

Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο
Τμήμα Επιστημών Διατροφής και Διαιτολογίας

Πτυχιακή Εργασία

**«Το χαρούπι και τα παράγωγά του: τρόποι επεξεργασίας,
διατροφολογικές και φαρμακευτικές εφαρμογές»**



Συγγραφείς: Κουρμούλη Στυλιανή, Χαλεπάκη Άρτεμης

Επιβλέπων καθηγητής: Λαπιδάκης Νικόλαος

ΣΗΤΕΙΑ, 2020

Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο
Τμήμα Επιστημών Διατροφής και Διαιτολογίας

THESIS

«Carob and carob products: ways of processing, nutrition and pharmaceutical applications »



EDITORS: Kourmouli Styliani, Xalepaki Artemis

SUPERVISOR: Lapidakis Nikolaos

SITIA, 2020

Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο

Τμήμα Επιστημών Διατροφής και Διαιτολογίας

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον επιβλέπων καθηγητή της πτυχιακής εργασίας μας, για τη στήριξή του στην εκπόνησή της και την εμπιστοσύνη που μας έδειξε καθ' όλη τη διάρκεια της συγγραφής της. Επιπρόσθετα θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε όλους τους καθηγητές του Τμήματος Διατροφής και Διαιτολογίας για τις γνώσεις που μας μετέδωσαν κατά τα χρόνια των σπουδών μας.

Επιπλέον θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τους γονείς μας για την υποστήριξή τους σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μας, αλλά και για το εσωτερικό κίνητρο που μας καλλιέργησαν ώστε να εισαχθούμε στη μεταδευτεροβάθμια εκπαίδευση και να συμβάλλουμε ενεργά στη βελτίωση της κοινωνίας μέσω των υπηρεσιών που θα παρέχουμε.

Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο

Τμήμα Επιστημών Διατροφής και Διαιτολογίας

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το χαρούπι είναι ένα φυτό το οποίο συναντάται στη λεκάνη της Μεσογείου και γίνεται ολοένα και πιο γνωστό τα τελευταία χρόνια για τις πολλαπλές ευεργετικές ιδιότητές του καθώς και τις χρήσεις του στη βιομηχανία τροφίμων, φαρμάκων και καλλυντικών. Είναι πλούσιο σε ίνες, πρωτεΐνες, πολυφαινόλες και βιταμίνες και είναι ιδιαίτερα χρήσιμο σε πληθυσμιακές ομάδες με τροφικές αλλεργίες, δυσανεξία στη γλουτένη ή στις πρωτεΐνες του γάλακτος, αφού τους επιτρέπει να καταναλώνουν προϊόντα με αλεύρι καθώς και γλυκίσματα. Ορισμένα από τα πιο γνωστά προϊόντα του χαρουπιού είναι το χαρουπάλευρο και το χαρουπόμελο, τα οποία προέρχονται από επεξεργασία τόσο του σπόρου όσο και του φύτρου του. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να περιγράψει το φυτό αυτό, τις διαδικασίες επεξεργασίας του καθώς και τις χρήσεις του από τον άνθρωπο.

Λέξεις κλειδιά: Χαρούπι, Τεχνολογία Τροφίμων, Επεξεργασία, Χαρουπόμελο, Χαρουπάλευρο

Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο

Τμήμα Επιστημών Διατροφής και Διαιτολογίας

ABSTRACT

Carob is a plant that grows in the Mediterranean region, widely known within the last few decades for its multiple beneficial properties, as well as its uses in food, pharmaceutical and cosmetics industry. Rich in fibers, proteins, polyphenols and vitamins, it is particularly useful in people with food allergies and intolerance that are not able to consume gluten or milk products, as well as deserts that contain it. Some of the most popular products that are derived from carob are carob flower and honey. The purpose of this thesis is to describe this plant, its unique characteristics and the ways through which it is processed.

Keywords: Carob, Food Technology, Processing, Carob flour, Carob honey

Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο

Τμήμα Επιστημών Διατροφής και Διαιτολογίας

Περιεχόμενα

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	iii
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	iv
ABSTRACT	v
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	viii
1 ΤΟ ΧΑΡΟΥΠΙ	10
1.1 Η Χαρουπιά.....	10
1.2 Σύσταση του λοβού και του σπόρου	15
1.3 Η θρεπτική αξία του χαρουπιού	19
2 Τα θρεπτικά συστατικά του χαρουπιού	22
2.1 Μαγνήσιο, κάλιο, νάτριο, φώσφορος.....	22
2.2 Μαγγάνιο.....	24
2.3 Σίδηρος.....	26
2.4 Πολυφαινόλες.....	28
2.5 Στερόλες	30
2.6 Ανθοκυανίνες	32
3 Οι εφαρμογές του χαρουπιού στις επιστήμες υγείας	34
Οι βασικές χρήσεις του χαρουπιού	34
3.2 Αντικαρκινική δράση	36
3.3 Αντιδιαβητική δράση	39
3.4 Αντιδιαρροϊκή δράση	41
3.5 Δράση κατά της υπερλιπιδαιμίας	43
4 Χημική επεξεργασία του χαρουπιού.....	46
4.1 Εκχύλιση και προσδιορισμός ποσότητας ισοφλαβονών	46

Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο

Τμήμα Επιστημών Διατροφής και Διαιτολογίας

4. 2. Προσδιορισμός ποσότητας στερολών και τοκοφερολών	49
5 Οι εφαρμογές του χαρουπιού στη βιομηχανία.....	51
5.1. Πειραματική δοκιμή αντικατάστασης του κακάου με χαρούπι σε αρτοσκευάσματα	51
5.2. Χρήση του χαρουπιού ως φίλτρο καθαρισμού αποβλήτων	53
5.3. Παραγωγή αιθανόλης με τη χρήση του χαρουπιού.....	54
6 Συμπεράσματα και προτάσεις για μελλοντική έρευνα	55
7 Βιβλιογραφία.....	57

Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο

Τμήμα Επιστημών Διατροφής και Διαιτολογίας

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η βιομηχανία και η τεχνολογία τροφίμων ως τομείς, έχουν ως στόχο να δημιουργούν προϊόντα με τη βέλτιστη θρεπτική και φαρμακευτική αξία, προσαρμόζοντας έτσι κοινά τρόφιμα στις ανάγκες ειδικών πληθυσμιακών ομάδων με ιδιαίτερες διατροφολογικές απαιτήσεις. Ο τρόπος δράσης των παραπάνω βιομηχανιών είναι να δημιουργούν πιο εύγευστα, εύπεπτα ή αξιοποιήσιμα προϊόντα από συγκεκριμένες πρώτες ύλες (Felicidadetal., 2005). Αχαΐα

Μεταξύ των προϊόντων αυτών βρίσκεται και το είδος *Ceratonia siliqua* L., η κοινή χαρουπιά, η οποία φύεται σε πολλές περιοχές της Μεσογείου, όπως είναι η Κρήτη, η Ιταλία, η Πορτογαλία, η Κύπρος και το Μαρόκο. Οι καρποί της χαρουπιάς είναι εδώδιμοι, καταναλώνονται με ποικίλους τρόπους ύστερα από ειδική επεξεργασία και είναι υψηλής διατροφικής αξίας καθώς περιέχουν υψηλά ποσοστά διαλυτών σακχάρων και χαμηλά ποσοστά λιπιδίων. Αναφορικά με την παραγωγή ανά δέντρο, μπορεί να φτάσει μέχρι και τον έναν τόνο καρπών, γεγονός που το καθιστά ιδιαίτερα σημαντικό στη γεωργική βιομηχανία (Dakia et al., 2007).

Τις τελευταίες δεκαετίες το χαρούπι αξιοποιείται κατά κύριο λόγο για την εξαγωγή του αλεύρου του ενδοσπερμίου του φυτού, από το οποίο παραλαμβάνεται από το κόμμι χαρουπιού, το οποίο χρησιμοποιείται ως μέσο πύκνωσης σε διάφορα τρόφιμα προκειμένου να διαφοροποιεί το ιξώδες τους και να τα καθιστά πιο σταθερά. (Rizzoet al.,2004). Η άλεση της σάρκας μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για τους ανθρώπους ως υποκατάστατο του κακάου σε κάποιες χώρες λόγω της απουσίας καφεΐνης αλλά και της χαμηλής τιμολόγησής του σε σχέση με προϊόντα καφεΐνης (Kumazawa et al., 2002). Επιπλέον, έχει αποδοθεί στο λοβό της χαρουπιάς πολλαπλές αντιοξειδωτικές ιδιότητες λόγω της παρουσίας των πολυφαινολών, που είναι κυρίως συμπυκνωμένες τανίνες. Το εμπορικά ονομαζόμενο χαρουπάλευρο (carob flour) ή η σκόνη από χαρούπι (carob powder) παράγεται από τον καρπό μετά από απομάκρυνση των σπόρων, δηλαδή από το σάρκωμα μετά από το ψήσιμο και την άλεση. Το αποτέλεσμα είναι η παραγωγή μιας σκόνης αλεύρου που μοιάζει με την σκόνη του κακάο, ενώ υπάρχουν και σκευάσματα μελάσας που προκύπτουν μετά από ειδικές διαδικασίες βρασμού (Dakia et al., 2007).

Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο

Τμήμα Επιστημών Διατροφής και Διαιτολογίας

Τα παράγωγα χαρουπιού περιέχουν σάκχαρο σε μεγάλη αναλογία (50%) από το οποίο το 30% είναι σταφυλοσάκχαρο, το 10% είναι πρωτεΐνη και μόλις το 6% είναι λίπος. Επίσης περιέχουν βιταμίνες του συμπλέγματος Β και καροτίνη Β, αλλά και κάλιο, μαγνήσιο, ασβέστιο, φωσφόρο, τανίνες, καθώς και ινώδεις ουσίες όπως είναι η λιγνίνη η οποία επιδρά κατασταλτικά στη χοληστερίνη. Επιπλέον έχει θετικά αποτελέσματα στο επίπεδο της γλυκόζης στο αίμα και χρησιμοποιείται κατά του διαβήτη και της παχυσαρκίας, κυτταρίνη και πολυάριθμες αντιοξειδωτικές ουσίες οι οποίες δρουν προστατευτικά για τα κύτταρα ενισχύοντας την ανοσοποίησή τους και προκαλώντας αποτροπή των διαδικασιών καρκινογένεσης.

Το χαρούπι έχει πολυάριθμες φαρμακευτικές ιδιότητες. Αναλόγως του τμήματος του καρπού που θα χρησιμοποιηθεί, μπορούν να παραχθούν σκευάσματα με ιδιότητες στυπτικές, καταπραϊντικές, ηρεμιστικές, γαστροπροστατευτικές, αντιδιαρροϊκές, αντιβηχικές, μαλακτικές αλλά και αντιφλεγμονώδεις. Τέλος, τα προϊόντα χαρουπιού βρίσκουν εφαρμογή ακόμη και στη βιομηχανία των καλλυντικών.

1 ΤΟ ΧΑΡΟΥΠΙ

1.1 Η Χαρουπιά

Η χαρουπιά, γνωστή και ως *Ceratonia siliqua L.* είναι ένα δέντρο αείφυλλο το οποίο συναντάται σε πολλές χώρες της μεσογείου και ιδιαίτερα στη Μέση Ανατολή, στη Συρία, στην Ελλάδα, την Τουρκία και στην Αίγυπτο, ενώ η Κύπρος αποτελεί μία από τις βασικότερες χώρες παραγωγής του. Συγκεκριμένα στην Κύπρο καλλιεργείται εδώ και πολλές χιλιάδες χρόνια και σχεδόν το 90% της παραγωγής συναντάται και σε άλλες μορφές, όπως είναι για παράδειγμα το χαρουπάλευρο, το χαρουπόμελο αλλά και άλλες μορφές όπως θα αναλυθεί παρακάτω. Στην Ελλάδα η κύρια περιοχή παραγωγής του είναι η Κρήτη (Batlle & Tous, 1997; Kawamura, 2008).



Εικόνα 1. Πηγή: <https://aphroditerentals8509.wordpress.com/2015/01/23/fridays-fact-about-the-wonders-of-the-carob-tree/>

Η επιστημονική ονομασία του χαρουπιού προέρχεται από την ελληνική λέξη Κέρας, κέρατο, και τη Λατινική «siliqua», υποδηλώνοντας την σκληρότητα και το σχήμα του λοβού. Η χαρουπιά είναι ένα όσπριο της οικογένειας *Leguminose* και του

Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο

Τμήμα Επιστημών Διατροφής και Διαιτολογίας

γένους *Rosales*. Είναι το μόνο μεσογειακό δέντρο με κύρια περίοδο ανθοφορίας το φθινόπωρο (Σεπτέμβριος έως Νοέμβριος), παρόμοιο με πολλά γνήσια τροπικά φυτά. Ο χρόνος και η διάρκεια της περιόδου άνθησης εξαρτάται από τις τοπικές κλιματικές συνθήκες όπως στα περισσότερα δέντρα φρούτων και ξηρών καρπών. Σε αντίθεση με άλλα όσπρια, η *Ceratonia siliqua* δεν δεσμεύει άζωτο στις ρίζες της. Ωστόσο, έχει μια συμβιωτική σχέση με τον μύκητα *Arbuscula mycorrhizal*, που επιτρέπει την αυξημένη πρόσληψη αζώτου από το έδαφος με αποικισμό της ρίζας. Ο ακριβής μηχανισμός για αυτό είναι άγνωστος, αλλά πιστεύεται ότι αυτός ο μύκητας συμβάλλει στην ανάπτυξη δέντρων σε εδάφη όπου υπάρχει έλλειψη αζώτου (Batlle & Tous, 1997).

Η χρονική περίοδος που απαιτείται για την παραγωγή καρπού από το δέντρο της χαρουπιάς είναι περίπου ένα έτος. Οι καρποί πολλές φορές καταναλώνονται αποξηραμένοι ως έδεσμα. Όταν αρχίσει το δέντρο να παράγει καρπό η απόδοση του μπορεί να είναι και ένας τόνος καρπών ανά δέντρο την εποχή της συγκομιδής. Ο καρπός του χαρουπιού, περιέχει δύο κύρια μέρη τα οποία είναι ο πολτός και οι λοβοί, συστατικά τα οποία χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία τροφίμων, αλλά και στη βιομηχανία φαρμάκων και καλλυντικών (Durazzo et al., 2014).

Οι χαρουπιές έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής και αναπτύσσονται ως δέντρα ύψους έως 10 m με μια ευρεία ημισφαιρική κόμη και ένα παχύ κορμό με τραχύ καφέ φλοιό και ανθεκτικά κλαδιά. Τα φύλλα είναι 10-20 cm σε μήκος, σκούρο πράσινο στην πλευρά της ράχης και ανοιχτό πράσινο στην κοιλιακή πλευρά. Έχουν μια παχιά κηρώδη επίστρωση που αποτρέπει την υπερβολική απώλεια υγρασίας σε ημίξηρα κλίματα. Η χαρουπιά δεν ρίχνει τα φύλλα της το φθινόπωρο, αλλά μόνο τον Ιούλιο κάθε δεύτερου έτους, και μόνο εν μέρει ανανεώνει τα φύλλα της την άνοιξη (Απρίλιο και Μάιο). Τα άνθη της είναι μικρά και πολυάριθμα, 6-12 mm σε μήκος, σπειροειδώς διατεταγμένα κατά μήκος του άξονα της ταξιανθίας, αναπτύσσονται σαν τσαμπιά σε παρακλάδια από παλιό ξύλο, ακόμη και στον κορμό. Τα λουλούδια έχουν πράσινο-κόκκινη απόχρωση. Μόνο λίγα άνθη αποδίδουν καρπούς και σπάνια δημιουργούνται περισσότεροι από δύο καρποί ανά ανθό (Batlle & Tous, 1997).

Το χαρούπι, δηλαδή ο λοβός του ο οποίος χρησιμοποιείται από τον άνθρωπο, μοιάζει με τον καρπό του φασολιού και είναι μακρύς πράσινου χρώματος όταν είναι

Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο

Τμήμα Επιστημών Διατροφής και Διαιτολογίας

άγουρος, ενώ γίνεται καφέ όταν είναι ώριμος αφού αποβάλλει μεγάλο ποσοστό υγρασίας και τροποποιείται χημικά η δομή της χλωροφύλλης.

Στην σάρκα περιέχονται υψηλά ποσοστά διαλυτών σακχάρων (περίπου 40%-50%), χαμηλά ποσοστά πρωτεΐνης (3%-4%) και λιπιδίων (0,4%-0,5%). Ο καρπός είναι ένας επιμήκης λοβός, συμπίεσμένος, ευθύγραμμος ή με καμπύλη, παχύτερος στις ραφές, με διαστάσεις 10-30 cm μήκος και 1,5 έως 3,5 cm πλάτος. Τα πιο ίσια χαρουπία θεωρούνται περισσότερο επιθυμητά λόγω της ευκολίας στη συγκομιδή. Οι σπόροι είναι συμπίεσμένοι και ελαφρώς επιμηκυμένοι με διαστάσεις από 8 έως 10 mm μήκος, 7 έως 8 mm πλάτος και 3 έως 5 mm πάχος (Batlle & Tous, 1997; Kawamura et al. ,2008).

Ο λοβός της χαρουπιάς περιλαμβάνει 5-6 μικρά σφαιρίδια, τους σπόρους ή αλλιώς κεράτια ή φασόλια οι οποίοι καβουρδίζονται και χρησιμοποιούνται για την παρασκευή χαρουπάλευρου ή την παρασκευή υποκατάστατου του καφέ, στραγαλιών ή πασατέμπο. Οι λοβοί του χαρουπιού μπορούν, αφού υποστούν σχεδόν την ίδια διαδικασία ψησίματος, ξήρανσης και άλεσης, να χρησιμοποιηθούν ως υποκατάστατο του κακάο ή και της σοκολάτας, αφού λόγω της υψηλής περιεκτικότητας σε σάκχαρα έχουν χαρακτηριστική γλυκιά γεύση. Το χαρουπόμελο είναι ένα προϊόν το οποίο παράγεται επίσης από τους λοβούς και έχει ιδιαίτερα υψηλή θρεπτική αξία, ενώ χρησιμοποιείται ευρέως στη βιομηχανία της ζαχαροπλαστικής.



Εικόνα 2. Πηγή: <https://www.amazon.com/Tree-Seeds-Ceratonia-Siliqua-Evergreen/dp/B07GSVGZ1H>

Σήμερα η κύρια εφαρμογή των σαρκωμάτων της χαρουπιάς είναι ως ζωοτροφή.

Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο

Τμήμα Επιστημών Διατροφής και Διαιτολογίας

Παρ' όλα αυτά μέσα από την άλεση, το άλευρο της σάρκας μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως υποκατάστατο κακάο. Το χαρουπάλευρο ή σκόνη από χαρούπι παράγεται από τον καρπό μετά από απομάκρυνση των σπόρων, δηλαδή από τα σαρκώματα μετά από ψήσιμο και άλεση. Το αποτέλεσμα είναι η παραγωγή μιας σκόνης αλεύρου που μοιάζει με σκόνη κακάο. Η σκόνη που προέρχεται από το αλεσμένο σάρκωμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διάφορα προϊόντα. Ανάμεσα στις διάφορες συνταγές υπάρχουν αυτές για κέικ με χαρουπάλευρο σε συνδυασμό με άλευρο ολικής άλεσης (Bengoechea et al., 2008).

Από άποψη διατροφικής αξίας, το φύτρο του χαρουπιού περιέχει την πρωτεΐνη καρουβίνη σε υψηλές συγκεντρώσεις, η οποία είναι ουσιαστικά ένα μείγμα πολλών διαφορετικών σε σύσταση πρωτεϊνών καθώς επίσης και βαθμών πολυμερισμού. Η πρωτεΐνη αυτή απομονώνεται εύκολα από το φύτρο, αφού είναι διαλυτή στο νερό και έχει αναφερθεί ότι κατέχει ιδιότητες παρόμοιες με αυτές της γλουτένης, αν και η καρουβίνη όταν ενυδατώνεται έχει πιο διατεταγμένη δομή με μικρές αλλαγές στη δευτεροταγή δομή, είναι δηλαδή πιο σταθερό μόριο από τη γλουτένη (Bengoechea et al., 2008)

Η σύνθεση των αμινοξέων της καρουβίνης διαφέρει από εκείνη της γλουτένης σίτου στο ότι περιέχει περισσότερη αργινίνη, κυστεΐνη, λυσίνη και ασπαρτικό οξύ και λιγότερη, φαινυλαλανίνη και προλίνη (Wang et al., 2001). Παρ' όλο που η καρουβίνη μπορεί να αποτελέσει αντικατάσταση των πρωτεϊνών γάλακτος και σόγιας στα τρόφιμα η χρήση έχει παραμεληθεί (Custódio et al., 2011).

Οι ρεολογικές ιδιότητες της καρουβίνης, δηλαδή το πόσο παχύρρευστη είναι και πώς η ιδιότητά της αυτή ανταποκρίνεται στις αλλαγές της θερμοκρασίας, έδειξαν ότι έχει ιξωδοελαστικές ιδιότητες λόγω των χαμηλών επιπέδων κυστεΐνης, ο μηχανισμός αυτής της ιξωδοελαστικής συμπεριφοράς μπορεί να είναι διαφορετικός από εκείνη της γλουτένης σίτου. Η καρουβίνη βρέθηκε να είναι περισσότερο υδρόφιλη από τη γλουτένη, ενώ όταν εκτίθεται σε νερό, εμφανίζει λιγότερες αλλαγές στη δομή των πρωτεϊνών από την γλουτένη. Οι πρωτεΐνες του χαρουπιού αποτελούνται από συσσωματώματα που σχηματίζονται τόσο με δισουλφιδικούς δεσμούς όσο και μέσω μη ομοιοπολικών αλληλεπιδράσεων (Smith et al., 2010).

Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο

Τμήμα Επιστημών Διατροφής και Διαιτολογίας

Σύμφωνα με τις σύγχρονες έρευνες, ανάγκες και συνθήκες τη αγοράς, η σημασία των χαρουπιών αναμένεται να ενισχυθεί σε παγκόσμιο επίπεδο λόγω της επικείμενης έλλειψης κακάου, της τάσης προς την κατανάλωση συμπληρωμάτων αλλά και την ανάγκη για τη χρήση φυσικών υδροκολλοειδών στην αγορά τροφίμων (Loullis & Pinakoulaki, 2018).

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι λίγα μόλις πράγματα είναι γνωστά για την τυποποίηση των παραδοσιακών προϊόντων χαρουπιού. Αυτό οφείλεται στις μη βιομηχανικές μεθόδους επεξεργασίας τροφίμων, στις περιορισμένες πρακτικές παρασκευής και στην έλλειψη μακροχρόνιας τεκμηριωμένης έρευνας. Στη σύγχρονη αγορά τροφίμων τα παραδοσιακά προϊόντα έχουν αρχίσει και κερδίζουν έδαφος με αποτέλεσμα να ανακαλύπτονται και να δημιουργούνται νέα λειτουργικά τρόφιμα προσαρμοσμένα στις ανάγκες του αγοραστικού κοινού (Luykx & vanRuth, 2008).

Ορισμένα από τα τρόφιμα με βάση το χαρούπι τα οποία έχουν περιγραφεί με βάση αναλυτικές μεθόδους και χημειομετρικά στοιχεία είναι η σοκολάτα με βάση το χαρούπι, η πραλίνα, η κρέμα χαρουπιού η οποία μπορεί να περιέχει και ταχίνι, το μείγμα μελιού με χαρουπόμελο, οι καραμέλες χαρουπιού με ή χωρίς της προσθήκη γλυκόζης, η καφές από χαρούπι, το παστέλι, το λεγόμενο σουτζούκι από χαρούπι και τέλος το σιρόπι χαρουπιού, οργανικό ή όχι (Papaefstathiou et al 2018).

1.2 Σύσταση του λοβού και του σπόρου

Ο καρπός του χαρουπιού αποτελείται από ένα μέρος σπόρους και εννέα μέρη λοβών και είναι πλούσιος σε διαλυτά σάκχαρα , σακχαρόζη, κυτταρίνη, τανίνες και άλλα θρεπτικά συστατικά (Rizzo et al., 2004). Στην περιγραφή της θρεπτικής αξίας του χαρουπιού είναι σκόπιμο να διαχωρίσουμε την περιγραφή του λοβού από την περιγραφή των σπόρων. Οι λοβοί είναι πλούσιοι σε διαλυτά σάκχαρα και πολυφαινόλες οι οποίες ανήκουν ουσιαστικά στις τανίνες , ενώ δεν είναι τόσο πλούσιοι σε πρωτεΐνες και λιπιδιακές δομές. Συγκεκριμένα αναφορικά με τις πολυφαινόλες, οι κατεχίνες και οι προανθοκυανιδίνες είναι από τα βασικότερα συστατικά του χαρουπιού (Kumazawa et al., 2002). Η περιεκτικότητά των λοβών σε υδατάνθρακες και σε φυτικές ίνες είναι υψηλή ανάλογα με την ποικιλία και την ωριμότητα του καρπού. Οι λοβοί της χαρουπιάς περιέχουν ένα φυσικό γλυκαντικό με άρωμα και εμφάνιση παρόμοια με της σοκολάτας, ως εκ τούτου χρησιμοποιούνται συχνά ως υποκατάστατο του κακάο (Bengoechea et al., 2008; Ortega et al., 2009).



Εικόνα 3. Πηγή: <https://www.amazon.com/MABES-WAREHOUSE-Carob-Tree-Seeds/dp/B07X4XM9LB>

Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο

Τμήμα Επιστημών Διατροφής και Διαιτολογίας

Οι σπόροι αποτελούνται από φλοιό, ενδοσπέρμιο, και έμβρυο ή φύτρο . Το ενδοσπέρμιο των σπόρων αποτελείται από μονάδες σακχάρων, μαννόζης και γαλακτόζης και από πολυσακχαρίτες (Manso et al, 2010). Οι σπόροι αποφλοιώνονται με κατεργασία των σπόρων με αραιό θειικό οξύ ή με θερμική μηχανική επεξεργασία, ακολουθείται η άλεση και γίνεται ο διαχωρισμός του φύτρου με απομάκρυνση ενδοσπερμίου (Kawamura, 2008). Οι σπόροι είναι μια πηγή κόμεος. Το κόμμι χαρουπιάς (LBG, Locust bean gum) που ονομάζεται επίσης κόμμι χαρουπιού ή E410 λαμβάνεται επίσης από ενδοσπέρμιο των σπόρων (Durazzo et al., 2014), το οποίο χρησιμοποιείται κυρίως στη βιομηχανία τροφίμων ως ένας γαλακτοματοποιητής ή σταθεροποιητής (E410) (McLeod & Forcen, 1992).

Οι πολυσακχαρίτες είναι εντοπισμένοι στο ενδοσπέρμιο ως διατροφική πηγή για την βλάστηση των σπόρων, που υδρολύονται από το ένζυμο α -Dγαλακτοσιδάση. Το ενδοσπέρμιο των σπόρων αποτελείται κατά κύριο λόγο από γαλακτομαννάνη. Ο πολυσακχαρίτης αυτός του κόμεος έχει πηκτωματικές ιδιότητες και είναι σε θέση να δώσει συνεργιστική δράση όταν χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με άλλους φορτισμένους πολυσακχαρίτες. Αποτελείται από υψηλού μοριακού βάρους (περίπου 50.000 - 3.000.000) πολυσακχαρίτες (Rizzo et al., 2004). Η κύρια ιδιότητα της παρουσίας του πολυσακχαρίτη είναι το υψηλό ιξώδες του διαλύματος στο νερό, σε ένα ευρύ φάσμα θερμοκρασίας και pH. Το ιξώδες των υδατικών διαλυμάτων του κόμεος του χαρουπιού χαρακτηρίζεται για την ψευδοπλαστική του συμπεριφορά . Το φύτρο αντιπροσωπεύει το 23 έως 25% του βάρους των σπόρων. Αποτελείται κατά κύριο λόγο από πρωτεΐνες, υδατάνθρακες, λιπίδια, υγρασία, τέφρα, και πολυφαινόλες (Custódioetal.,2011).

Το αλεύρι του φύτρου περιέχει πολυφαινόλες, προανθοκυανιδίνες, και τανίνες. Οι ενώσεις αυτές προστατεύουν τον οργανισμό από υπερβολική παραγωγή ελεύθερων ριζών και τα αντιδραστικά είδη οξυγόνου (ROS) μέσα στα κύτταρα , τα οποία εμπλέκονται στην ανάπτυξη πολλών ασθενειών σε πολλαπλά συστήματα του οργανισμού στο νευρικό σύστημα, στο κυκλοφορικό αλλά και στην καρκινογένεση. Επιπλέον, υπάρχουν αυξανόμενες ενδείξεις ότι ορισμένα συνθετικά αντιοξειδωτικά όπως η βουτυλικήυδροξυτολουόλη ή E321 (BHT) έχει σοβαρές παρενέργειες, όπως η

Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο

Τμήμα Επιστημών Διατροφής και Διαιτολογίας

καρκινογένεση, και ως εκ τούτου, οι μελέτες σχετικά με τα φυσικά αντιοξειδωτικά έχουν αποκτήσει όλο και μεγαλύτερη σημασία, όπως για τα πολυβιταμινούχα συμπληρώματα διατροφής και τα υγιεινά τρόφιμα. Η χημική σύνθεση σε ανόργανα στοιχεία του φύτρου της χαρουπιάς περιέχει μαγνήσιο, κάλιο, νάτριο, ασβέστιο, σίδηρο, ψευδάργυρο, χαλκό, φώσφορο και μαγγάνιο (Custódioetal.,2011).

Άλευρα χαρουπιού δεν παράγονται μόνο από τους σπόρους, αλλά και από το φύτρο, το οποίο ξεραίνεται σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, αλέθεται και στη συνέχεια γίνεται αλεύρι (Dakiaetal.,2007). Θεωρείται τροφή πλούσια σε αμινοξέα και έχει χρήσεις τόσο στη βιομηχανία ανθρώπινων τροφίμων όσο και στη βιομηχανία ζωοτροφών, ως συμπλήρωμα πρωτεϊνών (Smithetal., 2010).

Το άλευρο του φύτρου μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διαιτητικά τρόφιμα, αφού περιέχει υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες και χαμηλό ποσοστό ακόρεστων ελαίων (Custódioetal., 2011). Επίσης έχει προσελκύσει το ενδιαφέρον λόγω της υψηλής περιεκτικότητας σε φυτικές ίνες (Ortegaetal., 2009). Το φύτρο του χαρουπιού περιέχει καρουβίνη (Custódioetal.,2011). Δεν περιέχει γλουτένη συνεπώς μπορεί να καταναλωθεί και από άτομα με δυσανεξία στη γλουτένη.

Σε γενικές γραμμές τα προϊόντα τα οποία δεν περιέχουν γλουτένη θεωρούνται χαμηλής διατροφικής αξίας σε σχέση με εκείνα που περιέχουν, και πιο συγκεκριμένα τα προϊόντα τα οποία φτιάχνονται από τα λεγόμενα λευκά άλευρα, διότι δεν περιέχουν μεγάλο ποσοστό φυτικών ινών και δεν είναι εξίσου ωφέλιμα για τον εντερικό βλεννογόνο σε σύγκριση με τα συμβατικά άλευρα. Επιπρόσθετα, στερούνται γεύσης ενώ διατηρούνται για σαφώς μικρότερο χρονικό διάστημα σε κατάσταση κατανάλωσης (Custódioetal.,2011).

Φαίνεται ότι οι πληθυσμιακές ομάδες που καταναλώνουν προϊόντα ελεύθερα γλουτένης, όπως είναι οι ασθενείς με δυσανεξίες ή κοιλιοκάκη, εμφανίζουν σοβαρές ελλείψεις φυτικών ινών με αποτέλεσμα να εμφανίζουν δευτερογενώς άλλα προβλήματα υγείας όπως είναι η απώλεια βάρους, η απώλεια οστικής μάζας με συνέπεια την οστεοπόρωση ή την οστεοπενία. Οι πληθυσμιακές αυτές ομάδες δεν καλύπτονται από τα μέχρι τώρα προϊόντα που καταναλώνουν σε πολλά επίπεδα αναφορικά με τα θρεπτικά

Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο

Τμήμα Επιστημών Διατροφής και Διαιτολογίας

συστατικά. Οι καταναλωτές προϊόντων χωρίς γλουτένη δεν είναι μόνο οι ασθενείς που πάσχουν από γλουτένη, αλλά και όσοι έχουν αλλεργία στη γλουτένη και όσοι επιλέγουν την υγιεινή διατροφή και αποφεύγουν τα προϊόντα με σιτάρι ή παράγωγα του. Οι αγοραστές αυτοί λοιπόν είναι το κατάλληλο αγοραστικό.

Όλα τα μέρη του χαρουπιού υφίστανται επεξεργασία, δηλαδή υγρό και στεγνό καθαρισμό, ξήρανση, καθαρισμό με αέρα, σύνθλιψη και άλλες πιο εξειδικευμένες διαδικασίες προκειμένου να εξαχθούν ή να αξιοποιηθούν τα θρεπτικά συστατικά τους στο μέγιστο δυνατό βαθμό.

Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο

Τμήμα Επιστημών Διατροφής και Διαιτολογίας

1.3 Η θρεπτική αξία του χαρουπιού

Τα χαρούπια είναι μια πλούσια πηγή τροφής και είναι ίσως το ιδανικό «τρόφιμο επιβίωσης» και μπορεί να καταναλωθεί ακόμη και χωρίς προετοιμασία. Το χαρούπι είναι ιδιαίτερα ωφέλιμο για την υγεία μας γιατί περιέχει ασβέστιο, μαγνήσιο, σίδηρο, φώσφορο, κάλιο, πυρίτιο, βιταμίνες A, B₁, B₂, D (Papaefstathiou et al, 2018).

Συγκεκριμένα το χαρούπι περιέχει φυτικές ίνες, κυτταρίνη και λιγνίνη σε ποσοστό 10% του βάρους του, σάκχαρα περίπου 50% και συγκεκριμένα σταφυλοσάκχαρα τα οποία προσδίδουν στον καρπό τη χαρακτηριστική γλυκιά του γεύση, λιπαρά σε ποσοστό περίπου 5%, ενώ είναι πλούσιο σε πρωτεΐνες αφού αυτές αποτελούν το 50-60% περίπου της σύστασής του. Είναι επίσης πλούσιο σε γλουταμινικό οξύ, αργινίνη, ασπαραγινικό οξύ, ενώ περιέχει βιταμίνες του συμπλέγματος B και E και ενδείκνυται για δίαιτα αφού τα 100 γραμμάρια χαρουπάλευρου περιέχουν μόλις 180 θερμίδες. Πολυάριθμες χημικές αναλύσεις έχουν καταδείξει ότι τα παράγωγα του χαρουπιού περιλαμβάνουν όλα τα θρεπτικά συστατικά του καρπού και ότι πάνω από το 75% των προϊόντων χαρουπιού που κυκλοφορούν στην αγορά περιέχουν ό,τι αναγράφει η συσκευασία στα συστατικά (Papaefstathiou et al 2018).

Το χαρουπάλευρο είναι μία πηγή πλούσια σε βιταμίνες όπως προαναφέρθηκε, ενώ το έλαιο χαρουπιού αποτελείται από 17 λιπαρά οξέα υψηλής θρεπτικής αξίας και κυρίως ελαϊκό, λινολεϊκό, παλμιτικό και στεατικό (Youssef, El-Manfaloty, & Ali, 2013). Επιπλέον, το ενδοσπέρμιο του σπόρου περιέχει την υδροδιαλυτή βλέννα, γνωστή και ως κόμμι χαρουπιάς η οποία είναι πολυσακχαρίτης ή αλλιώς γαλακτομαννάνη, και αποτελείται βασικά από γαλακτόζη και μαννόζη. Το κόμμι χαρουπιού χρησιμοποιείται ευρέως στη βιομηχανία τροφίμων ως σταθεροποιητής αλλά και στη βιομηχανία φαρμάκων και καλλυντικών, ενώ η ύπαρξή του σε τρόφιμα πρέπει σε κάθε περίπτωση να αναγράφεται στο εξωτερικό της συσκευασίας για να αποφευχθούν αλλεργικές αντιδράσεις (Papaefstathiou et al

Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο

Τμήμα Επιστημών Διατροφής και Διαιτολογίας

2018).

