καθώς κατά την γνώμη μου, δεν προωθούνται αρκετά σε σχέση με τα υπόλοιπα τρόφιμα. Αυτοί ίσως είναι δύο από τους λόγους για τους οποίους δεν επιλέγονται συχνά από τους καταναλωτές. Θα ήταν συνετό λοιπόν να υπάρχουν βιομηχανίες παραγωγής τροφίμων, οι οποίες θα παράγουν τα προϊόντα χαρουπιού με όλες τις σωστές προδιαγραφές, ενώ όταν διατίθενται στο εμπόριο να έχουν προσιτές τιμές, αλλά και να προωθηθούν με διαφημιστικά σποτ και διαφημιστικές καμπάνιες, ώστε τα προϊόντα χαρουπιού να γίνουν γνωστά στο ευρύ κοινό. Βέβαια η τιμή δεν θα έπρεπε να είναι το πρώτο κριτήριο επιλογής, καθώς όπως έχουμε αναφέρει το χαρούπι διαθέτει πλήθος θρεπτικών συστατικών, το οποίο για παράδειγμα μπορούν να το καταναλώνουν άτομα με σακχαρώδη διαβήτη, με δυσλιπιδαιμία κ.λπ. αλλά και υγιή άτομα, για την πρόληψη ασθενειών.

Το χαρούπι λοιπόν, είναι ένας καρπός, ο οποίος με κάθε του μέρος ξεχωριστά, μπορεί να προσφέρει πολλά οφέλη στην υγεία του ανθρώπου. Ως εκ τούτου καθίσταται αναγκαία η μεγαλύτερη εκμετάλλευση και προώθηση του χαρουπιού σε όλους τους τομείς παραγωγής του τόσο στην Ελλάδα όσο και σε παγκόσμια κλίμακα.



Βιβλιογραφία

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

- Aboura, I. et al. (2017) ‘Protective effects of polyphenol-rich infusions from carob (Ceratonia siliqua) leaves and cladodes of Opuntia ficus-indica against inflammation associated with diet-induced obesity and DSS-induced colitis in Swiss mice’, *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 96, pp. 1022–1035. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2017.11.125>.
- American Diabetes Association (2021) ‘Standards of Medical Care in Diabetes—2021 Abridged for Primary Care Providers’, <https://doi.org/10.2337/cd21-as01>.
- Albertos, I. et al. (2015) ‘Carob seed peel as natural antioxidant in minced and refrigerated (4 °C) Atlantic horse mackerel (Trachurus trachurus)’, *LWT - Food Science and Technology*, 64(2), pp. 650–656. doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.06.037>.
- Ayaz, F. A. et al. (2009) ‘Nutrient Content of Carob Pod (Ceratonia siliqua L.) Flour Prepared Commercially and Domestically’, *Plant Foods for Human Nutrition*, 64(4), p. 286. doi: 10.1007/s11130-009-0130-3.
- Azab, A. (2017) ‘CAROB (Ceratonia siliqua): HEALTH, MEDICINE AND CHEMISTRY’ *European Chemical Bulletin*, 6(10), pp. 456-469 doi: 10.17628/ecb.2017.6.456-469.
- Bañuls, C. et al. (2015) ‘Chronic consumption of an inositol-enriched carob extract improves postprandial glycaemia and insulin sensitivity in healthy subjects: A randomized controlled trial’, *Clinical Nutrition. Elsevier*, 35(3), pp. 600–607. doi: 10.1016/j.clnu.2015.05.005.
- Bañuls, C. et al. (2016) ‘Effect of consumption of a carob pod inositol-enriched beverage on insulin sensitivity and inflammation in middle-aged prediabetic subjects’, *Food & Function. The Royal Society of Chemistry*, 7(10), pp. 4379–4387. doi: 10.1039/C6FO01021K.
- Barak S. et al. (2014) ‘Locust bean gum: Processing, properties and food applications—A review’, *International Journal of Biological Macromolecules*, 66, pp. 74-80. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2014.02.017>.



