



ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ - ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΙΤΛΟΣ : ΕΧΟΥΝ ΤΑ ΦΡΑΓΚΟΣΥΚΑ (OPUNTIA FICUS-INDICA)

ΑΝΤΙΔΙΑΒΗΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ;

**TITLE: DOES OPUNTIA FICUS-INDICA HAVE ANTIDIABETIC AND
ANTIOXIDANT PROPERTIES?**



ΜΟΙΡΟΥΛΗ ΓΕΩΡΓΙΑ Α.Μ. 20957

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ

ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ ΣΚΕΝΔΕΡΗ

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ ΣΚΕΝΔΕΡΗ

ΑΝΤΩΝΙΑ ΧΙΟΥ

ΒΑΙΟΣ ΚΑΡΑΘΑΝΟΣ

Η Γεωργία Μοιρούλη

δηλώνω υπεύθυνα ότι:

- 1)** Είμαι ο κάτοχος των πνευματικών δικαιωμάτων της πρωτότυπης αυτής εργασίας και από όσο γνωρίζω η εργασία μου δε συκοφαντεί πρόσωπα, ούτε προσβάλει τα πνευματικά δικαιώματα τρίτων.

- 2)** Αποδέχομαι ότι η ΒΚΠ 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.

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή.....	6
1. Φραγκόσυκο (<i>Opuntia spp</i>).....	7
1.1 Βοτανική Περιγραφή.....	7
1.2 Περιβάλλον και ανάπτυξη.....	9
1.3 Ιστορία και χρήση	11
2. Θρεπτικά συστατικά του φραγκόσυκου.....	13
3.1 Βεταλαίνες.....	13
3.2 Πολυφαινόλες.....	15
3.3 Βιταμίνες, Καροτένια	15
3.4 Αμινοξέα	17
3.5 Υδατάνθρακες και Φυτικές ίνες.....	18
3.6 Λιπαρά οξέα	18
3.7 Μέταλλα	19
4. Φραγκόσυκο – τροφή και φάρμακο.....	19
4.1 Φραγκόσυκο ως τροφή	20
4.2 Κίνδυνοι.....	20
4.3 Φαρμακολογική και θεραπευτική δράση	21
4.3.1 Σακχαρώδης Διαβήτης.....	21
4.3.2 Αθηροσκλήρωση.....	28
4.3.3 Μεταβολικό σύνδρομο και καρδιαγγειακά	30
4.3.4 Ηπατοπροστατευτικός ρόλος του φραγκόσυκου	32
4.3.5 Καρκίνος.....	33
4.3.6 Έλκος.....	34
4.3.7 Αντιοξειδωτική ικανότητα	35
4.3.8 Άλλες πιθανές ευεργετικές δράσεις του φραγκόσυκου.....	36
5. Συζήτηση - Συμπεράσματα.....	39
Βιβλιογραφία.....	41

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η φραγκοσουκιά είναι κάκτος (*Opuntia* spp) και παράγει 200-1500 είδη. Ένα από αυτά τα είδη είναι το *Opuntia ficus-indica*. Στην Λατινική Αμερική οι κάκτοι θεωρούνται μια σημαντική διατροφική πηγή, μεταξύ των οποίων το *Opuntia* να έχει αποκτήσει την μεγαλύτερη διατροφική σημασία.

Τα τελευταία χρόνια τα φυσικά προϊόντα που χρησιμοποιούνται ως εναλλακτικές θεραπείες για την βελτίωση της συνολικής ευεξίας, καθώς και την πρόληψη των ασθενειών έχουν τραβήξει πολύ την προσοχή των επαγγελματιών υγείας. Ένα από αυτά είναι το φραγκόσυκο. Το φραγκόσυκο εκτός από την παραγωγή της κοχελίνης, χρησιμοποιούταν από παλιά ως τροφή, αλλά και ως φάρμακο.

Ο κάκτος *Opuntia* spp. λόγω των πολλών θρεπτικών συστατικών που περιέχει όπως είναι οι φυτικές ίνες, τα αμινοξέα, μέταλλα και λιπαρά οξέα, αλλά και η υψηλή περιεκτικότητά του σε αντιοξειδωτικά (βιτ. C, βιτ. E, βεταλαΐνες, πολυφαινόλες, β-καροτένιο) το καθιστά τέλειο υποψήφιο για την πρόληψη χρόνιων νοσημάτων.