Πολυάριθμες μελέτες έχουν δείξει ότι το χαρούπι και τα παραπροϊόντα του μπορούν να προάγουν την ανθρώπινη υγεία και να βοηθήσουν στην πρόληψη χρόνιων παθήσεων. Συγκεκριμένα παρουσιάζουν δράσεις κατά την κυτταρικής απόπτωσης , είναι αντιδιαρροϊκά και ενισχύουν τους μηχανισμούς καταπολέμησης της υπερλιπιδαιμίας και του διαβήτη , χαρακτηριστικά που αποδίδονται στις υψηλές συγκεντρώσεις του σε πολυφαινόλες και φυτικές ίνες (Theophilou ,Neophytou &Constantinou, 2017).

Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο

Τμήμα Επιστημών Διατροφής και Διαιτολογίας

Nutrition Facts
 Serving Size 2 Tbsp (15g)
 Servings Per Container approx. 22

Amount Per Serving

Calories 35 Calories from Fat 0

% Daily Value*

Total Fat 0g	0%
Saturated Fat 0g	0%
Trans Fat 0g	
Cholesterol 0mg	0%
Sodium 5mg	6%
Total Carbohydrate 13g	4%
Dietary Fiber 6g	24%
Sugars 7g	
Protein 1g	

Vitamin A 0%	•	Vitamin C 0%
Calcium 6%	•	Iron 2%

*Percent Daily Values are based on a 2,000 calorie diet. Your daily values may be higher or lower depending on your calorie needs:

	Calories:	2,000	2,500
Total Fat	Less than	65g	80g
Saturated Fat	Less than	20g	25g
Cholesterol	Less than	300mg	300mg
Sodium	Less than	2,400mg	2,400mg
Total Carbohydrate		300g	375g
Dietary Fiber		25g	30g

Calories per gram:
 Fat 9 • Carbohydrate 4 • Protein 4

Ingredients: 100% organic, raw carob powder.

Εικόνα 4. Πηγή: <https://chatfieldsbrand.com/products/powders/carob-powder/>

Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο

Τμήμα Επιστημών Διατροφής και Διαιτολογίας

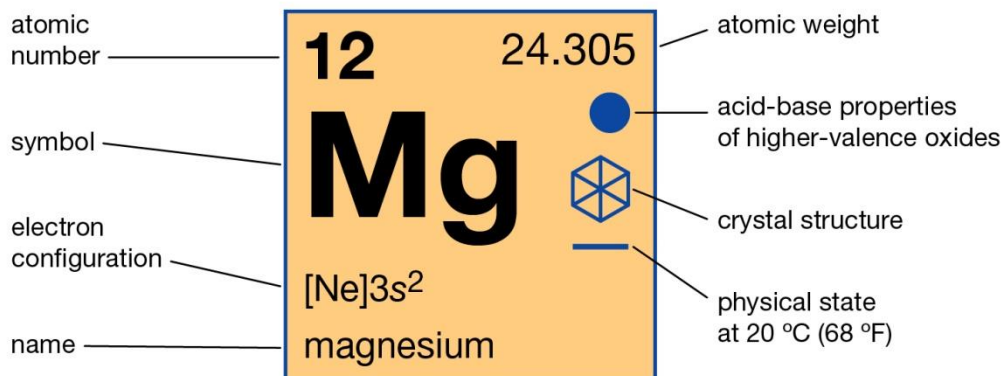
2 Τα θρεπτικά συστατικά του χαρουπιού

2.1 Μαγνήσιο, κάλιο, νάτριο, φώσφορος

Η υγεία των οστών δεν είναι ζήτημα μονοθεραπείας ή μονόπλευρης προσέγγισης. Ενώ η επικεντρωμένη προσοχή έχει δοθεί στο ασβέστιο τα τελευταία χρόνια, με τη συμβολή της βιταμίνης D, είναι γνωστό ότι και άλλα θρεπτικά συστατικά επηρεάζουν την ρύθμιση του ασβεστίου και την κατάσταση των οστών, ακόμη και αν συνυπολογίζονται λιγότερο στις διαιτητικές συστάσεις για την πρόληψη της οστεοπόρωσης και την υποστήριξη της διατροφής κατά της οστεοπόρωσης (Heaney, R. P. 2014).

Τα μεταλλικά στοιχεία κάλιο, νάτριο, φώσφορο και μαγνήσιο, συστατικά δηλαδή τα οποία εμπεριέχει και το χαρούπι, αποτελούν περίπου το 6% της ξηρής, χωρίς λίπος μάζας του ανθρώπινου σώματος. Ο συνδυασμός των θρεπτικών αυτών συστατικών ρυθμίζει τα ποσοστά του ασβεστίου τα οποία αποβάλλονται από τα ούρα και έτσι ο συνδυασμός τους επηρεάζει τη διατήρηση της υγείας των οστών ιδιαίτερα όσο η ηλικία αυξάνεται. Ταυτόχρονα, πρέπει να σημειωθεί ότι οι επιδράσεις του νατρίου και του καλίου στη ρύθμιση του νεφρικού ασβεστίου είναι πολύ πιο άμεσες από ό, τι οι δευτερεύουσες συνέπειες για την κατάσταση των οστών (Heaney, R. P. 2014).

Magnesium



 Alkaline-earth metals	 Solid
 Hexagonal	 Strongly basic

© Encyclopædia Britannica, Inc.

Εικόνα 5. Πηγή: <https://www.britannica.com/science/magnesium>

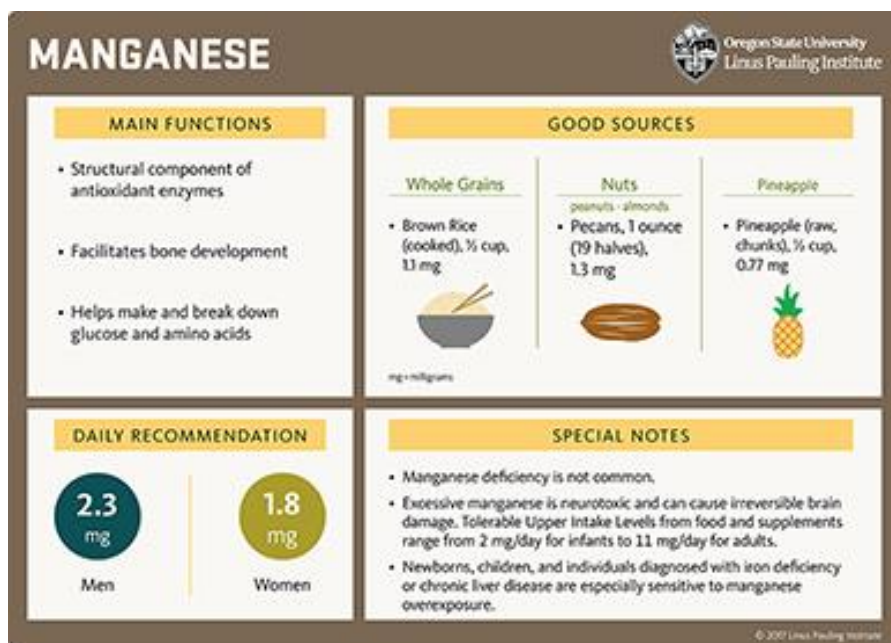
Είναι χρήσιμο να σημειωθεί ότι οι σύγχρονες προσλήψεις νατρίου και καλίου, είναι διαφορετικές από εκείνες στις οποίες προσαρμόζεται η ανθρώπινη φυσιολογία από την εξέλιξη και είναι συνεχώς διαφοροποιούμενες. Η δίαιτα των πρωτόγονων πληθυσμών σήμερα κρίνεται μερικές φορές πολύ χαμηλή σε νάτριο (2-30 mmol / ημέρα) και σχετικά πολύ υψηλή σε κάλιο (150-250 mmol / ημέρα). Ωστόσο, οι σύγχρονοι πρωταρχικοί πληθυσμοί που έχουν μελετηθεί μπορεί να μην αντανακλούν τους πρώτους ανθρώπους. Σε κάθε περίπτωση, η σύγχρονη δυτική διατροφή γενικά θεωρείται ότι περιέχει περισσότερο νάτριο από ότι η διατροφή των πρωτόγονων πληθυσμών (Heaney, R. P.2014).

Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο

Τμήμα Επιστημών Διατροφής και Διαιτολογίας

2.2 Μαγγάνιο

Το μαγγάνιο (Mn) είναι ένα βασικό στοιχείο στο ανθρώπινο σώμα το οποίο λαμβάνεται κυρίως από τα τρόφιμα και το νερό. Το μαγγάνιο απορροφάται μέσω του γαστρεντερικού σωλήνα και στη συνέχεια μεταφέρεται σε όργανα εμπλουτισμένα με μιτοχόνδρια, ιδιαίτερα στο ήπαρ και το πάγκρεας. Επιπλέον, το μαγγάνιο εμπλέκεται στη σύνθεση και την ενεργοποίηση πολλών ενζύμων, για παράδειγμα τις οξειδοοξειδοκτάσες, τις τρανσφεράσες, τις υδρολάσες, τις λυάσες, τις ισομεράσες και τις λιγκάσες, στο μεταβολισμό της γλυκόζης και των λιπιδίων, στη διαδικασία επιτάχυνσης στη σύνθεση των πρωτεϊνών, της βιταμίνης C και της βιταμίνης B (Li, L., & Yang, X, 2018).



Εικόνα 6. Πηγή: <https://lpi.oregonstate.edu/mic/minerals/manganese>

Γενικότερα όταν το μαγγάνιο καταναλώνεται μέσω της διατροφής είναι ευεργετικό, ενώ όταν απαντάται στο περιβάλλον και σε συνδυασμό με πλήθος καρκινογόνων εισπνεόμενων και μη ουσιών μπορεί να καταστεί επιβλαβές για την υγεία. Πολλές ενώσεις του μαγγανίου συνεισφέρουν στις διεργασίες μεταβολισμού του οργανισμού και μειώνουν το οξειδωτικό στρες και τους πληθυσμούς των

Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο

Τμήμα Επιστημών Διατροφής και Διαιτολογίας

ελεύθερων ριζών. Ωστόσο, η υπερέκθεση στο μαγγάνιο του περιβάλλοντος είναι επιβλαβής για την ανθρώπινη υγεία, ιδιαίτερα σε πληθυσμούς που βρίσκονται σε επαγγελματική έκθεση, όπως οι ανθρακωρύχοι, οι συγκολλητές και οι κατασκευαστές χάλυβα. Η οξεία έκθεση σε μαγγάνιο μπορεί να οδηγήσει σε μαγγανισμό ενώ η χρόνια έκθεση σε μαγγάνιο προκαλεί ένα εξωπυραμιδικό σύνδρομο με χαρακτηριστικά που μοιάζουν με εκείνα που απαντώνται στη νόσο του Πάρκινσον (Li, L., & Yang, X , 2018).

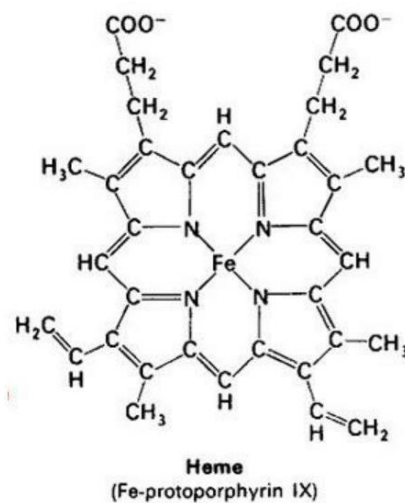
Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο

Τμήμα Επιστημών Διατροφής και Διαιτολογίας

2.3 Σίδηρος

Η στενή σχέση μεταξύ σιδήρου και οξυγόνου αποτελεί τη βάση της ανθρώπινης ζωής. Η αίμη χρησιμεύει ως βασικό συστατικό για τις πρωτεΐνες αιμοσφαιρίνη και μυοσφαιρίνη, οι οποίες παρέχουν βασικούς ρόλους που μεταφέρουν οξυγόνο στο σώμα μας. Η αιμοσφαιρίνη των ερυθρών αιμοσφαιρίων φιλοξενεί περίπου τα δύο τρίτα της συνολικής περιεκτικότητας σε σίδηρο του σώματος, βοηθώντας τη μεταφορά οξυγόνου από τους πνεύμονες στο υπόλοιπο σώμα. Η μυοσφαιρίνη παρέχει βραχυπρόθεσμη αποθήκευση οξυγόνου στους μυς για να παρέχει μια αποθήκη σε περιόδους υψηλής ζήτησης (Nazaninetal, 2014).

Myoglobin Structure: O₂ Binding



Heme group is a really special molecule made up of carbon, hydrogen, and nitrogen, with a big fat iron atom sitting in the center waiting to bind to the O₂

Εικόνα 7 Πηγή: <https://www.slideserve.com/barny/chemical-biology-03-blood>

Οι συνήθεις δοκιμές για ανεπάρκεια σιδήρου περιλαμβάνουν τη μέτρηση της αιμοσφαιρίνης καθώς και τον αιματοκρίτη, δηλαδή το ποσοστό των ερυθρών αιμοσφαιρίων που κυκλοφορούν στο αίμα κατ' όγκο. Το σώμα ανταποκρίνεται στην

Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο

Τμήμα Επιστημών Διατροφής και Διαιτολογίας

ανεπάρκεια σιδήρου, αυξάνοντας την παροχή οξυγόνου από την αιμοσφαιρίνη, ανακατανέμοντας τη ροή του αίματος για να προστατεύσει τον εγκέφαλο και την καρδιά και ενισχύοντας την καρδιακή ροή μέσω της αύξησης του καρδιακού ρυθμού. Στις περιπτώσεις αυτές χορηγείται φαρμακευτική αγωγή και προτείνεται τροποποίηση του διατροφολογίου κατά τέτοιο τρόπο ώστε να ενισχύεται η πρόσληψη και η σωστότερη απορρόφηση του σιδήρου από τον οργανισμό (Nazaninetal, 2014).

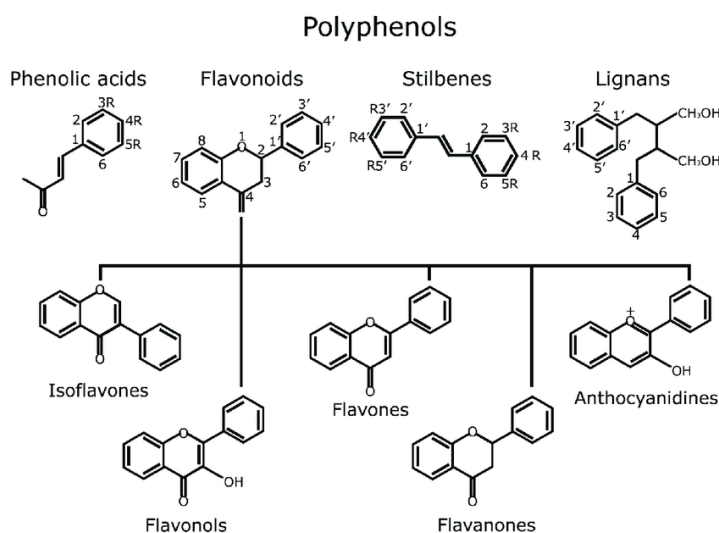
Ίσως η σημαντικότερη λειτουργία του σιδήρου είναι η υποστήριξη της υγείας του ανθρώπινου εγκεφάλου, όμως ο ακριβής μηχανισμός ή μηχανισμοί στους οποίους βασίζονται οι απαιτήσεις για αυτό το μικροθρεπτικό συστατικό στην πνευματική ανάπτυξη είναι μάλλον ελλιπώς κατανοητοί, διότι οι μηχανισμοί δράσης της απορρόφησης του σιδήρου είναι σαφώς πολύπλοκοι και πολυπαραγοντικοί. Οι κινητικές, γνωστικές και συμπεριφορικές εξελίξεις επηρεάζονται από την ύπαρξη χαμηλού σιδήρου (Nazaninetal, 2014).

Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο

Τμήμα Επιστημών Διατροφής και Διαιτολογίας

2.4 Πολυφαινόλες

Οι πολυφαινόλες είναι ισχυρά αντιοξειδωτικά και αντιμικροβιακά για τις οποίες υπάρχουν ήδη 10.000 αναφορές για την έρευνα οι οποίες υποστηρίζουν ότι οι πολυφαινόλες ελιάς σύντομα θα γίνουν τα ενεργά συστατικά πολλών αξιολογών λειτουργικών ότι η κατανάλωση αυτών των φυτοχημικών έχει οφέλη για την υγεία και καμία γνωστή ανεπιθύμητη ενέργεια (Ciriminaetal, 2015).



Εικόνα 8,

https://www.researchgate.net/publication/320915869_Polyphenols_as_Promising_Drugs_against_Main_Breast_Cancer_Signatures/figures?lo=1

Το 2011, η Ευρωπαϊκή Αρχή για την Ασφάλεια των Τροφίμων ενέκρινε τον ισχυρισμό υγείας ότι «οι πολυφαινόλες ελαιολάδου συμβάλλουν στην προστασία των λιπιδίων του αίματος από το οξειδωτικό στρες» (και η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ενέκρινε έναν ισχυρισμό υγείας για τις πολυφαινόλες του ελαιολάδου) , αλλά απέρριψε πολλούς άλλους ισχυρισμούς υγείας σχετικά με την αρτηριακή πίεση και την αντιφλεγμονώδη δράση (Cirimina et al, 2015).

Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο

Τμήμα Επιστημών Διατροφής και Διαιτολογίας

Πέραν όμως της παγιωμένης διατροφικής αξίας των πολυφαινολών του ελαιολάδου, που είναι η πιο γνωστή πηγή τους ειδικότερα στις μεσογειακές χώρες, η βιβλιογραφία φαίνεται να κατευθύνεται προς την κατανάλωση χαρουπιού προς εξασφάλιση πολυφαινολών, λόγω της υψηλής περιεκτικότητας που το χαρούπι διαθέτει (Kumazawa et al, 2002). Πιο συγκεκριμένα φαίνεται ότι οι πολυφαινόλες του χαρουπιού σε *in vitro* δοκιμασίες παρουσίασαν συγκέντρωση 19.2% και έδειξαν ισχυρή αντιοξειδωτική ικανότητα, ιδιότητα που καθιστά τους λοβούς του χαρουπιού πολύτιμο τρόφιμο, συνεπώς ενθαρρύνεται η κατανάλωσή του (Kumazawa et al, 2002).

Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο

Τμήμα Επιστημών Διατροφής και Διαιτολογίας

2.5 Στερόλες

Η πρόσφατη δοκιμή IMPROVE-IT έδειξε ότι η μείωση των συγκεντρώσεων χαμηλής πυκνότητας λιποπρωτεΐνης χοληστερόλης (LDL-C) στον ορό μέσω αναστολής της απορρόφησής της μείωσε αποτελεσματικά τον αριθμό των νέων καρδιαγγειακών νοσημάτων (ΚΑΝ), επομένως η εφαρμογή διαιτητικών παρεμβάσεων είναι δυνατόν να μειώσουν τις συγκεντρώσεις της LDL-C στον ορό. Επομένως, είναι αναμενόμενο να υποθεθεί ότι οι ενώσεις των στερολών μπορεί να έχουν τα ίδια αποτελέσματα στην έκβαση των καρδιαγγειακών νοσημάτων, όπως περιγράφεται για την ουσία εξετιμίμπη στη δοκιμή IMPROVE-IT (Baumgartner & Mensink, 2015).

Τόσο η εξετιμίμπη, όσο και η φυτική στερόλη και οι εστέρες απορροφούν τη χοληστερόλη και ως εκ τούτου λαμβάνονται χαμηλότερες συγκεντρώσεις LDL-C στον ορό. Επιπρόσθετα οι φυτικές στερόλες και οι φυτοστανόλες έχουν την ικανότητα να επεκτείνουν τις πιθανές επιδράσεις στην υγεία πέρα από τις επιδράσεις τους στην LDL-C. Οι φυτικές στερόλες και οι στανόλες έχουν την ικανότητα να μειώνουν τις συγκεντρώσεις των ηπατικών ενζύμων στον ορό του αίματος, να επηρεάζουν τη λειτουργία του ανοσοποιητικού μας συστήματος μέσω αλλαγής της δραστηριότητας των ρυθμιστικών T-κυττάρων και να προστατεύουν από τη μη αλκοολική στεατοηπατίτιδα (ΜΑΣΗ). Αυτός ο συνδυασμός αποτελεσμάτων καθιστά αυτές τις ενώσεις εξαιρετικά αποτελεσματικές για τη μείωση του κινδύνου καρδιαγγειακών αλλά και ηπατικών νοσημάτων. Όπως σε πολυάριθμες μελέτες, έτσι και εδώ οι μηχανισμοί στους οποίους βασίζονται τα περισσότερα από αυτά τα αποτελέσματα είναι μόνο οριακά κατανοητοί και ο καθολικός μηχανισμός δράσης χρήζει περαιτέρω έρευνας ώστε να αποσαφηνιστεί πλήρως (Baumgartner & Mensink, 2015).

Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο

Τμήμα Επιστημών Διατροφής και Διαιτολογίας

	Φρούτα	Λαχανικά	Καρποί
β-σιτοστερόλη	Μήλο, βερίκοκο, αβοκάντο, μπανάνα, πεπόνι, κέρασια, σύκο, γκρέιπφρουτ, λεμόνι, πορτοκάλι, ροδάκινο, αχλάδι, ανανάς, δαμάσκηνο, ρόδι, μαύρα σταφύλια, φράουλες, καρπούζι	Σπαράγγι, λαχανάκια Βρυξελλών, καρότο, κουνουπίδι, αγγούρι, μελιτζάνα, μαρούλι, μπάμια, κρεμμύδι, πατάτα, κολοκύθι, ραπανάκι, ντομάτα, αρακάς	Σόγια, φιστίκι, αμύγδαλο, κάσιους, κάστανο, καρύδα, πεκάν, φιστίκι Αιγίνης, ηλιόσποροι, καρύδι, ελιά
Βρασσικαστερόλη	-	-	Ηλιόσποροι
Καμπεστερόλη	Μήλο, βερίκοκο, μπανάνα, σύκο, γκρέιπφρουτ, λεμόνι, ανανάς, πορτοκάλι, ροδάκινο	Σπαράγγι, λαχανάκια Βρυξελλών, καρότο, κουνουπίδι, μαρούλι, μπάμια, κρεμμύδι, ραπανάκι, ντομάτα, αρακάς	Σόγια, φιστίκι, αμύγδαλο, κάσιους, κάστανο, καρύδα, πεκάν, φιστίκι Αιγίνης, ηλιόσποροι, καρύδι, ελιά
Στιγμαστερόλη	Μπανάνα, σύκο, γκρέιπφρουτ, λεμόνι, πορτοκάλι, ροδάκινο	Σπαράγγι, καρότο, κουνουπίδι, μελιτζάνα, μαρούλι, μπάμια, πατάτα, ντομάτα, αρακάς	Σόγια, φιστίκι, αμύγδαλο, κάστανο, καρύδα, πεκάν, φιστίκι Αιγίνης, ηλιόσποροι, ελιά

Εικόνα 9, Πηγή: <https://medlabgr.blogspot.com/2015/02/sterols-stanols-cholesterol.html>

Αναφορικά με την αντιοξειδωτική δράση των στερολών του χαρουπιού, έχει δειχθεί από πρόσφατες μελέτες ότι είναι σκόπιμο να χρησιμοποιούνται οι λοβοί του χαρουπιού ως λειτουργικό συστατικό τροφής αντί να απορρίπτονται όπως γίνεται συνήθως, και αυτό διότι η δραστηριότητα των πολυφαινολών βρίσκεται σε υψηλά επίπεδα και η συγκέντρωση των φυτοστερολών είναι υψηλότερη σε σύγκριση με άλλα τρόφιμα όπως είναι το κακάο και έχουν ισχυρότερη αντιοξειδωτική δράση (Pawlowska et al, 2018).

Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο

Τμήμα Επιστημών Διατροφής και Διαιτολογίας

2.6 Ανθοκυανίνες

Οι ανθοκυανίνες δεν αποτελούν απαραίτητα θρεπτικά συστατικά και καμία έλλειψη ή ανεπάρκειά τους δεν σχετίζεται με σοβαρά προβλήματα υγείας. Εντούτοις, η αξία των ανθοκυανινών και άλλων διατροφικών βιοδραστικών ενώσεων μπορεί να συμβάλλει στην προώθηση της διατήρησης της υγείας καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής του ανθρώπου. Ενδεικτικά η συχνή κατανάλωση πολύχρωμων φρούτων και λαχανικών, πηγών ανθοκυανινών, είναι ένα σημαντικό συστατικό ενός υγιεινού τρόπου ζωής που μπορεί να προσφέρει προστασία από χρόνιες ασθένειες. Αντίθετα, η χαμηλή κατανάλωση φρούτων και λαχανικών έχει συσχετισθεί με συνολικά 1,7 εκατομμύρια θανάτους παγκοσμίως, συμπεριλαμβανομένων και εκείνων που προκαλούνται από καρκίνο του γαστρεντερικού (14%), ισχαιμική καρδιοπάθεια (11%) και εγκεφαλικό επεισόδιο (9%) (Wallace & Giusti 2015).

Οι διατροφικές προσλήψεις αναφοράς δεν υπάρχουν επί του παρόντος για τις ανθοκυανίνες, όπως και για πολλές άλλες διατροφικές βιοδραστικές ενώσεις στις Ηνωμένες Πολιτείες, τον Καναδά ή την Ευρωπαϊκή Ένωση. Η Κίνα έχει καθορίσει επί του παρόντος ένα συγκεκριμένο προτεινόμενο επίπεδο των 50 mg / d για τις ανθοκυανίνες, στις υπόλοιπες χώρες όμως ακόμη εκκρεμεί (Wallace & Giusti 2015).

Τα τρόφιμα πλούσια σε ανθοκυανίνες, όπως τα βακκίνια, συνιστώνται παραδοσιακά στην Ευρώπη και την Ασία για τον έλεγχο της αθηροσκλήρωσης, της χρόνιας φλεβικής ανεπάρκειας και άλλων επιπτώσεων στην υγεία. Κατά το Β Παγκόσμιο Πόλεμο, βρετανοί πιλότοι μαχητών έλαβαν συχνά μαρμελάδα από μαρμελάδα για βελτιωμένη νυχτερινή όραση παρά τις παραδοσιακές φαρμακευτικές χρήσεις, οι ανθοκυανίνες δεν χρησιμοποιούνται προς το παρόν για θεραπευτικές χρήσεις στη δυτική ιατρική.

Η τοξικότητα της ανθοκυανίνης, από όσες πληροφορίες γνωρίζουμε, δεν έχει αποδειχθεί στις επί του παρόντος δημοσιευμένες μελέτες (Wallace & Giusti 2015). Επιπρόσθετα δεν έχει πραγματοποιηθεί μελέτη που να σχετίζεται αποκλειστικά με τις ανθοκυανίνες που προέρχονται από το χαρούπι. Τέτοιου τύπου μελέτες έχουν

Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο

Τμήμα Επιστημών Διατροφής και Διαιτολογίας

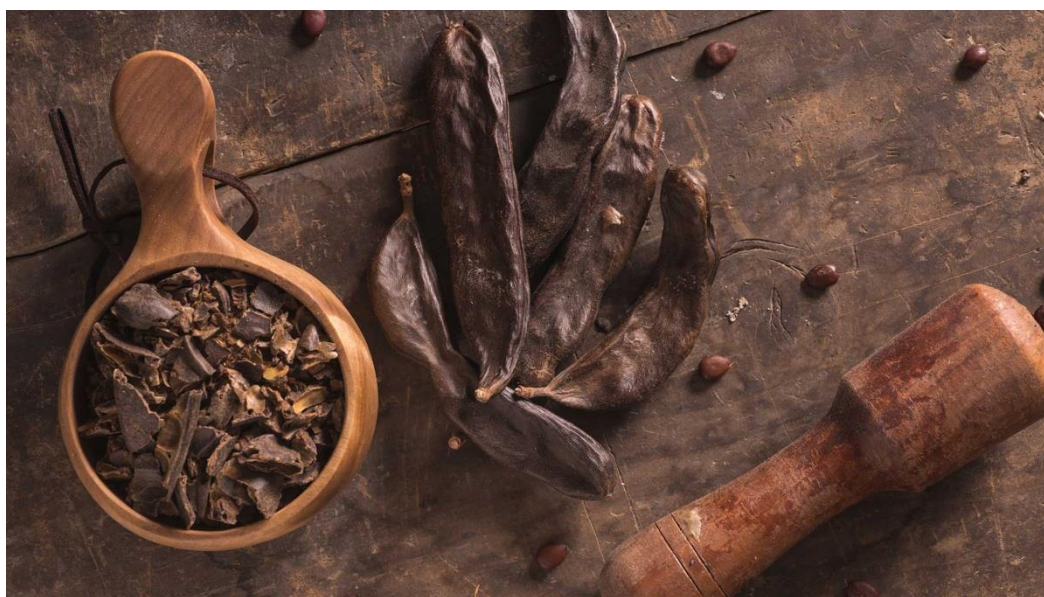
γίνει σε ζώα όπου φαίνεται ότι οι ανθοκυανίνες, και συγκεκριμένα η δελφινιδίνη, δρουν έναντι των κυτταρικών σειρών του καρκίνου (Goulas et al, 2016).

Τέλος, μία αναζήτηση στη βάση δεδομένων Pubmed η οποία περιλαμβάνει τις λέξεις “carob” και “anthocyanin” εμφανίζει 3 αποτελέσματα από τα οποία τα 2 είναι εργασίες που δημοσιεύθηκαν το 2018, η 1 είναι μελέτη που δημοσιεύθηκε το 2019 και μόνο οι δύο από αυτές είναι σχετικές με το χαρούπι. Πιο συγκεκριμένα η παλαιότερη μελέτη προτείνει το χαρούπι ως θεραπευτική προσέγγιση των νευροεκφυλιστικών νόσων (Lakkab et al, 2018) ενώ η πιο πρόσφατη εισάγει τη χρήση παραπροϊόντων του χαρουπιού προς Παρασκευή αντιμικροβιακών σκευασμάτων για τις πληγές (Zeron et al, 2019). Παρομοίως, καμία μελέτη από αυτές δεν προσεγγίζει ξεχωριστά τις ιδιότητες των ανθοκυανινών του χαρουπιού και τη δράση τους στον άνθρωπο.

3 Οι εφαρμογές του χαρουπιού στις επιστήμες υγείας

Οι βασικές χρήσεις του χαρουπιού

Οι σπόροι χαρουπιών συνήθως χρησιμοποιούνται για την παραγωγή κόμμεος χαρουπιού (ΚΧ). Αυτό το κόμμα προέρχεται από το ενδοσπέρμιο του σπόρου όπως έχει ήδη αναφερθεί και χημικά αποτελείται από γαλακτομαννάνες. Προστίθεται ως πυκνωτικό, σταθεροποιητικό και αρωματικό σε τρόφιμα, ενώ συνδέεται με την αναστολή των γαστρεντερικών συμπτωμάτων (Miyazawa R etal, 2007). Επιπλέον το κόμμα χαρουπιού το εκμεταλλεύονται οι βιομηχανίες για την ελεγχόμενη απελευθέρωση φαρμάκων σε συνδυασμό με άλλα μόρια φορείς (Janaetal, 2014).



Εικόνα 10. Πηγή: (<http://mag.politismosmuseum.org/carob/>)

Πρόσφατα οι ερευνητές επικεντρώθηκαν στην αξιοποίηση των λοβών των χαρουπιών επειδή είναι μια εξαιρετική πηγή βιοδραστικών συστατικών όπως οι φυτικές ίνες, οι πολυφαινόλες και οι κυκλιτόλες και περιέχουν χαμηλές ποσότητες λίπους. Επιπλέον, οι λοβοί χαρουπιών μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως υποκατάστατο του κακάου επειδή δεν περιέχουν καφεΐνη και θεοβρωμίνη. Ολόκληρος ο μη επεξεργασμένος καρπός ή ακόμα και τα παραπροϊόντα του, όπως το

Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο

Τμήμα Επιστημών Διατροφής και Διαιτολογίας

φύτρο, το εκχύλισμα φρούτων έχουν επίσης ερευνηθεί από τεχνολόγους τροφίμων. Διάφορα μέρη του χαρουπιού έχουν χρησιμοποιηθεί ως συστατικά τροφίμων σε προϊόντα αρτοποιίας και ζαχαροπλαστικής (Tsatsaragkou et al , 2014) καθώς και σε ζυμαρικά (Lar et al 2013). Οι χρήσεις του επεκτείνονται και στη βιοτεχνολογία διότι από το χαρούπι παράγονται κιτρικό οξύ, γαλακτικό οξύ, μανιτόλη και αιθανόλη (Ercan et al 2013)

Τις τελευταίες δύο δεκαετίες, πολυάριθμες μελέτες έχουν δείξει ενδιαφέροντα ευρήματα σχετικά με τη βιοδραστικότητά των συστατικών του χαρουπιού με διαφορετικούς θεραπευτικούς χαρακτήρες συμπεριλαμβανομένου του αντικαρκινικού, αντιδιαβητικού, του αντιδιαρροϊκού και της υπερλιπιδαιμίας. Η αξιοποίηση αυτών των βιοδραστικών συστατικών είναι πιο ελκυστική στην εφαρμογή της στη βιομηχανία τροφίμων δεδομένου του ότι τα απλά σάκχαρα δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε όλες τις πτυχές της βιομηχανίας (GuggenbichlerJ.Petal 1983).

Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο

Τμήμα Επιστημών Διατροφής και Διαιτολογίας

3.2 Αντικαρκινική δράση

Οι καρποί του χαρουπιού είναι ένα πολύπλοκο μείγμα πρωτογενών και δευτερογενών μεταβολιτών αλλά και πολυφαινολών, με την παρουσία σακχάρων και ινών να είναι χαρακτηριστικές στους καρπούς αυτούς. Για παράδειγμα η υψηλή περιεκτικότητα του γαλλικού οξέος, ενός τριυδροξυλιωμένου παραγώγου του βενζοϊκού οξέος, στο χαρούπι έχει καταδειχθεί από πολλούς ερευνητές (Klenow et al 2009). Το γαλλικό οξύ φαίνεται ότι έχει αντιπολλαπλασιαστικό αποτέλεσμα κατά των καρκινικών κυτταρικών σειρών HT29 και LT97, οι οποίες αφορούν καρκίνο του κατώτερου γαστρεντερικού συστήματος, παρεμποδίζοντας τη σύνθεση του DNA τους, αλλά όταν το γαλλικό οξύ εφαρμόζεται μόνο στις κυτταρικές σειρές των φυσιολογικών γειτονικών κυττάρων και όχι στις κυτταρικές σειρές του όγκου, δεν έχει το ίδιο αποτέλεσμα (Perez-Ollerasetal, 1999). Φαίνεται λοιπόν ότι η αντιπολλαπλασιαστική δράση του εκχυλίσματος χαρουπιού οφείλεται σε ένα άλλο συστατικό ή είναι αποτέλεσμα της σύνθεσης διαφόρων συστατικών (Custodioetal).

Πέραν όμως των θρεπτικών συστατικών του χαρουπιού φαίνεται ότι και η κατανάλωση μήλων ευνοεί την κατασταλτική ρύθμιση των καρκινικών κυτταρικών σειρών LT97 και HT29, καθώς σε παλαιότερη μελέτη που πραγματοποιήθηκε δείχθηκε ότι οι πολυφαινόλες που περιέχονται στα μήλα δρουν κατασταλτικά απέναντι στα καρκινικά κύτταρα. Πιο συγκεκριμένα, οι πολυφαινόλες από μόνες τους φάνηκαν μη δραστικές στην παραπάνω διαδικασία, όταν όμως συνδυάστηκαν με τους πλήρεις συνδυασμούς φυτοχημικών, όπως αυτοί εντοπίζονται στα φρέσκα φρούτα, εντοπίστηκε η αντιπολλαπλασιαστική τους δράση αναφορικά με τον καρκίνο (Veeriah et al., 2007).