- Battle, I. and Tous J. (2014) ‘Carob tree’, (January 1997).
- Benchikh, Y. et al. (2014) ‘Changes in bioactive phytochemical content and in vitro antioxidant activity of carob (*Ceratonia siliqua* L.) as influenced by fruit ripening’, *Industrial Crops and Products*, 60, pp. 298–303. doi: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.05.048>.
- Christou, C. et al. (2019) ‘GC–MS analysis of D-pinitol in carob: Syrup and fruit (flesh and seed)’, *Journal of Chromatography B*, 1116, pp. 60–64. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2019.04.008>.
- Custódio, L. et al. (2013) ‘Sapwood of Carob Tree (*Ceratonia siliqua* L.) as a Potential Source of Bioactive Compounds’, 3, pp. 225–229.
- El Batal, H. et al. (2013) ‘Yield and composition of carob bean gum produced from different Moroccan populations of carob (*Ceratonia siliqua* L.)’, *Journal of Materials and Environmental Science*, 4, pp. 309–314.
- El-Hajaji, H. et al. (2010) ‘Antioxidant Properties and Total Phenolic Content of Three Varieties of Carob Tree Leaves from Morocco’, *Records of Natural Products*, 4.
- El-haskoury, R. et al. (2016) ‘*Ceratonia siliqua* honeys from Morocco: Physicochemical properties, mineral contents, and antioxidant activities’, *Journal of Food and Drug Analysis*, pp. 67-73. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2016.11.016>.
- El-haskoury, R. et al. (2018) ‘Antioxidant Activity and Protective Effect of Carob Honey in CCl₄-induced Kidney and Liver Injury’, *Archives of Medical Research*, 49(5), pp. 306–313. doi: <https://doi.org/10.1016/j.arcmed.2018.09.011>.
- Fidan H. et al. (2020) ‘Evaluation of chemical composition, antioxidant potential and functional properties of carob (*Ceratonia siliqua* L.) seeds’, *Association of Food Scientists & Technologists*, 57(7), pp. 2404–2413. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04274-z>.
- Fidan H. et al. (2018) ‘Determination of chemical composition, antibacterial and antioxidant properties of products obtained from carob and honey locust’, *Turkish association society*, 44(3) pp. 316–322. <https://doi.org/10.1515/tjb-2018-0113>.
- Gaamouri N. et al. (2019) ‘Effects of polyphenol (carob) supplementation on body



- composition and aerobic capacity in taekwondo athletes’, *Physiology & Behavior*, 205 pp. 22-28 <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2019.03.003>.
- Goulas, V. et al. (2016) ‘Functional components of carob fruit: Linking the chemical and biological space’, *International Journal of Molecular Sciences*, 17(11). doi: 10.3390/ijms17111875.
- Gruendel, S. et al. (2007) ‘Carob pulp preparation rich in insoluble dietary fiber and polyphenols increases plasma glucose and serum insulin responses in combination with a glucose load in humans’, *British Journal of Nutrition*. 2007/07/01. Cambridge University Press, 98(1), pp. 101–105. doi: DOI: 10.1017/S0007114507701642.
- Gübbük, H., Güneş, E. and Balkiç, R. (no date) ‘Carob Production Potential in Turkey and Uses of Carob Abstract: Introduction: Carob, an important component of the Mediterranean flora, is cultivated in marginal and prevailing calcareous soils of the Mediterranean region giving it an environmental a’, pp. 71–74.
- Gurel, F. et al. (2021) ‘CYTOTOXIC AND ANTITUMORAL EFFECT OF CERATONIA SILIQURACTAL. (CAROB) EXTRACT’, *Journal of Applied Biological Sciences* 15(2), pp. 225-234.
- Haber B. (2002) ‘Carob fiber benefits and applications’, *American Association of Cereal Chemist*, p. 365.
- Hadi, M. Y., Hameed, I. H. and Ibraheam, I. A. (2017) ‘Ceratonia siliqua: Characterization, Pharmaceutical Products and Analysis of Bioactive Compounds: A Review Ceratonia siliqua: Characterization, Pharmaceutical Products and Analysis of Bioactive Compounds: A Review’, (October). doi: 10.5958/0974-360X.2017.00649.7.
- Hajaji, H. El et al. (2011) ‘Antioxidant activity, phytochemical screening, and total phenolic content of extracts from three genders of carob tree barks growing in Morocco’, *Arabian Journal of Chemistry*, 4(3), pp. 321–324. doi: <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2010.06.053>.
- Hassanein, K. M. A., Youssef, M. K. E. and Ali, H. M. (2015) ‘The influence of carob powder on lipid profile and histopathology of some organs in rats’, pp. 1509–1513. doi: 10.1007/s00580-015-2108-x.