Η βιβλιογραφική ανασκόπηση έγινε σε μελέτες οι οποίες πραγματοποιήθηκαν είτε σε ζώα, είτε σε ανθρώπους. Ο σκοπός της παρούσας βιβλιογραφικής ανασκόπησης ήταν να εξετάσει εάν η πρόσληψη του φραγκόσυκου έχει αντιοξειδωτικές ιδιότητες, καθώς και αν υπάρχει θετική επίδραση στα νοσήματα όπως ο Σακχαρώδης Διαβήτης, καρδιαγγειακά κ.α.

Έπειτα από την ανασκόπηση των κλινικών μελετών φαίνεται το φραγκόσυκο να έχει ευεργετικές δράσεις στις χρόνιες παθήσεις λόγω της περιεκτικότητας του σε αντιοξειδωτικά και βιταμίνες. Παρά το γεγονός ότι το φραγκόσυκο χρησιμοποιείται αρκετά σε πολλές χώρες χρειάζεται να πραγματοποιηθούν περισσότερες μελέτες διότι υπάρχει έλλειψη εμπεριστατωμένων μελετών σχετικά με το μηχανισμό δράσεις των δραστικών συστατικών του. Όλες οι μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί μέχρι στιγμής αφορούν μικρό πληθυσμό ατόμων.

Συμπερασματικά η χρήση του φραγκόσυκου δεν πρέπει σε καμία περίπτωση να αντικαθιστά τις επίσημες ιατρικές θεραπείες για τις μακροχρόνιες ασθένειες, εφόσον δεν υπάρχουν κλινικές αποδείξεις να επιβεβαιώνουν την χρήση του. Στην περίπτωση όμως που το φραγκόσυκο καταναλώνεται παράλληλα με τη φαρμακευτική αγωγή, πιθανά να έχει ευεργετικά αποτελέσματα.

Λέξεις κλειδιά: Φραγκόσυκο, Διατροφή, Θρεπτικά Συστατικά, Αντιοξειδωτικά, Σακχαρώδης Διαβήτης

ABSTRACT

The prickly pear is a cactus (*Opuntia* spp) and produces 200-1500 species. One of them is *Opuntia ficus-indica*. In Latin America, cacti are considered an important nutritional source, among which *Opuntia* has the greatest nutritional importance.

The past years, the natural products used as alternative therapies for the improvement of the total well-being, as well as for the prevention of diseases, have drawn the attention of the health professionals. One of these products is prickly pear. The latter, apart from the production of cochineal, it used to be consumed for years, as food and as a medicine.

Cactus *Opuntia* spp, due to the numeral nutritional ingredients that contains, such as plant fibers, aminoacids, metals and fatty acids, as well as its high antioxidants content (vitamins C, E, betalains, polyphenols, b-carotene), is rendered as the perfect candidate for the provision of long-term diseases.

The bibliography review has been performed upon studies was done either on animas, or on humans. The scope of the present bibliography review was to examine whether the intake of the *Opuntia ficus-indica* has antioxidant properties, as well as whether there is a positive impact on diseases such as Diabetes Mellitus, cardiovascular, etc.

After the review of the clinical studies, it seems that the prickly pear has beneficial actions on the chronic diseases, due to its content in antioxidants and vitamins. In spite of the fact that the prickly pear is widely used in several countries, there is a need for further studying, as there is a lack of detailed studies regarding the action mechanism of its active ingredients.

In conclusion, the use of the prickly pear should not in any case, replace the official medical treatments for chronic diseases, since there are no clinical evidences to confirm its use. However, in case that the prickly pear is used simultaneously with medication, it is possible to have beneficial results.