Μία άλλη ομάδα ερευνητών ερεύνησε τη δραστικότητα των μεθανολικών εκχυλισμάτων αλεύρων χαρουπιού, από διαφορετικά φύλα και ποικιλίες, σε κύτταρα καρκίνου. Η θεοφυλλίνη, ένα ευρέως γνωστό αλκαλοειδές, βρέθηκε να είναι το κύριο συστατικό των εκχυλισμάτων χαρουπιού. Ελέγχοντας τα εκχυλίσματα σε συγκεκριμένο τύπο καρκινικών κυττάρων, με τη βοήθεια συγκεκριμένης χρωματομετρικής ανάλυσης δείχθηκε ότι ο πολλαπλασιασμός μειώθηκε με τιμές

Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο

Τμήμα Επιστημών Διατροφής και Διαιτολογίας

IC50 που κυμαίνονται μεταξύ 2.7-10.3 mg/ml γεγονός που αποδόθηκε στην ύπαρξη φαινολικών ενώσεων και θεοφυλλίνης. Η διαφορετική αντιπολλαπλασιαστική δράση εκάστου εκχυλίσματος αποκαλύπτει την εξάρτησή της από τη φυτοχημική σύνθεση. Οι συγγραφείς προσέγγισαν εκ νέου την ίδια υπόθεση ελέγχοντας τα αντιπολλαπλασιαστικά αποτελέσματα του χαρουπιού σε καρκινικές κυτταρικές σειρές όπως είναι η HeLa (Custodio et al, 2011). Στις περιπτώσεις αυτές η μείωση της βιωσιμότητας των καρκινικών κυττάρων έγινε μέσω της απόπτωσης. Τα αποτελέσματα έδειξαν επίσης ότι τα εκχυλίσματα είχαν εξαρτώμενη από τη συγκέντρωση και το χρόνο επίδραση στην κυτταρική βιωσιμότητα. Στις περιπτώσεις που τα δέντρα των χαρουπιών που χρησιμοποιήθηκαν ήταν ερμαφρόδιτα, οι καρποί των χαρουπιών έχουν υψηλότερα επίπεδα φαινολικών ενώσεων και επομένως υψηλότερο αντιπολλαπλασιαστικό αποτέλεσμα (Custodio et al, 2011). Άλλο παράδειγμα των αντικαρκινικών ιδιοτήτων του χαρουπιού αποτελεί η κερκετίνη (quercetin), μια ευρέως μελετημένη πολυφαινόλη που προάγει την απομάκρυνση των T-λεμφοειδών κυττάρων προάγοντας απευθείας την έκλυση της αντιπυρετικής πρωτεΐνης Bcl-xL από τον οργανισμό (Primikyri et al, 2006). Η κερκετίνη μειώνει τις διαστάσεις των όγκων και αναστέλλει την περιφερική αγγειογένεση των όγκων, όπως διαπιστώθηκε σε μοντέλα, στα κύτταρα του παγκρέατος και του μαστού, υποδηλώνοντας ότι τα συστατικά του χαρουπιού δρουν τόσο στα ανθρώπινα κύτταρα όσο και στο περιβάλλον του όγκου (Angst et al, 2013).

Το γαλλικό οξύ είναι μια άλλη φυτοχημική ένωση, μια φαινόλη που υπάρχει σε διάφορους καρπούς και έχειδειχθεί ότι μειώνει την ανάπτυξη του οστεοσαρκώματος σε ποντίκια. Όταν εφαρμόστηκε στις κυτταρικές σειρές με οστεοσάρκωμα προκάλεσε την απόπτωση και την αναστολή της πολλαπλασιασμού των κυττάρων του σαρκώματος (Liang et al, 2012). Επίσης, η δελφινιδίνη από την ομάδα των ανθοκυανιδινών, βρέθηκε να επηρεάζει πολλούς ρυθμιστές της έκφρασης των πρωτεϊνών NF-kB και ανέστειλε την ανάπτυξη του όγκου σε μοντέλα ζώων (Hafeez et al, 2008), ενώ φαίνεται ότι και τα εκχυλίσματα χαρουπιών με μεγάλη συγκέντρωση δελφινιδίνης έχουν αντικαρκινική δράση ειδικά αναφορικά με το ηπατοκυτταρικό καρκίνωμα (Corsi et al 2002).

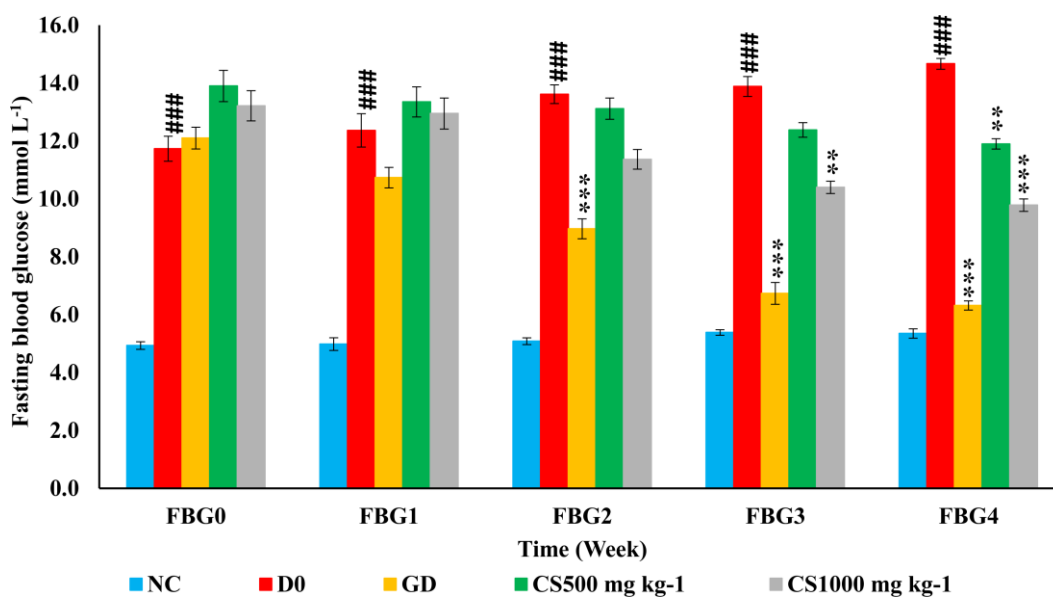
Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο

Τμήμα Επιστημών Διατροφής και Διαιτολογίας

Συνολικά, τα πολικά εκχυλίσματα των λοβών χαρουπιών αναστέλλουν τον πολλαπλασιασμό πολλών τύπων καρκινικών κυττάρων. Η επαγωγή της απόπτωσης φαίνεται να είναι ο κυρίαρχος τρόπος δράσης των εκχυλισμάτων χαρουπιών έναντι των καρκινικών κυττάρων. Αν και το γαλλικό οξύ είναι το πιο άφθονο φυτοχημικό σε πολικό διαλύτη, το κυτταροτοξικό του αποτέλεσμα είναι χαμηλότερο σε σύγκριση με τα εκχυλίσματα χαρουπιών. Η αντιπολλαπλασιαστική δράση των εκχυλισμάτων χαρουπιού μπορεί να συσχετιστεί με συνεργιστικές επιδράσεις μεταξύ των διαφόρων συστατικών. Τα διαφορετικά φύλα και οι ποικιλίες του χαρουπιού επηρεάζουν το φυτοχημικό προφίλ και επομένως την αντιπολλαπλασιαστική δράση. Πρέπει να σημειωθεί ότι χρειάζονται περισσότερες μελέτες προκειμένου να διευκρινιστεί σε ποιο είδος καρκίνου είναι πιο αποτελεσματική η χρήση του χαρουπιού και να διερευνηθούν οι ακριβείς μηχανισμοί μέσω των οποίων ενεργεί στο κυτταρικό μικροπεριβάλλον. Ένας αποφασιστικός παράγοντας για το κυτταροχημικό του δυναμικό θα μπορούσε να είναι τα *in vivo* πειράματα. Λαμβάνοντας υπόψη τα ανωτέρω, είναι λογικό να υποτεθεί ότι το χαρούπι μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως παράγοντας καταπολέμησης του καρκίνου σε ανθρώπους στο μέλλον.

3.3 Αντιδιαβητική δράση

Η αντιδιαβητική επίδραση φυτικών παρασκευασμάτων που περιέχουν χαρουπέλαιο και άλλα φυσικά προϊόντα έχει επίσης μελετηθεί από ερευνητές. Αυτά τα παρασκευάσματα είχαν χαμηλό γλυκαιμικό δείκτη όταν χρησιμοποιούνται ως συμπληρώματα διατροφής για άτομα με διαβήτη (SonDetal, 2002), ενώ η δίαιτα με κόμμι χαρουπιού απεδείχθη ότι μειώνει τα επίπεδα γλυκόζης στο αίμα ζωικών μοντέλων με φυσιολογικά επίπεδα σακχάρου στο αίμα. Η μείωση του σακχάρου με την κατανάλωση προϊόντων χαρουπιού πιθανολογείται ότι οφείλεται στο χαμηλό γλυκαιμικό δείκτη των άλευρων χαρουπιού ο οποίος υπολογίστηκε σε $40,6 \pm 0,05$, μέσω ενζυματικής υδρόλυσης in vitro (MilekDosSantosLetal, 2015)



Εικόνα 11. Πηγή: (<https://peerj.com/arekγολισηticles/4788/>)

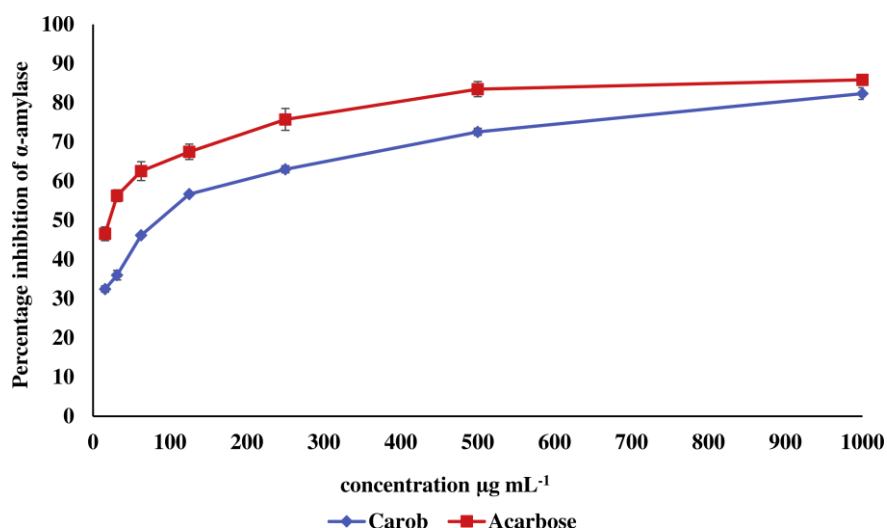
Η παρουσία Δ-πινιτόλης σε προϊόντα χαρουπιού μπορεί να είναι η ουσία που είναι υπεύθυνη για τα αντιδιαβητικά αποτελέσματά του, καθώς ρυθμίζει το επίπεδο σακχάρου στο αίμα σε ασθενείς με σακχαρώδη διαβήτη τύπου II (Tetik et al, 2014). Επιπρόσθετα, όχι μόνο ο καρπός αλλά και το σιρόπι χαρουπιού θεωρείται πλούσια πηγή Δ-πινιτόλης, ενώ θεωρείται ικανό να μειώσει το επίπεδο σακχάρου στο διαβήτη τύπου II. Ο ερευνητής Bates και οι συνεργάτες τους πρότειναν ότι η Δ-πινιτόλη θα

Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο

Τμήμα Επιστημών Διατροφής και Διαιτολογίας

μπορούσε να παρουσιάσει παρόμοια δράση με την ινσουλίνη και έτσι να βελτιώσει τον γλυκαιμικό έλεγχο ελέγχοντας την αποτελεσματικότητά της σε ζωικά μοντέλα με διαβήτη . Οι συγγραφείς υπέδειξαν επίσης ότι η πινιτόλη προκάλεσε μεγαλύτερη απορρόφηση της γλυκόζης στην κυτταρική γραμμή μυών L6, υποδηλώνοντας την εμπλοκή της στην μεταβολική οδό της γλυκόζης στους μυς αντί της απευθείας επίδρασής της στους μηχανισμούς δράσης της ινσουλίνης (Bates et al, 2000).

Η κυτταρική σειρά L6, η οποία αρχικά εντοπίστηκε στους ποντικούς, φαίνεται να σχετίζεται με την έκφραση των πρωτεϊνών που συμβάλλουν στη μεταφορά της γλυκόζης. Αναλυτικότερα, εάν τέτοιου τύπου μυϊκός ιστός εκτεθεί σε γλυκόζη τότε η πρόσληψη της γλυκόζης από τα ίδια τα κύτταρα ενισχύεται. Η διεργασία αυτή μπορεί να πραγματοποιηθεί μόνο σε περιβάλλον στο οποίο εντοπίζεται κινάση. Φαίνεται δηλαδή ότι μέσα στα κύτταρα L6 του σκελετικού μυός η γλυκόζη έχει αυτόν ομο μηχανισμό ρύθμισης η οποία δεν εξαρτάται άμεσα από την ινσουλίνη αλλά από άλλες ουσίες (Caruso et al., 1999)



Εικόνα 12 . Πηγή: <https://peerj.com/articles/4788/>

Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο

Τμήμα Επιστημών Διατροφής και Διαιτολογίας

3.4 Αντιδιαρροϊκή δράση

Τόσο το χαρούπι όσο και τα παράγωγά του συνιστώνται για τη θεραπεία των συμπτωμάτων διάρροιας. Προηγούμενη μελέτη ανέφερε ότι ένα διάλυμα 2% από χαρούπι είναι σε θέση να εμποδίσει την προσκόλληση του E. Coli σε απομονωμένα εντερικά επιθηλιακά κύτταρα, συνεπώς να εμποδίσει τη λοίμωξη ενός οργανισμού από την εγκατάσταση και τον πολλαπλασιασμό του βακτηρίου στον εντερικό βλεννογόνο (Guggenbichler et al 1983).



Εικόνα 13 . Πηγή:

<https://dailymed.nlm.nih.gov/dailymed/fda/fdaDrugXsl.cfm?setid=50054561-5fff-4ebd-aa96-5d346ecae6ff&type=display>

Όσον αφορά τη βιοδραστική σύνθεση ή βιοδραστικότητα του χαρουπιού, έναντι της διάρροιας, πιστεύεται ότι οι τανίνες που περιέχονται στο χαρούπι είναι υπεύθυνες για την αντιδιαρροϊκή του δράση. Ένας μέσος καρπός χαρουπιού αποτελείται από 40% τανίνες ή 21,2% πολυφαινόλες και 26,4% διαιτητικές ίνες. Ερευνητές λοιπόν, όπως ο Liu και οι συνεργάτες του, απέδειξαν μέσω τεχνικών σε ζωντανούς οργανισμούς αλλά και στο εργαστήριο, ότι το εκχύλισμα ταννίνης του χαρουπιού δρα ρυθμιστικά στην έκφραση της πρωτεΐνης PKA / p-CREB, μίας ενδοκυτταρικής πρωτεΐνης που ελέγχει τη σύνθεση συγκεκριμένων ανά περίπτωση

Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο

Τμήμα Επιστημών Διατροφής και Διαιτολογίας

γονιδίων, και κατά συνέπεια την έκφραση των γονιδίων που ελέγχουν τη μεταφορά νερού μέσα στα κύτταρα (Liu et al, 2014).

Στην αγορά των τροφίμων υπάρχει κατοχυρωμένο δίπλωμα ευρεσιτεχνίας αναφορικά με τη μείωση της διάρροιας, το οποίο είναι ένα διαιτητικό προϊόν με αντιδιαρροϊκή δραστηριότητα, το οποίο περιέχει χαρούπι με τουλάχιστον 20% κατά βάρος αδιάλυτων στο νερό τανινών (Wursch P., 1991).

Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο

Τμήμα Επιστημών Διατροφής και Διαιτολογίας

3.5 Δράση κατά της υπερλιπιδαιμίας

Τα υψηλά επίπεδα λιπιδίων ή λιποπρωτεϊνών στο αίμα μπορεί να οδηγήσουν σε αθηροσκλήρωση και στη συνέχεια σε καρδιακές και αγγειακές παθήσεις. Επομένως, τα συμπληρώματα που μειώνουν τα επίπεδα λιπιδίων και χοληστερόλης στο αίμα είναι απαραίτητα για την εξισορρόπηση μιας διατροφής με υψηλή περιεκτικότητα σε λιπαρά. Με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας έχει κατοχυρωθεί επίσης ένα παρασκεύασμα μείωσης της χοληστερόλης, που περιλαμβάνει φυτικές ίνες και τμήματα του καρπού του χαρουπιού (Haber et al, 2004). Επιπλέον, οι ίνες χαρουπιού σε συνδυασμό με τα ω-3 λιπαρά οξέα είναι τα κύρια συστατικά ενός πατενταρισμένου τροφίμου που επηρεάζει θετικά την καρδιαγγειακή υγεία (Haber et al, 2006).

Parameter groups	HDL cholesterol (mg/dl)	LDL cholesterol (mg/dl)	VLDL cholesterol (mg/dl)
	End of the 3rd week	End of the 3rd week	End of the 3rd week
	End of the 6th week	End of the 6th week	End of the 6th week
Control-negative group	49.26 ^{bc} ±2.46	31.9 ^e ±9.59	27.55 ^f ±1.29
	52.41 ^a ±1.11	30.9 ^e ±3.27	28.22 ^f ±1.43
Control-positive subgroup 1	33.17 ^e ±1.28	209.8 ^a ±6.91	38.56 ^{ab} ±1.18
	42.70 ^d ±2.78	206.6 ^a ±4.85	39.56 ^a ±1.81
10 % carob powder subgroup 2	46.95 ^c ±2.41	207.9 ^a ±4.49	37.03 ^{bc} ±0.94
	49.98 ^b ±2.87	190.2 ^c ±7.22	34.14 ^d ±0.88
20 % carob powder subgroup 3	49.47 ^{bc} ±2.28	197.0 ^b ±8.10	35.64 ^{cd} ±1.90
	47.66 ^{bc} ±2.23	175.1 ^d ±6.19	32.46 ^e ±1.79

Mean±SE

SE standard error

Values followed by the same letter within the same column were not significantly different ($p < 0.01$)

Εικόνα 14. Πηγή: <https://www.semanticscholar.org/paper/The-influence-of-carob-powder-on-lipid-profile-and-Hassanein-Youssef/310810728e5e84bbf45b2ef34ed22c287909afd4>

Η επίδραση των συστατικών χαρουπιού στην υπερλιπιδαιμία έχει μελετηθεί διεξοδικά σε μοντέλα in vitro και in vivo. Το χαρούπι αποδείχθηκε ότι μειώνει τα επίπεδα χοληστερόλης και λιπιδίων στο ήπαρ των αρουραίων που τράφηκαν με δίαιτα υψηλής χοληστερόλης κατά 10% (Ershoff B H & Wells AF, 1962). Ωστόσο, σε μια πιο πρόσφατη μελέτη, ο ίδιος καρπός δεν άσκησε σημαντική επίδραση στα επίπεδα χοληστερόλης σε αρουραίους με διαβήτη, εύρημα που υποδηλώνει ότι το

Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο

Τμήμα Επιστημών Διατροφής και Διαιτολογίας

χαρούπι δρα προστατευτικά κατά της αύξησης της χοληστερίνης σε υγιή πληθυσμό και όχι σε πληθυσμό που ήδη πάσχει από διαβήτη τύπου II (Yamamoto et al 2000).