- Huma, Z.-E. et al. (2018) 'Process optimization of polyphenol extraction from carob (*Ceratonia siliqua*) kibbles using microwave-assisted technique', *Journal of Food Processing and Preservation*. John Wiley & Sons, Ltd (10.1111), 42(2), p. e13450. doi: 10.1111/jfpp.13450.
- Karababa, E. and Coşkuner, Y. (2013) 'Physical properties of carob bean (*Ceratonia siliqua* L.): An industrial gum yielding crop', *Industrial Crops and Products*, 42, pp. 440–446. doi: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.05.006>.
- Klenow, S. et al. (2009) 'Does an Extract of Carob (*Ceratonia siliqua* L.) Have Chemopreventive Potential Related to Oxidative Stress and Drug Metabolism in Human Colon Cells?', *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. American Chemical Society, 57(7), pp. 2999–3004. doi: 10.1021/jf802872b.
- Klenow, S. et al. (2009) 'New insight into the influence of carob extract and gallic acid on hemin induced modulation of HT29 cell growth parameters', *Toxicology in Vitro*. 23 pp. 1055–1061. doi: 10.1016/j.tiv.2009.06.006.
- Krokou, A., Stylianou, M. and Agapiou, A. (2019) 'Assessing the volatile profile of carob tree (*Ceratonia siliqua* L.)', *Environmental Science and Pollution Research*. doi: 10.1007/s11356-019-04664-7.
- Lambert C. et al. (2018) 'Effects of a Carob-Pod-Derived Sweetener on Glucose Metabolism', *Nutrients*. Consumption of Sugar and Impact on Overweight, 10(3), p. 271. doi.org/10.3390/nu10030271.
- López-Sánchez Diego A. García-Viguer, Cristina, J. I. (no date) '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), pp. 41–63. doi: <http://dx.doi.org/10.3934/agrfood.2018.1.41>.
- Macho-González, A. et al. (2017) 'Fiber purified extracts of carob fruit decrease carbohydrate absorption', *Food & Function*. The Royal Society of Chemistry, 8(6), pp. 2258–2265. doi: 10.1039/C7FO00166E.
- Meziani S. et al. (2015) 'Antibacterial activity of carob (*Ceratonia siliqua* L.) extracts against phytopathogenic bacteria *Pectobacterium atrosepticum*', *Microbial Pathogenesis*, 78, pp 95-102. <http://dx.doi.org/10.1016/j.micpath.2014.12.001>.



- Nasar-abbas, S. M. et al. (2016) ‘Carob Kibble: A Bioactive-Rich Food Ingredient’, 15, pp. 63–72. doi: 10.1111/1541-4337.12177.
- Ouis N. and Hariri A. (2018) ‘Antioxidant and antibacterial activities of the essential oils of Ceratonia’ Banat’s Journal of Biotechnology, 17, DOI: 10.7904/2068–4738–IX(17)–13
- Ouzounidou, G. et al. (2012) ‘Photosynthetic characteristics of carob Tree (Ceratonia Siliqua L.) and chemical composition of its fruit on diurnal and seasonal Basis’, 44(5), pp. 1689–1695.
- Oziyci, H. et al. (2015) Concentration of D-pinitol in carob extract by using multi-stage enrichment processes, The Journal of Food, 40 (3) pp. 125-131. doi: 10.15237/gida.GD15017.
- Papaefstathiou, E. et al. (2018) ‘Nutritional characterization of carobs and traditional carob products’, Food Science & Nutrition. Wiley Online Library, 6(8), pp. 2151–2161. doi: 10.1002/fsn3.776.
- Papakonstantinou, E. et al. (2017) ‘Short-term effects of a low glycemic index carob-containing snack on energy intake, satiety, and glycemic response in normal-weight, healthy adults: Results from two randomized trials’, Nutrition, 42, pp. 12–19. doi: <https://doi.org/10.1016/j.nut.2017.05.011>.
- Paul, C. and M. Brady, D. (2015) ‘Inositol Modulation of Essential Metabolic Pathways of Insulin Resistance in Metabolic Syndrome, Polycystic Ovarian Syndrome, and Type 2 Diabetes’, Townsend Letter for doctors, the Examiner of Alternative Medicine.
- Petkova N. et al. (2017) ‘Nutritional and antioxidant potential of carob (Ceratonia siliqua) flour and evaluation of functional properties of its polysaccharide fraction’, Journal of Pharmaceutical Sciences and Research, 9(11), pp. 2189-2195.
- Rababah, T. M. et al. (2013) ‘Chemical, Functional and Sensory Properties of Carob Juice’, Journal of Food Quality. John Wiley & Sons, Ltd (10.1111), 36(4), pp. 238–244. doi: 10.1111/jfq.12033.
- RAMÓN-LACA, L. and MABBERLEY, D. (2004) ‘The ecological status of the carob-tree (Ceratonia siliqua, Leguminosae) in the Mediterranean’, Botanical Journal of the