Keywords: Prickly Pear, Nutrition, Nutrients, Antioxidants, Diabetes

1. Εισαγωγή

Ο Σακχαρώδης Διαβήτης (ΣΔ) είναι μια μεταβολική διαταραχή που χαρακτηρίζεται από υπεργλυκαιμία, ανώμαλο μεταβολισμό των λιπιδίων και πρωτεϊνών μαζί με μακροχρόνιες επιπλοκές που επηρεάζουν τον αμφιβληστροειδή, τα νεφρά και το νευρικό σύστημα [1]. Ο ΣΔ έχει σημαντικές επιπτώσεις στην υγεία, την ποιότητα και το προσδόκιμο ζωής των ασθενών, αποτελεί ένα μείζον πρόβλημα δημόσιας υγείας που πλήττει σήμερα 382 εκατομμύρια άτομα παγκοσμίως και σύμφωνα με τις τελευταίες εκτιμήσεις της Διεθνή Ομοσπονδίας του Διαβήτη αναμένεται να επηρεάσει 438,4 εκατομμύρια ενήλικες μέχρι το 2030 και να γίνει μια από τις κύριες αιτίες θνησιμότητας ανά τον κόσμο [2].

Οι συνήθεις θεραπείες των διαβητικών περιλαμβάνουν αντιδιαβητικά φάρμακα είτε σε μορφή χαπιού, είτε ενέσιμη ινσουλίνη (ΣΔ 1). Ωστόσο, σε πολλές περιπτώσεις η διαχείριση των επιπέδων σακχάρου γίνεται μέσω υγιεινής διατροφής και αύξησης της σωματικής άσκησης [3]. Είναι αναμενόμενο πως στα άτομα τα οποία πάσχουν από ΣΔ μειώνεται η ποιότητα ζωής, αυξάνοντας έτσι τις πιθανότητες σοβαρών επιπλοκών, το οποίο για αρκετούς ανθρώπους είναι ένα κίνητρο για να αλλάξουν τον τρόπο ζωής τους και να αναζητήσουν εναλλακτικές θεραπείες [4, 5].

Τα φυσικά προϊόντα που χρησιμοποιούνται ως εναλλακτικές θεραπείες για την βελτίωση της συνολικής ευεξίας, καθώς και την πρόληψη των ασθενειών έχουν τραβήξει πολύ την προσοχή τόσο των επαγγελματιών υγείας, όσο και μη. Όλα τα είδη φρούτων και λαχανικών ή αλλιώς «φαρμακοτρόφιμα», έχουν επαναξιολογηθεί και αναγνωριστεί ως πολύτιμες τροφές για την υγεία μας [6]. Ένα από τα πολλά τρόφιμα με ευεργετικές ιδιότητες, είναι και το φραγκόσυκο (*Opuntia* spp.) το οποίο περιέχει μεγάλο αριθμό ενεργών θρεπτικών συστατικών όπως βεταλαΐνες, πρωτεΐνες, φυτικές ίνες, μέταλλα, βιταμίνες και αντιοξειδωτικά [6].

Μέχρι τις αρχές του 1980 δεν επικρατούσε ιδιαίτερο ενδιαφέρον για το συγκεκριμένο φυτό στην επιστημονική κοινότητα, μέχρι που μερικές μελέτες ανέφεραν τις βιολογικές ιδιότητες του φραγκόσυκου. Συγκεκριμένα, έχουν περιγράψει τη χημική σύσταση και την θρεπτική αξία του φραγκόσυκου και ως επακόλουθο την αντιδιαβητική και την αντιοξειδωτική του δράση, το οποίο έχει προσελκύσει την προσοχή τόσο των επιστημόνων των τροφίμων και της υγείας, όσο και των φαρμακοβιομηχανιών [7]. Παρόλα

αυτά υπάρχει έλλειψη των μελετών σχετικά με τους μηχανισμούς δράσης του στον ανθρώπινο μεταβολισμό και έτσι το συγκεκριμένο φυτό παραμένει αρκετά ανεκμετάλλευτο [6].