Αναφορικά με τη σκόνη χαρουπιού, όταν χορηγήθηκε στους αρουραίους του είδους Sprague-Dawley μαζί με μια υπερλιπιδαιμική διαίτα, η χοληστερόλη και τα τριγλυκερίδια μειώθηκαν με τρόπο εξαρτώμενο από τη δόση (Hassanein et al, 2015). Οι συγγραφείς σημείωσαν επίσης ότι το ιστοπαθολογικό προφίλ της καρδιάς και των νεφρών του ζώου παρέμεινε φυσιολογικό σε εκείνους που καταλάωναν την σκόνη χαρουπιού, ενώ οι αρουραίοι που ακολούθησαν αποκλειστικά την υπερλιπιδαιμική διατροφή παρουσίαζαν σοβαρές ανωμαλίες. Η σκόνη χαρουπιού θα μπορούσε μελλοντικά να είναι υποψήφιο συμπλήρωμα σε διατροφή παχύσαρκων και υπέρβαρων ανθρώπων (Valero-Munoz et al, 2014).

Σε άλλη μελέτη παρόμοιου χαρακτήρα, οι ερευνητές εξέτασαν το ευεργετικό αποτέλεσμα ενός συμπυκνωμένου εκχυλίσματος πολυφαινολών από χαρουπιές, με υψηλή αναλογία πολυφαινολών, στα λιπίδια του ορού στους ανθρώπους (Ruiz_Rosoetal, 2010). Σε αυτήν την διπλά-τυφλή κλινική μελέτη, 88 εθελοντές με υπερχοληστερολαιμία (200-299 mg / dL) χωρίστηκαν σε δύο ομάδες, καταναλώνοντας οι μεν εικονικό φάρμακο, και οι δε σκεύασμα με ίνες με αδιάλυτες πολυφαινόλες δύο φορές την ημέρα για τέσσερις εβδομάδες. Τα τριγλυκερίδια και οι λιποπρωτεΐνες χαμηλής πυκνότητας (LDL) και οι λιποπρωτεΐνες υψηλής πυκνότητας (HDL) των συμμετεχόντων αξιολογήθηκαν στην αρχή της μελέτης καθώς και μετά από τέσσερις εβδομάδες λήψης του συμπληρώματος. Σύμφωνα με τους συγγραφείς, η ολική χοληστερόλη, η LDL χοληστερόλη, η αναλογία LDL: HDL χοληστερόλης και τα τριγλυκερίδια μειώθηκαν κατά $17,8\% \pm 6,1\%$, $22,5\% \pm 8,9\%$, $26,2\% \pm 14,3\%$ και $16,3\% \pm 23,4\%$ αντίστοιχα. Από την άλλη πλευρά, η ομάδα του εικονικού φαρμάκου δεν παρουσίασε σημαντικές διαφορές στο προφίλ των λιπιδίων. Όπως δηλώνουν οι συγγραφείς, ευεργετικές επιδράσεις στο ανθρώπινο προφίλ λιπιδίων μπορούν να παρατηρηθούν με την κατανάλωση ινών πλούσιων σε αδιάλυτες πολυφαινόλες και αυτό μπορεί να βοηθήσει στον έλεγχο της υπερλιπιδαιμίας ανθρώπων (Ruiz_Roso et al, 2010).

Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο

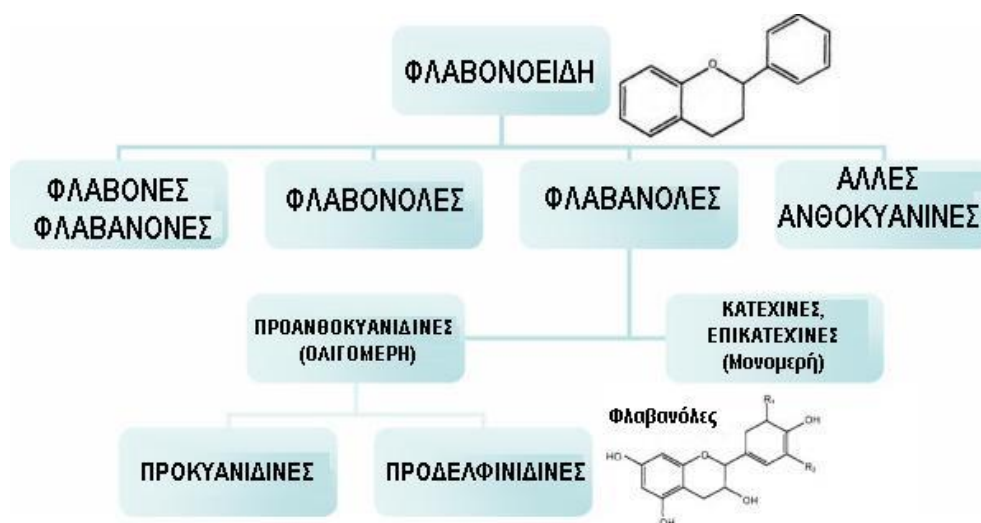
Τμήμα Επιστημών Διατροφής και Διαιτολογίας

Μία άλλη παλαιότερη μελέτη επικεντρώνεται στα πλεονεκτήματα του πολτού του χαρουπιού επί της χοληστερόλης ορού των υπερχοληστερολαιμικών ασθενών (Zunft et al 2003). Συνολικά 58 εθελοντές με υπερχοληστερολαιμία δέχθηκαν να συμμετάσχουν σε μια διπλά-τυφλή, ελεγχόμενη κλινική μελέτη προκειμένου να διερευνηθεί εάν η υψηλή συγκέντρωση αδιάλυτων ινών που περιέχονται στον πολτό χαρουπιών έχει ευεργετική επίδραση στη χοληστερόλη του ορού των ανθρώπων. Η συνολική χοληστερόλη LDL και HDL μαζί με τα τριγλυκερίδια εξετάστηκαν στην αρχή της μελέτης και κατόπιν την τέταρτη και την έκτη εβδομάδα. Το ημερήσιο πρόγραμμα μεσημεριανού γεύματος περιλάμβανε ψωμί και φρούτα μαζί με 15 γραμμάρια / ημέρα παρασκευάσμα χαρουπιού, για τους συμμετέχοντες που λάμβαναν το κανονικό και όχι το εικονικό φάρμακο. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, η χοληστερόλη LDL μειώθηκε κατά $10,5\% \pm 2,2\%$ όπως ήταν το επίπεδο των τριγλυκεριδίων στις γυναίκες κατά $11,3\% \pm 4,5\%$. Επιπλέον, ο λόγος LDL: HDL χοληστερόλης μειώθηκε κατά $7,9\% \pm 2,2\%$ στην ομάδα του πραγματικού φαρμάκου σε σύγκριση με την ομάδα του εικονικού φαρμάκου. Οι συγγραφείς δηλώνουν ότι τα οι γυναίκες παρουσιάζουν καλύτερο λιπιδαιμικό προφίλ στο τέλος των έξι εβδομάδων σε σύγκριση με τους άντρες (Zunft et al 2003).

4 Χημική επεξεργασία του χαρουπιού

4.1 Εκχύλιση και προσδιορισμός ποσότητας ισοφλαβονών

Προκειμένου να πραγματοποιηθεί η εκχύλιση και η μέτρηση των ισοφλαβονών, ένα γραμμάριο θρυμματισμένου υλικού τέθηκε σε εναιώρηση σε ακετονιτρίλιο περιεκτικότητας 80%, αναδεύτηκε έντονα για 2 ώρες σε θερμοκρασία δωματίου και φυγοκεντρήθηκε στα 1310 g για 30 λεπτά. Το υπερκείμενο συλλέχθηκε. Το υλικό εκχυλίστηκε εκ νέου σε 10 mL μεθανόλης 80%, αναμίχθηκε για 4 ώρες στους 80 ° C και φυγοκεντρήθηκε στα 1310 g για 15 λεπτά. Τα δύο υπερκείμενα συνδυάστηκαν και ο διαλύτης εξατμίστηκε υπό κενό και ξηράθηκε υπό άζωτο, ενώ το υπόλειμμα αραιώθηκε σε τελικό όγκο 2 mL. Τα δείγματα διηθήθηκαν μέσω φίλτρου 0,45 μm (Kuligowski et al 2017).



Εικόνα 15. Πηγή:

(<http://gkelismedicallexicon.gr/word.php?search=%CF%86%CE%BB%CE%B1%CE%B2%CE%BF%CE%BD%CE%BF%CE%B5%CE%B9%CE%B4%CE%AE>)

Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο

Τμήμα Επιστημών Διατροφής και Διαιτολογίας

Στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκε το σύστημα HPLC Waters 2695 εφοδιασμένο με ανιχνευτή συστοιχίας φωτοδίοδων Waters 2996 (PDA) (Waters Associated, Milford, MA) για την ανάλυση των ισοφλαβονών. Το σήμα παρακολούθηθηκε στα 200-600 nm. Ο διαχωρισμός διεξήχθη σε μία στήλη αντεπιστροφής φάσης Alltech σύμφωνα με τη μέθοδο των Achouri et al. στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε χρωματογραφική ανάλυση στο δείγμα σε μήκος κύματος ανίχνευσης 254 nm, με τη θερμοκρασία στήλης να διατηρείται σταθερή στους 26 ° C. Ο ποσοτικός προσδιορισμός των ισοφλαβονών έγινε με σύγκριση των χρόνων κατακράτησης και των φασματικών χαρακτηριστικών συστοιχίας δίοδων με τα κατάλληλα πρότυπα (Achouri et al, 2005), .

Οι κόκκοι χαρουπιών χαρακτηρίζονταν από υψηλότερη περιεκτικότητα σε γενιστεΐνη (κατά 18% σε DM) σε σύγκριση με όλα τα υπόλοιπα συστατικά των muffins, ενώ μόνο η σόγια, μεταξύ των συστατικών, περιέχει σημαντικές ποσότητες ισοφλαβονών (Padho et al 2016). Η γενιστεΐνη είναι ένα πολλά υποσχόμενο, ισχυρό φάρμακο στην προφύλαξη και τη θεραπεία του καρκίνου του μαστού και του προστάτη. Έχει επίσης ευεργετικά αποτελέσματα για την υγεία στην μετεμμηνοπαυσιακή οστική απώλεια και την οστεοπόρωση, τις καρδιαγγειακές διαταραχές και τα συμπτώματα της εμμηνόπαυσης (Shehata et al 2016). Η θετική επίδραση των ισοφλαβονών στην υγεία αποδεικνύεται και είναι καλά τεκμηριωμένη. Συνεπώς, στη μελέτη, εξετάζονται μόνο ισοφλαβόνες παρά την παρουσία άλλων πολυφαινολών στο κακάο και το χαρουπιά. Στην επιστημονική βιβλιογραφία η γενιστεΐνη σε χαρουπιές έχει αναφερθεί μόνο μία φορά στο επίπεδο των 4 μg / g (Ortega et al 2010). Η ικανότητα ταυτοποίησης γενιστεΐνης στο παρόν πείραμα ήταν πιθανόν λόγω θερμικής επεξεργασίας (Chien et al 2015) .

Φαίνεται ότι ο συνδυασμός ισοφλαβονών από κακάο και ισοφλαβονών από σόγια έχει βελτιώσει τους βιοδείκτες κινδύνου των καρδιαγγειακών νοσημάτων, επισημαίνοντας το πρόσθετο όφελος των φλαβονοειδών στη διαχείριση των νοσημάτων αυτών Όπως είναι σαφές δεν υπάρχουν στοχευμένες αναφορές σχετικά με τη θετική ή αρνητική επίδραση του συνδυασμού των βιολογικών ενεργειών

Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο

Τμήμα Επιστημών Διατροφής και Διαιτολογίας

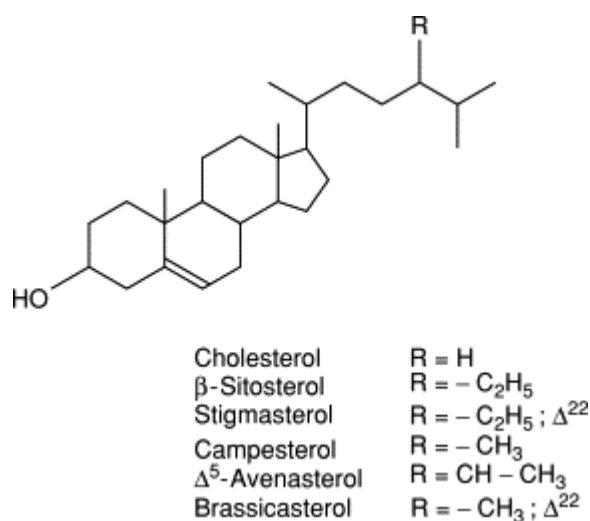
καρπού και σόγιας στην ανθρώπινη υγεία, σκόπιμη θα ήταν όμως η περαιτέρω διερεύνησή τέτοιων συνδυασμών και των επιδράσεών τους (Curtis et al 2012).

Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο

Τμήμα Επιστημών Διατροφής και Διαιτολογίας

4. 2. Προσδιορισμός ποσότητας στερολών και τοκοφερολών

Τα περιεχόμενα και η σύνθεση στερόλης και τοκοφερόλης προσδιορίστηκαν ακολουθώντας τη διαδικασία που περιγράφεται από τη μέθοδο AOCS (American Oil Chemists 'Society) (AOCS 2011). Εν συντομία, τα λιπίδια (50 mg) σαπωνοποιήθηκαν με 2 mL 1 M μεθανολικού KOH για 18 ώρες σε θερμοκρασία δωματίου, στη συνέχεια προστέθηκαν 2 mL νερού και τα μη σαπωνοποιήσιμα εκχυλίστηκαν τρεις φορές χρησιμοποιώντας 3 mL εξανίου. Ο διαλύτης εξατμίστηκε υπό ρεύμα αζώτου. Ξηρά κατάλοιπα διαλύθηκαν σε 0.2 mL πυριδίνης, τα παράγωγα των στερολών διαχωρίστηκαν με τη βοήθεια συγκεκριμένης συσκευής και τέλος με τη βοήθεια μιας χημικής ουσίας που καλείται χολεστάνιο η στερόλη ποσοτικοποιήθηκε (Siger et al 2016).



Εικόνα 16. Πηγή: (<https://www.sciencedirect.com/topics/food-science/sterol>)

Τα στατιστικώς διαφορετικά ισομερή τοκοφερολών του μείγματος βρέθηκαν να είναι η γ-τοκοφερόλη, η δ-τοκοφερόλη και η α-τοκοφερόλη, σε ποσοστά υψηλότερα κατά 18, 14, 17% αντίστοιχα από τον καρπό του κακάου. Συγκεκριμένα σχετικά με την α-τοκοφερόλη έχει αποδειχθεί ότι αναστέλλει τις οξειδωτικές

Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο

Τμήμα Επιστημών Διατροφής και Διαιτολογίας

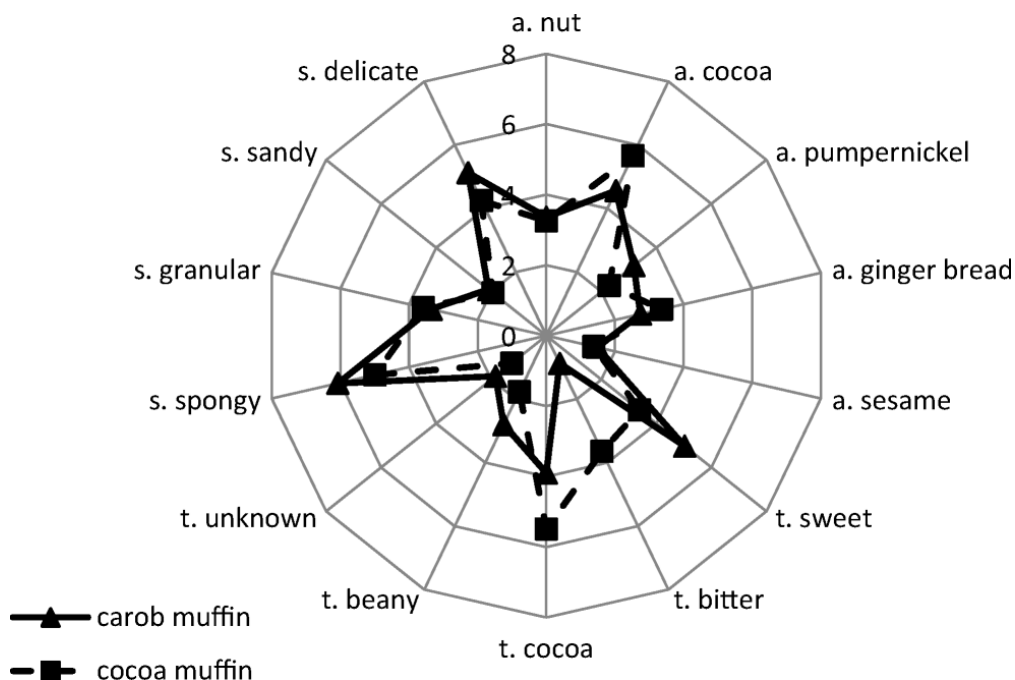
αντιδράσεις, ενδεχομένως προσφέροντας προστασία κατά της καρκινογένεσης (Boschin et al 2011) . Σε αυτή τη μελέτη η περιεκτικότητα των γ-δ-α-τοκοφερόλης στα ζύμη του κακάου ήταν σημαντικά υψηλότερη και το χαρούπι δεν περιγράφηκε ως πηγή τοκοφερόλης (Lipp et al 2001) Ωστόσο, οι πολυφαινόλες χαρουπιών έχουν αποδειχθεί ότι μειώνουν την απώλεια τοκοφερόλης των σκευασμάτων που περιέχουν χαρούπι κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας του ίδιου του σκευάσματος, και έχουν προστατεύσει από την οξειδωση την α-τοκοφερόλη, παρουσιάζοντας ένα έμμεσο αντιοξειδωτικό αποτέλεσμα εξαρτώμενο από τη συγκέντρωση (Albertos et al 2015)

Στο παρόν πείραμα , η ζύμη των muffins περιείχε χοληστερόλη από τον κρόκο του αυγού αλλά και φυτοστερόλες που έχουν στενή δομική ομοιότητα με τη χοληστερόλη, αλλά έχουν διαφορετικές διαμορφώσεις πλευρικής αλυσίδας και διαφορετική τριτοταγή δομή. Οι φυτοστερόλες έχουν σημαντική βιολογική λειτουργία καθώς εμποδίζουν αποτελεσματικά την απορρόφηση της χοληστερόλης (Rubis et al 2008).