- Linnean Society, 144, pp. 431–436. doi: 10.1111/j.1095-8339.2003.00254.x.
- ^aRtibi, K. et al. (2015) ‘Carob pods (*Ceratonia siliqua* L.) inhibit human neutrophils myeloperoxidase and in vitro ROS-scavenging activity’, *RSC Advances*. The Royal Society of Chemistry, 5(102), pp. 84207–84215. doi: 10.1039/C5RA14719K.
- ^bRtibi, K. et al. (2015) ‘Gastroprotective effect of carob (*Ceratonia siliqua* L.) against ethanol-induced oxidative stress in rat’, *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 15(1), p. 292. doi: 10.1186/s12906-015-0819-9.
- ^aRtibi, K. et al. (2017) ‘Chemical constituents and pharmacological actions of carob pods and leaves (*Ceratonia siliqua* L.) on the gastrointestinal tract: A review’, *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 93, pp. 522–528. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2017.06.088>.
- ^bRtibi, K. et al. (2017) ‘*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*. John Wiley & Sons, Ltd, 97(8), pp. 2664–2670. doi: 10.1002/jsfa.8091.
- Ruiz-Roso, B. et al. (2010) ‘Insoluble Carob Fiber Rich in Polyphenols Lowers Total and LDL Cholesterol in Hypercholesterolemic Subjects’, *Plant Foods for Human Nutrition*, 65(1), pp. 50–56. doi: 10.1007/s11130-009-0153-9.
- Santonocito D. et al. (2020) ‘Carob Seeds: Food Waste or Source of Bioactive Compounds’, *Pharmaceutics*, 12, p. 1090. doi:10.3390/pharmaceutics12111090.
- Santos, M. et al. (2015) ‘Glycemic response to Carob (*Ceratonia siliqua* L) in healthy subjects and with the in vitro hydrolysis index’. doi: 10.3305/nh.2015.31.1.8011.
- Souli, A., Sebai, H. and Chehimi, L. (2015) ‘Hepatoprotective effect of carob against acute ethanol-induced oxidative stress in rat’, 31(9), pp. 802–810. doi: 10.1177/0748233713475506.
- Stavrou, I. J., Christou, A. and Kapnissi-Christodoulou, C. P. (2018) ‘Polyphenols in carobs: A review on their composition, antioxidant capacity and cytotoxic effects, and health impact’, *Food Chemistry*, 269, pp. 355–374. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.06.152>.



- Tetik, N. et al. (2011) ‘Determination of d-pinitol in carob syrup’, *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. Taylor & Francis, 62(6), pp. 572–576. doi: 10.3109/09637486.2011.560564.
- Theophilou, I. C. et al. (2017) ‘Carob and its Components in the Management of Gastrointestinal Disorders’.
- Tounsi L. et al. (2019) ‘Physicochemical and phytochemical properties of Tunisian carob molasses’, *Journal of Food Measurement and Characterization* volume 14, pp. 20–30.
- Turhan, I. (2014) ‘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*. Taylor & Francis, 17(2), pp. 363–370. doi: 10.1080/10942912.2011.631255.
- Vafaei A. et al. (2018) ‘Effects of Carob (*Ceratonia siliqua*) on Sperm Quality, Testicular Structure, Testosterone Level and Oxidative Stress in Busulfan-Induced Infertile Mice’ *Pharmaceutical Sciences*, 24(2), pp. 104-111. doi: 10.15171/PS.2018.16.
- Vekiari, S. A. et al. (2011) ‘Variation of quality characteristics in Greek and Turkish carob pods during fruit development’, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 19, pp. 750–755. doi: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.05.194>.
- Youssef, M. K. E., El-manfaloty, M. M. and Ali, H. M. (2013) ‘Assessment of Proximate Chemical Composition, Nutritional Status, Fatty Acid Composition and Phenolic Compounds of Carob (*Ceratonia Siliqua* L.)’, 3(6), pp. 304–308. doi: 10.5923/j.fph.20130306.06.
- Zunft, H. J.F. et al. (2001) ‘Carob pulp preparation for treatment of hypercholesterolemia’, *Advances in Therapy*, 18(5), pp. 230–236. doi: 10.1007/BF02853169.
- Zunft H.J.F. et al. (2003). Carob pulp preparation rich in insoluble fibre lowers total and LDL cholesterol in hypercholesterolemic patients. *Eur J Nutr* 42(5):235–42.



Υπεύθυνη 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.

Αποδέχομαι ότι η Βιβλιοθήκη μπορεί, χωρίς να αλλάξει το περιεχόμενο της εργασίας μου, να τη διαθέσει σε ηλεκτρονική μορφή μέσα από τη ψηφιακή Βιβλιοθήκη της, να την αντιγράψει σε οποιοδήποτε μέσο ή/και σε οποιοδήποτε μορφότυπο καθώς και να κρατά περισσότερα από ένα αντίγραφα για λόγους συντήρησης και ασφάλειας.