1. Φραγκόσυκο (*Opuntia* spp)

Η φραγκοσυκιά κατάγεται από το Μεξικό και είναι από τα πρώτα αμερικάνικα φυτά που ήρθαν στην Ευρώπη [8]. Ο κάκτος *Opuntia* (Εικόνα 1) (γένους *Opuntia*, υποοικογένεια *Opuntioideae*, οικογένεια *κακτοειδών* - *Cactaceae*) παράγει περίπου 200-1500 είδη και αναπτύσσεται κυρίως σε ξηρές (λιγότερο από 250 mm ετήσια βροχόπτωση) και ημι-άνυδρες (ετήσια βροχόπτωση 250-450 mm) ζώνες. Το επιστημονικό όνομα *Opuntia* δόθηκε από τον Σουηδό Κάρολο Λινναίο για την ομοιότητα του με ένα αινιγματικό φυτό που αναφέρει ο Θεόφραστος (φιλόσοφος της αρχαιότητας), σύμφωνα με τον οποίον, ήταν ένα edώδιμο φυτό το οποίο μπορούσε να διαδοθεί με ριζοβολία από τα φύλλα του [9].



Εικόνα 1. Φραγκοσυκιά , φρούτα και κλαδώδια

<https://www.esciencecentral.org>

Στις αρχές του 16^{ου} αιώνα η φραγκοσυκιά η οποία φύτευε καθ' όλη την έκταση της Αμερικάνικης ηπείρου ήταν από τα πρώτα φυτά που έφεραν οι Ισπανοί εξερευνητές. Μερικές από τις κοινές Αγγλικές ονομασίες για το φυτό αυτό και τον καρπό του είναι : «Ινδικό σύκο οπούντια», «σύκο βαρβαρίας», «κάκτος αχλάδι» και «αγκαθωτό αχλάδι». Το όνομα του είδους «ινδικό σύκο» είτε προέρχεται από την ινδική συκή του Θεόφραστου, είτε ίσως να δηλώνει την ινδική (τότε δυτική Ινδία η Αμερική) προέλευσή του [10]. Οι πιο κοινές ονομασίες για τα είδη *Opuntia* είναι *poral* – νοπάλ, *tuna* – τούνα, και φραγκοσυκιά. Το ισπανικό όνομα *tuna* προήλθε από τη Καραϊβική λέξη «tun» η οποία σημαίνει καρπός. Η ονομασία *poral* προέρχεται από τη Νάουατλ λέξη *nohralli* – νοπαλλί για τα επιθέματα του φυτού [11].

1.1 Βοτανική Περιγραφή

Η φραγκοσυκιά είναι κάκτος, πολυετής, δενδρόμορφος, παχύφυτος, πυκνόμορφος, αειθαλής, με ξυλώδη κορμό και με βλαστό όρθιο που φτάνει 3-5 μέτρα ύψος. Περίπου 200 είδη του γένους *Opuntia* αποτελούνται κυρίως από θαμνώδη, χαμηλά αναπτυσσόμενη

μάζα που σχηματίζει φυτά με κυλινδρικά ή πεπλατυσμένα τμήματα μίσχων με τις μεγάλες αγκαθωτές ακίδες μήκους 30-40 εκατοστά [12].

Ρίζα είναι το μέρος του φυτού το οποίο αναπτύσσεται μέσα στο έδαφος και εκτελεί δύο βασικές λειτουργίες. Η πρώτη είναι ότι στερεώνει το φυτό στο έδαφος και η δεύτερη ότι απορροφά από αυτό νερό και θρεπτικά συστατικά. Το ριζικό σύστημα της επιφάνειας είναι πυκνότατο και έχει την ιδιορρυθμία να ανανεώνεται κάθε χρόνο. Οι ρίζες που τίθενται σε αδράνεια, δηλαδή οι νεκρές, πλουτίζουν το έδαφος με άφθονη οργανική ύλη. Γίνεται μια πρώτης τάξεως λίπανση. Για αυτό οι φραγκοσυκιές είναι πάντα ακμαίες έστω και αν φύονται σε βραχώδη εδάφη. Η φραγκοσυκιά μεγαλώνει συνήθως με επίπεδα, στρογγυλεμένα κλαδώδια (cladodes), που ονομάζονται επίσης platyclades. Οι βλαστοί όλων των κάκτων φέρουν τροποποιημένα κλαδιά, τα περιοχίδια (areoles), τα οποία μοιάζουν με μικρά εξογκώματα, πάνω στα οποία εκφύονται δυο ειδών αγκάθια : τα μεγάλα, που μπορεί να φτάνουν λίγα εκατοστά, μοιάζουν με καρφιά και προέρχονται από τροποποιημένα φύλλα όπως σε όλους τους κάκτους, και τα γλωχίδια, μικροσκοπικά αγκάθια που αποσπώνται εύκολα και κολλούν στο δέρμα, στα ρούχα και γενικά παντού. Τα γλωχίδια είναι τροποποιημένες τρίχες του φυτού, και μπορούν να βρεθούν και σε λίγα ακόμα συγγενικά γένη.