5 Οι εφαρμογές του χαρουπιού στη βιομηχανία

5.1. Πειραματική δοκιμή αντικατάστασης του κακάου με χαρούπι σε αρτοσκευάσματα

Η αυξανόμενη ζήτηση για κακάο και η αναζήτηση συστατικών πλούσιων σε βιοδραστικές ενώσεις παρόμοιες με του κακαόδεντρου, ενθάρρυναν τους ερευνητές να μελετήσουν το χαρούπι από ακόμη περισσότερες σκοπιές. Η υψηλή περιεκτικότητα του χαρουπιού σε φυτοστερόλες, πολυφαινόλες αλλά και άλλες ουσίες όπως είναι η πινιτόλη που αναλύθηκε παραπάνω, καταδεικνύει ότι το χαρούπι είναι καρπός υψηλής διατροφικής αξίας επομένως μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υποκατάστατο άλλων καρπών με παρόμοια βιοδραστικά χαρακτηριστικά, όπως είναι το κακάο.



Εικόνα 17. Πηγή: (<https://link.springer.com/article/10.1007/s11130-018-0675-0>)

Τα προϊόντα αρτοποιίας είναι ένα από τα σημαντικότερα συστατικά διατροφής για ανθρώπους σε όλο τον κόσμο. Ως εκ τούτου, παρασκευάστηκαν κέικ

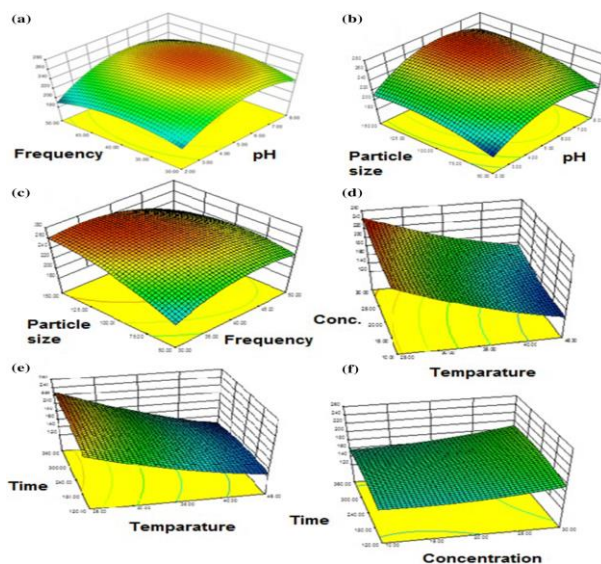
Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο

Τμήμα Επιστημών Διατροφής και Διαιτολογίας

τύπου muffins με αυξημένη θρεπτική αξία. Χαρακτηριστικό πείραμα, είναι το πείραμα αντικατάστασης του κακάο με χαρούπι στις ζύμες των muffins, το οποίο έχει επαναληφθεί αρκετές φορές προκειμένου να μελετηθεί η δεκτικότητα του πληθυσμού στην αντικατάσταση του κακάο με χαρούπι, αλλά και η διαφορά που προκύπτει στη γεύση άρα και στην ικανότητα κατανάλωσης σε άλλα τυπικά σκευάσματα αρτοποιίας.

Στο παράδειγμα που αναλύεται, η ζύμη παρασκευάστηκε στο εργαστήριο και το περιεχόμενο της είχε 5% σκόνη κακάο ή σκόνη χαρουπιού, με το ποσοστό 5% να θεωρείται ως η πλέον αποδεκτή γευστικά περιεκτικότητα (μεταξύ των κλασμάτων 1, 5, 10 και 15%) στη δοκιμή αποδοχής που πραγματοποίησαν οι καταναλωτές. Οι αναλογίες συστατικών της ζύμης ήταν ως ακολούθως: σόγια 25,5%, λευκή ζάχαρη 19,0%, αυγά 14,0%, ύδωρ 13,0%, σησαμέλαιο 9,5%, σπόροι λιναριού 6,5%, άλευρο σίτου 6,0%, κακάο ή σκόνη χαρουπιού 5,0%, σκόνη ψησίματος 1 και 0,5% διττανθρακικό νάτριο. Αρχικά οι σπόροι σόγιας εμποτίστηκαν για 12 ώρες σε νερό και στη συνέχεια μαγειρεύτηκαν για 45 λεπτά και συνθλίβονται σε ένα μπλέντερ κουζίνας. Οι σπόροι λιναριού αλέστηκαν σε εργαστηριακό μύλο. Στη συνέχεια όλα τα συστατικά αναμίχθηκαν σε μπλέντερ για να σχηματιστεί ένα ομοιογενές μείγμα. Η ζύμη τοποθετήθηκε σε φλιτζάνια σιλικόνης muffin και ψήθηκε για 25 λεπτά στον φούρνο προθερμασμένο στους 180 ° C. Μόλις ψήθηκαν τα κέικ ψύχθηκαν σε θερμοκρασία δωματίου. Ένα φρέσκο προϊόν υποβλήθηκε σε ανάλυση περιεκτικότητας συστατικών, υφής και αισθητικής. Τα άλλα δείγματα καταψύχθηκαν στους -20 ° C, κατόπιν θρυμματίστηκαν και αποθηκεύτηκαν (Kuligowski et al 2017).

5.2. Χρήση του χαρουπιού ως φίλτρο καθαρισμού αποβλήτων



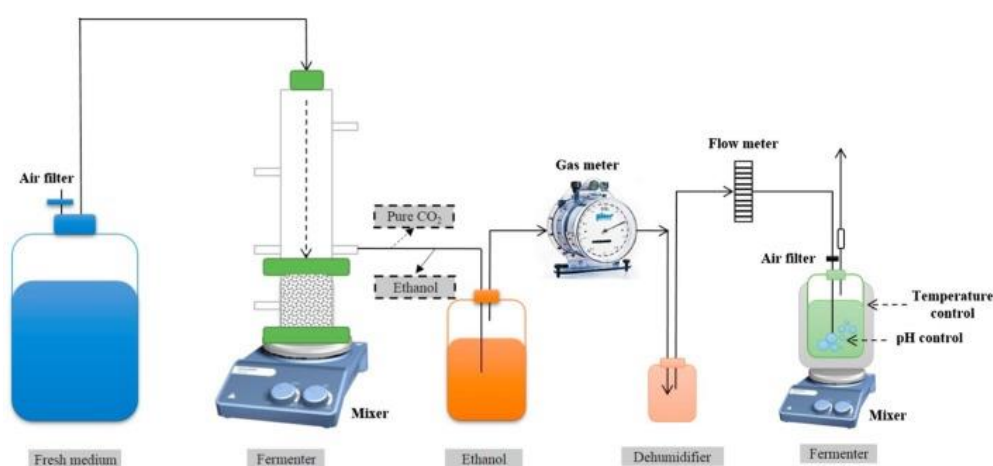
Εικόνα 18. Πηγή: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11276-019-02035-1>

Σε πλήθος μελετών το χαρούπι αξιολογείται και ως μη βρώσιμο υλικό. Συγκεκριμένα η ικανότητα της σκόνης χαρουπιού να χρησιμοποιηθεί ως απορροφητικό υλικό, ικανό να καθαρίσει απόβλητα νερού σημασμένα με μπλε του μεθυλενίου. Σε πρώτο επίπεδο η σκόνη χαρουπιού σαρώθηκε με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο και διαπιστώθηκε ότι είναι πορώδες υλικό ικανό να δράσει απορροφητικά. Στη συνέχεια προσδιορίστηκαν οι παράμετροι της οξύτητας, του μεγέθους των σωματιδίων του, του χρόνου επαφής με το υγρό διέλευσης καθώς και η θερμοκρασία και η αρχική συγκέντρωση μεθυλενίου στο νερό που δοκιμάστηκε. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε το πείραμα ικανότητας προσρόφησης των αποβλήτων, και με τη βοήθεια μαθηματικών αλγορίθμων υπολογίστηκε η προσρόφηση του χαρουπιού και κρίθηκε ως ικανοποιητική άρα το χαρούπι κρίθηκε ως ικανό εναλλακτικό προσροφητικό. Έτσι φαίνεται ότι τα παράγωγα του χαρουπιού εκτός από βρώσιμες ιδιότητες έχουν εφαρμογή και σε άλλες βιομηχανίες (Gezer et al, 2019).

5.3. Παραγωγή αιθανόλης με τη χρήση του χαρουπιού

Καθώς τα τελευταία χρόνια το πετρέλαιο τείνει να εξαντληθεί, οι τομείς της παραγωγής ανανεώσιμης ενέργειας έχουν αρχίσει να κερδίζουν την προσοχή ανά τον κόσμο, συμπεριλαμβανομένης της παραγωγής ενέργειας από ακατέργαστα γεωργικά προϊόντα, όπως είναι το χαρούπι.

Φαίνεται ότι η παραγωγή αιθανόλης είναι εφικτή με τη βοήθεια του χαρουπιού, και συγκεκριμένα με το εκχύλισμα αυτού με τη βοήθεια των *Saccharomyces cerevisiae*. Η επίδραση των διαφόρων παραμέτρων ζύμωσης όπως είναι το περιβάλλον οξύτητας, η θερμοκρασία, τα ποσοστά αζώτου αλλά και το μέσο βάρος των τμημάτων του χαρουπιού που χρησιμοποιήθηκε έπαιξαν σημαντικό ρόλο. Πιο συγκεκριμένα οι βέλτιστες συνθήκες παραγωγής αιθανόλης φάνηκε να είναι η επεξεργασία εκχυλίσματος χαρουπιού στους 80 βαθμούς Κελσίου, αφού αραιωθεί για 2 ώρες σε λόγο αραιώσης χαρουπιού/νερό ίσο με $\frac{1}{4}$ σε περιβάλλον οξύτητας 5.5. Σε οποιαδήποτε άλλο pH φαίνεται πως η τελική συγκέντρωση της αιθανόλης η οποία παράγεται είναι πολύ μικρότερη (Turhan et al, 2010).



Εικόνα 19. Πηγή: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306261917312199>

6 Συμπεράσματα και προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Μελετώντας τη βιβλιογραφία των τελευταίων δύο δεκαετιών αναφορικά με το δέντρο της χαρουπιάς και τη χρήση του τόσο στη βιομηχανία των τροφίμων όσο και στη βιομηχανία των υλικών παρατηρούμε πώς η χαρουπιά καθίσταται πιο γνωστή τα τελευταία δέκα χρόνια, εφόσον ο όγκος της δημοσιευμένης βιβλιογραφίας είναι αισθητά πλουσιότερος. Το χαρούπι, μία παλαιότερα δευτερεύουσα πηγή θρεπτικών συστατικών, κερδίζει ολοένα και περισσότερο έδαφος στη βιομηχανία τροφίμων ως υποκατάστατο τροφών βρώσιμο τόσο από το γενικό πληθυσμό όσο και από ειδικές πληθυσμιακές ομάδες .

Το φυτό της χαρουπιάς το οποίο συναντάται στη λεκάνη της Μεσογείου θεωρείται ένας ιδιαίτερα πλούσιος σε θρεπτικά συστατικά καρπός, ο οποίος μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υποκατάστατο πολυάριθμων συστατικών, όπως είναι η σοκολάτα, προκειμένου να καλύψει τις διατροφικές ανάγκες ειδικών πληθυσμιακών ομάδων που αδυνατούν να καταναλώσουν συγκεκριμένα τρόφιμα λόγω τροφικών αλλεργιών ή δυσανεξίας σε συγκεκριμένα χαρακτηριστικά. Το χαρούπι είναι πηγή πολυάριθμων θρεπτικών συστατικών σημαντικών για την ομαλή λειτουργία του οργανισμού και την επαγωγή της υγείας μέσω της θεραπείας και της πρόληψης ασθενειών, όπως είναι η βιταμίνη Α, το σύμπλεγμα βιταμινών Β, η βιταμίνη D, οι φυτικές ίνες, τα λιπαρά οξέα, το μαγνήσιο, το κάλιο, το νάτριο, ο φώσφορος, το μαγγάνιο και ο σίδηρος. Επιπρόσθετα είναι πηγή αντιοξειδωτικών και συγκεκριμένα πολυφαινολών, στερολών και ανθοκυανινών, ενώ φαίνεται ότι είναι ιδιαίτερα βιοδραστικό όταν συγκριθεί με άλλα τρόφιμα αφού καταπολεμά ισχυρότερα τις ελεύθερες ρίζες.

Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο

Τμήμα Επιστημών Διατροφής και Διαιτολογίας

Πολυάριθμες μελέτες έχουν καταδείξει τη θρεπτική αξία του χαρουπιού αλλά και τις δυνατότητες χρήσης του σε ολόένα και περισσότερες πτυχές της βιομηχανίας φαρμάκων. Το χαρούπι βρίσκει εφαρμογή στις επιστήμες υγείας διότι έχει αποδεδειγμένη αντικαρκινική, αντιδιαρροϊκή, αντιδιαβητική, αντιγηραντική δράση και λειτουργεί κατά της υπερλιπιδαιμίας. Οι εφαρμογές του όμως δε σταματούν εκεί καθώς συστατικά του χαρουπιού χρησιμοποιούνται για τη διαχείριση αποβλήτων αλλά και την παραγωγή αιθανόλης, καθιστώντας το έτσι υλικό κατάλληλο για βιομηχανικές διεργασίες.

Συμπερασματικά, ο καρπός της χαρουπιάς φαίνεται να είναι ιδιαίτερα υποσχόμενος αναφορικά με τις εφαρμογές του στη βιομηχανία των τροφίμων αλλά και της δράσης τους σχετικά με τον ανθρώπινο οργανισμό. Ειδικότερα, με τη βοήθεια των ερευνητικών δράσεων που αφορούν το χαρούπι φαίνεται πως το διαιτολόγιο που περιλαμβάνει χαρούπι δρα ρυθμιστικά αλλά και προστατευτικά έναντι πολυάριθμων παθήσεων του ανθρώπου. Μελλοντικά συνίσταται η διεξαγωγή περισσότερων κλινικών μελετών, τόσο σε ζωικούς όσο και σε ανθρώπινους ιστούς αλλά και σε ανθρώπους προκειμένου να αποσαφηνιστούν τα οφέλη της χαρουπιάς και να διευρυνθεί η χρήση της στο μέγιστο λειτουργικό βαθμό. Τέλος, θεωρητικές μορφές έρευνας όπως είναι οι συστηματικές ανασκοπήσεις είναι σκόπιμο να πραγματοποιηθούν προκειμένου να ομαδοποιηθούν δεδομένα από πολυάριθμες μελέτες και να εξαχθούν ασφαλέστερα συμπεράσματα.

Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο

Τμήμα Επιστημών Διατροφής και Διαιτολογίας

7 Βιβλιογραφία

- 1) Abbaspour, Nazanin et al. “Review on iron and its importance for human health.” *Journal of research in medical sciences : the official journal of Isfahan University of Medical Sciences* vol. 19,2 (2014): 164-74.
- 2) Aksit S., Caglayan S., Cukan R., Yaprak I. Carob bean juice: A powerful adjunct to oral rehydration solution treatment in diarrhoea. *Paediatr. Perinat. Epidemiol.* 1998;12:176–181. doi: 10.1046/j.1365-3016.1998.00093.x.
- 3) Albertos I, Jaime I, María Diez A, et al. Carob seed peel as natural antioxidant in minced and refrigerated (4°C) Atlantic horse mackerel (*Trachurus trachurus*) *LWT Food Sci Technol.* 2015;64:650–656. doi: 10.1016/j.lwt.2015.06.037
- 4) Angst E., Park J.L., Moro A., Lu Q.Y., Lu X., Li G., King J., Chen M., Reber H.A., Go V.L., et al. The flavonoid quercetin inhibits pancreatic cancer growth in vitro and in vivo. *Pancreas.* 2013;42:223–229. doi: 10.1097/MPA.0b013e318264ccae.
- 5) Bates S.H., Jones R.B., Bailey C.J. Insulin-like effect of pinitol. *Br. J. Pharmacol.* 2000;130:1944–1948. doi: 10.1038/sj.bjp.0703523
- 6) Batista NN, Pereira De Andrade D, Ramos CL, et al. Antioxidant capacity of cocoa beans and chocolate assessed by FTIR. *Food Res Int.* 2016;90:313–319. doi: 10.1016/j.foodres.2016.10.028
- 7) Batlle I. & Tous J. (1997). Carob tree. *Ceratonia siliqua* L. IPGCP Rome, Italy.
- 8) Boschini G, Arnoldi A. Legumes are valuable sources of tocopherols. *Food Chem.* 2011;127:1199–1203. doi: 10.1016/j.foodchem.2011.01.124
- 9) Caruso, M., Miele, C., Oriente, F., Maitan, A., Bifulco, G., Andreozzi, F., Condorelli, G., Formisano, P., & Beguinot, F. (1999). In L6 skeletal muscle cells, glucose induces cytosolic translocation of protein kinase C- α and trans-activates the insulin receptor kinase. *Journal of Biological Chemistry*, 274(40), 28637–28644. <https://doi.org/10.1074/jbc.274.40.28637>

Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο

Τμήμα Επιστημών Διατροφής και Διαιτολογίας

- 10) Chien JT, Hsieh HC, Kao TH, Chen BH. Kinetic model for studying the conversion and degradation of isoflavones during heating. *Food Chem.* 2005;91:425–434. doi: 10.1016/j.foodchem.2004.06.023
- 11) Ciriminna, R., Meneguzzo, F., Fidalgo, A., Ilharco, L. M., & Pagliaro, M. (2015). Extraction, benefits and valorization of olive polyphenols. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 118(4), 503–511. doi:10.1002/ejlt.201500036
- 12) Corsi L., Avallone R., Cosenza F., Farina F., Baraldi C., Baraldi M. Antiproliferative effects of *Ceratonia siliqua* L. On mouse hepatocellular carcinoma cell line. *Fitoterapia.* 2002;73:674–684. doi: 10.1016/S0367-326X(02)00227-7
- 13) Curtis PJ, Sampson M, Potter J, Dhatriya K, Kroon PA, Cassidy A. Chronic ingestion of flavan-3-ols and lipoprotein status and attenuates with type 2 diabetes. *Diabetes Care.* 2012;35:226–232. doi: 10.2337/dc11-1443.
- 14) Custódio L., Escapa A.L., Fernandes E., Fajardo A., Aligué R., Alberício F., Neng N., Nogueira J. M. F. and Romano A. (2011). Phytochemical Profile, Antioxidant and Cytotoxic Activities of the Carob Tree (*Ceratonia siliqua* L.) Germ Flour Extracts. *Plant Foods Hum Nutr*, 66, 78- 84.
- 15) Custodio L., Fernandes E., Escapa A.L., Fajardo A., Aligue R., Albericio F., Neng N.R., Nogueira J.M., Romano A. Antioxidant and cytotoxic activities of carob tree fruit pulps are strongly influenced by gender and cultivar. *J. Agric. Food Chem.* 2011;59:7005–7012. doi: 10.1021/jf200838f.
- 16) Dakia P. A., Wathelet B., & Paquot M., (2007). Isolation and chemical evaluation of carob (*Ceratonia siliqua* L.) seed germ. *Food Chemistry*, 102, 1368-1374.
- 17) Durazzo A., Turfani V., Narducci V., Azzini E., Maiani G., Carcea M., (2014). Nutritional characterisation and bioactive components of commercial carobs flours. *Food Chemistry*, 153, 109-113.
- 18) Ershoff B.H., Wells A.F. Effects of gum guar, locust bean gum and carrageenan on liver cholesterol of cholesterol-fed rats. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 1962;110:580–582. doi: 10.3181/00379727-110-27585

Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο

Τμήμα Επιστημών Διατροφής και Διαιτολογίας

- 19) Gezer, B., Kose, U., Zubov, D. et al. Determining optimum carob powder adsorption for cleaning wastewater: intelligent optimization with electro-search algorithm. *Wireless Netw* (2019). <https://doi.org/10.1007/s11276-019-02035-1>
- 20) Goulas V, Stylos E, Chatziathanasiadou MV, Mavromoustakos T, Tzakos AG. Functional Components of Carob Fruit: Linking the Chemical and Biological Space. *Int J Mol Sci*. 2016;17(11):1875. Published 2016 Nov 10. doi:10.3390/ijms17111875
- 21) Guggenbichler J.P. Adherence of enterobacteria in infantile diarrhea and its prevention. *Infection*. 1983;11:239–242. doi: 10.1007/BF01641209
- 22) Haber B., Kiy T., Hausmanns S., Ruesing M. Dietary Foodstuff for Positively Influencing Cardiovascular Health. 20,060,110,476 A1. U.S. Patent. 2006 May 25;
- 23) Haber B., Ter M.H.U., Hausmanns S. Cholesterol-Reducing Agent Made of Dietary Fibre and Cholesterol-Reducing Substances. WO2,004,009,093 A1. 2004 Jan 29;
- 24) Haber B.D. Carob Product Based Antiinflammatory or Chemopreventative Agent. EP1,366,673 A3. Europe Patent. 2003 Dec 10;
- 25) Hafeez B.B., Siddiqui I.A., Asim M., Malik A., Afaq F., Adhami V.M., Saleem M., Din M., Mukhtar H. A dietary anthocyanidin delphinidin induces apoptosis of human prostate cancer pc3 cells in vitro and in vivo: Involvement of nuclear factor-κB signaling. *Cancer Res*. 2008;68:8564–8572. doi: 10.1158/0008-5472.CAN-08-2232
- 26) Hassanein K.M.A., Youssef M.K.E., Ali H.M., El-Manfaloty M.M. The influence of carob powder on lipid profile and histopathology of some organs in rats. *Comp. Clin. Pathol*. 2015;24:1509–1513. doi: 10.1007/s00580-015-2108-x.
- 27) Heaney, R. P. (2014). Sodium, Potassium, Phosphorus, and Magnesium. *Nutrition and Bone Health*, 379–393. doi:10.1007/978-1-4939-2001-3_24
- 28) Jana S., Gandhi A., Sheet S., Sen K.K. Metal ion-induced alginate-locust bean gum ipn microspheres for sustained oral delivery of aceclofenac. *Int. J. Biol. Macromol*. 2015;72:47–53. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2014.07.054.
- 29) Klenow S., Gleib M., Haber B., Owen R., Pool-Zobel B.L. Carob fibre compounds modulate parameters of cell growth differently in human ht29 colon adenocarcinoma

Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο

Τμήμα Επιστημών Διατροφής και Διαιτολογίας

- cells than in LT97 colon adenoma cells. *Food Chem. Toxicol.* 2008;46:1389–1397. doi: 10.1016/j.fct.2007.09.003
- 30) Klenow S., Jahns F., Pool-Zobel B.L., Gleis M. Does an extract of carob (*Ceratonia siliqua* L.) have chemopreventive potential related to oxidative stress and drug metabolism in human colon cells? *J. Agric. Food Chem.* 2009;57:2999–3004. doi: 10.1021/jf802872b.
- 31) Kumazawa S., Taniguchi M., Suzuki Y., Shimura M., Kwon M .S., and Nakayama T. (2002). Antioxidant Activity of Polyphenols in Carob Pods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 373-377.
- 32) Lakkab, I., Hajaji, H., Lachkar, N., Bali, B., Lachkar, M., & Ciobica, A. (2018). Phytochemistry, bioactivity: suggestion of *Ceratonia siliqua* L. as neurodegenerative disease therapy, *Journal of Complementary and Integrative Medicine*, 15(4), 20180013. doi: <https://doi.org/10.1515/jcim-2018-0013>
- 33) Lar A.C., Erol N., Elgun M.S. Effect of carob flour substitution on chemical and functional properties of tarhana. *J. Food Process. Preserv.* 2013;37:670–675
- 34) Li, L., & Yang, X. (2018). The Essential Element Manganese, Oxidative Stress, and Metabolic Diseases: Links and Interactions. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2018, 1–11. doi:10.1155/2018/7580707
- 35) Liang C.Z., Zhang X., Li H., Tao Y.Q., Tao L.J., Yang Z.R., Zhou X.P., Shi Z.L., Tao H.M. Gallic acid induces the apoptosis of human osteosarcoma cells in vitro and in vivo via the regulation of mitogen-activated protein kinase pathways. *Cancer Biother. Radiopharm.* 2012;27:701–710. doi: 10.1089/cbr.2012.1245.
- 36) Lipp M, Simoneau C, Ulberth F, Anklam E, Crews C, Brereton P, de Greyt W, Schwack W, Wiedmaier C. Composition of genuine cocoa butter and cocoa butter equivalents. *J Food Compos Anal.* 2001;14:399–408. doi: 10.1006/jfca.2000.0984
- 37) Liu C., Zheng Y., Xu W., Wang H., Lin N. Rhubarb tannins extract inhibits the expression of aquaporins 2 and 3 in magnesium sulphate-induced diarrhoea model. *BioMed Res. Int.* 2014;2014:619465. doi: 10.1155/2014/619465.

Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο

Τμήμα Επιστημών Διατροφής και Διαιτολογίας

- 38) Loeb H., Vandenplas Y., Wursch P., Guesry P. Tannin-rich carob pod for the treatment of acute-onset diarrhea. *J. Pediatr. Gastroenterol. Nutr.* 1989;8:480–485. doi: 10.1097/00005176-198905000-00010
- 39) Loullis A., & Pinakoulaki E. (2018). Carob as cocoa substitute: a review on composition, health benefits and food applications. *European Food Research and Technology*, 244, 959–977. 10.1007/s00217-017-3018-8
- 40) Luykx D. M. A. M., & van Ruth S. M. (2008). An overview of analytical methods for determining the geographical origin of food products. *Food Chemistry*, 107, 897–911. 10.1016/j.foodchem.2007.09.038
- 41) Manso T., Nunes C., Raposo S., and Lima-Costa M. E. (2010). Carob pulp as raw material for production of the biocontrol agent *P. agglomerans* PBC-1. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 37, 1145- 1155.
- 42) Milek Dos Santos L., Tomzack Tulio L., Fuganti Campos L., Ramos Dorneles M., Carneiro Hecke Kruger C. Glycemic response to carob (*Ceratonia siliqua* L.) in healthy subjects and with the in vitro hydrolysis index. *Nutr. Hosp.* 2015;31:482–487
- 43) Miyazawa R., Tomomasa T., Kaneko H., Arakawa H., Morikawa A. Effect of formula thickened with reduced concentration of locust bean gum on gastroesophageal reflux. *Acta Paediatr.* 2007;96:910–914. doi: 10.1111/j.1651-2227.2007.00279.x
- 44) Ortega N, Macià A, Romero MP, Reguant J, Motilva MJ. Matrix composition effect on the digestibility of carob flour phenols by an in-vitro digestion model. *Food Chem.* 2011;124:65–71. doi: 10.1016/j.foodchem.2010.05.105
- 45) Ortega N., Macia A., Romero M. P., Trullols E., Morello J. R. N., Angles N., and Motilva M. J. (2009). Rapid Determination of Phenolic Compounds and Alkaloids of Carob Flour by Improved Liquid Chromatography Tandem Mass Spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57, 7239- 7244.
- 46) Padhi EMT, Hawke A, Liu R, Zhu H, Duncan AM, Tsao R, Ramdath DD. Tracking isoflavones in whole soy flour, soy muffins and the plasma of hypercholesterolaemic adults. *J Funct Foods.* 2016;24:420–428. doi: 10.1016/j.jff.2016.04.027
- 47) Papaefstathiou, Eleni et al. “Nutritional characterization of carobs and traditional carob products” *Food science & nutrition* vol. 6,8 2151-2161. 4 Oct. 2018, doi:10.1002/fsn3.776

Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο

Τμήμα Επιστημών Διατροφής και Διαιτολογίας

- 48) Pawłowska K, Kuligowski M, Jasińska-Kuligowska I, et al. Effect of Replacing Cocoa Powder by Carob Powder in the Muffins on Sensory and Physicochemical Properties. *Plant Foods Hum Nutr.* 2018;73(3):196-202. doi:10.1007/s11130-018-0675-0
- 49) Perez-Olleros L., Garcia-Cuevas M., Ruiz-Roso B., Requejo A. Comparative study of natural carob fibre and psyllium husk in rats. Influence on some aspects of nutritional utilisation and lipidaemia. *J. Sci. Food Agric.* 1999;79:173–178. doi: 10.1002/(SICI)1097-0010(199902)79:2<173::AID-JSFA161>3.0.CO;2-Z.
- 50) Plat, J., Baumgartner, S., & Mensink, R. P. (2015). Mechanisms Underlying the Health Benefits of Plant Sterol and Stanol Ester Consumption. *Journal of AOAC International*, 98(3), 697–700. doi:10.5740/jaoacint.sgeplat
- 51) Primikyri A., Chatziathanasiadou M.V., Karali E., Kostaras E., Mantzaris M.D., Hatzimichael E., Shin J.S., Chi S.W., Briasoulis E., Kolettas E., et al. Direct binding of Bcl-2 family proteins by quercetin triggers its pro-apoptotic activity. *ACS Chem. Biol.* 2014;9:2737–2741. doi: 10.1021/cb500259e.
- 52) Quílez J, Bulló M, Salas-Salvadó J. Improved postprandial response and feeling of satiety after consumption of low-calorie muffins with maltitol and high-amylose corn starch. *J Food Sci.* 2007;72:407–411. doi: 10.1111/j.1750-3841.2007.00408.x
- 53) Rizzo V., Tomaselli F., Gentintile A., Malfa S. L., and Maccarone E. (2004). Rheological Properties and Sugar Composition of Locust Bean Gum from Different Carob Varieties (*Ceratonia siliqua* L.). *Journal of Science of Food and Agriculture*, 52,7925-7930
- 54) Rosa CS, Tessele K, Prestes RC, et al. Effect of substituting of cocoa powder for carob flour in cakes made with soy and banana flours. *Int Food Res J.* 2015;22:2111–2118
- 55) Rubis B, Paszel A, Kaczmarek M, Rudzinska M, Jelen H, Rybczynska M. Beneficial or harmful influence of phytosterols on human cells? *Br J Nutr.* 2008;100:1183–1191. doi: 10.1017/S0007114508981423
- 56) Ruiz-Roso B., Quintela J.C., de la Fuente E., Haya J., Perez-Olleros L. Insoluble carob fiber rich in polyphenols lowers total and LDL cholesterol in hypercholesterolemic subjects. *Plant Food Hum. Nutr.* 2010;65:50–56. doi: 10.1007/s11130-009-0153-9.

Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο

Τμήμα Επιστημών Διατροφής και Διαιτολογίας

- 57) Şahin H, Topuz A, Pischetsrieder M, Özdemir F. Effect of roasting process on phenolic, antioxidant and browning properties of carob powder. *Eur Food Res Technol.* 2009;230:155–161. doi: 10.1007/s00217-009-1152-7.
- 58) Sęczyk Ł, Świeca M, Gawlik-Dziki U. Effect of carob (*Ceratonia siliqua* L.) flour on the antioxidant potential, nutritional quality, and sensory characteristics of fortified durum wheat pasta. *Food Chem.* 2016;194:637–642. doi: 10.1016/j.foodchem.2015.08.086
- 59) Shehata EMM, ElnaggarYSR, Galal S, Abdallah OY. Self-emulsifying phospholipid pre-concentrates (SEPPs) for improved oral delivery of the anti-cancer genistein: development, appraisal and ex-vivo intestinal permeation. *Int J Pharm.* 2016;511:745–756. doi: 10.1016/j.ijpharm.2016.07.078.
- 60) Siger A, Michalak M, Rudzińska M. Canolol, tocopherols, plastochromanol-8, and phytosterols content in residual oil extracted from rapeseed expeller cake obtained from roasted seed. *Eur J Lipid Sci Technol.* 2016;118:1358–1367. doi: 10.1002/ejlt.201500314
- 61) Smith B. M., Bean S. R., Schober T. J., Tilley M., Herald T. J. and Aramouni F. (2010). Composition and Molecular Weight Distribution of Carob Germ Protein Fractions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58, 7794–7800.
- 62) Son D., Lee J.W., Lee P., Bae K.H. Glycemic index of insu 100[®] herbal preparation containing koreanred ginseng, carob, mulberry, and banaba. *J. Ginseng Res.* 2010;34:89–92. doi: 10.5142/jgr.2010.34.2.089
- 63) Taylor C Wallace, M Monica Giusti, Anthocyanins, *Advances in Nutrition*, Volume 6, Issue 5, September 2015, Pages 620–622, <https://doi.org/10.3945/an.115.009233>
- 64) Tetik N., Yuksel E. Ultrasound-assisted extraction of D-pinitol from carob pods using response surface methodology. *Ultrason. Sonochem.* 2014;21:860–865. doi: 10.1016/j.ultsonch.2013.09.008.
- 65) Theophilou I. C., Neophytou C. M., & Constantinou A. I. (2017). Carob and its Components in the Management of Gastrointestinal Disorders, 2017; 1:005

Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο

Τμήμα Επιστημών Διατροφής και Διαιτολογίας

- 66) Tsatsaragkou K., Yiannopoulos S., Kontogiorgi A., Poulli E., Krokida M., Mandala I. Effect of carob flour addition on the rheological properties of gluten-free breads. *Food Bioprocess. Technol.* 2014;7:868–876. doi: 10.1007/s11947-013-1104-x.
- 67) Turhan, I., Bialka, K. L., Demirci, A., & Karhan, M. (2010). Ethanol production from carob extract by using *Saccharomyces cerevisiae*. *Bioresource Technology*, 101(14), 5290–5296. doi:10.1016/j.biortech.2010.01.146
- 68) Valero-Munoz M., Martin-Fernandez B., Ballesteros S., Lahera V., de las Heras N. Carob pod insoluble fiber exerts anti-atherosclerotic effects in rabbits through sirtuin-1 and peroxisome proliferator-activated receptor-gamma coactivator-1 α J. *Nutr.* 2014;144:1378–1384. doi: 10.3945/jn.114.196113
- 69) Veeriah, S., Hofmann, T., Glei, M., Dietrich, H., Will, F., Schreier, P., Knaup, B., & Pool-Zobel, B. L. (2007). Apple polyphenols and products formed in the gut differently inhibit survival of human cell lines derived from colon adenoma (LT97) and carcinoma (HT29). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(8), 2892–2900. <https://doi.org/10.1021/jf063386r>
- 70) Wang Y., Belton P. S., Bridon H., Garanger E., Wellner N., Parker M. L., Grant A., Feillet P. and Noel T. R. (2001). Physicochemical Studies of Caroubin: A Gluten-like Protein. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 3414-3419.
- 71) Wursch P. Treatment of Diarrhoea with Compositions Derived from Carob Pod. 5,043,160 A. U.S. Patent. 1991 Aug 27;
- 72) Yamamoto Y., Sogawa I., Nishina A., Saeki S., Ichikawa N., Iibata S. Improved hypolipidemic effects of xanthan gum-galactomannan mixtures in rats. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 2000;64:2165–2171. doi: 10.1271/bbb.64.2165
- 73) Youssef M. K. E., El-Manfaloty M. M., & Ali H. M. (2013). Assessment of proximate chemical composition, nutritional status, fatty acid composition and phenolic compounds of carob (*Ceratonia siliqua* L.). *Healthcare Foodservice Magazine.*, 3, 304–308.

Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο

Τμήμα Επιστημών Διατροφής και Διαιτολογίας

- 74) Zavoral J.H., Hannan P., Fields D.J., Hanson M.N., Frantz I.D., Kuba K., Elmer P., Jacobs D.R., Jr. The hypolipidemic effect of locust bean gum food products in familial hypercholesterolemic adults and children. *Am. J. Clin. Nutr.* 1983;38:285–294
- 75) Zepon KM, Martins MM, Marques MS, et al. Smart wound dressing based on κ-carrageenan/locust bean gum/cranberry extract for monitoring bacterial infections. *Carbohydr Polym.* 2019;206:362-370. doi:10.1016/j.carbpol.2018.11.014
- 76) Zunft H.J., Luder W., Harde A., Haber B., Graubaum H.J., Koebnick C., Grunwald J. Carob pulp preparation rich in insoluble fibre lowers total and LDL cholesterol in hypercholesterolemic patients. *Eur. J. Nutr.* 2003;42:235–242. doi: 10.1007/s00394-003-0438-y.