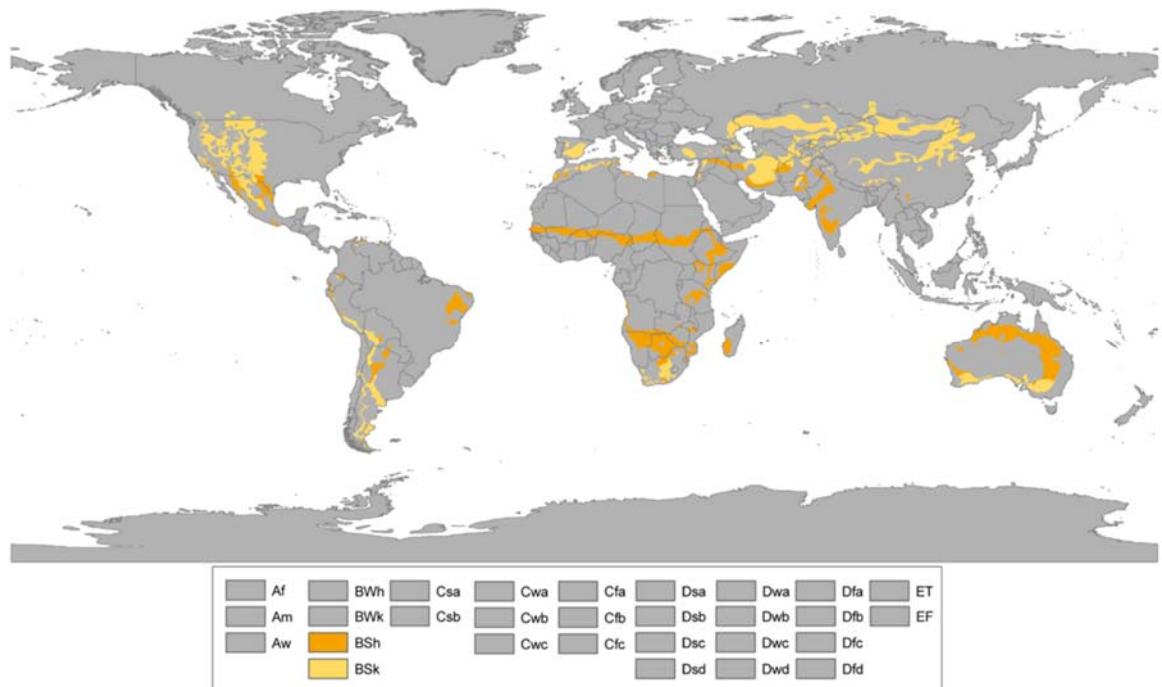
Τα άνθη του φέρουν την ωοθήκη που είναι υποφυής και μονόχωρος, και ο στύλος καταλήγει σε ένα πολλαπλό στίγμα. Δημιουργούνται πάνω σε βλαστούς συνήθως 1 – 10 εκατοστά σε διάμετρο. Βρίσκονται επάνω σε εξογκώματα που ευρίσκονται προς την κορυφή του πεπλατυσμένου βλαστού, ή στην επιφάνεια εκείνη που είναι περισσότερο εκτεθειμένη στον ήλιο. Τα πέταλα και τα σέπαλα είναι πολλαπλά και διατεταγμένα σπειροειδώς από την κορυφή του φυτού. Οι στήμονες είναι πολυάριθμοι, τα σέπαλα είναι πολύ μικρά, μόλις διακρίνονται, ενώ τα πέταλα είναι ευδιάκριτα με χρώμα κίτρινο-πορτοκαλί. Τα φύλλα της είναι μικρά, εύπτωτα, βελονοειδή, σκληρά, μυτερά όργανα. Ο καρπός του είναι το φραγκόσυκο. Είναι ζουμερός και παχύρρευστος και σε κάποιες ποικιλίες η μορφολογία του μπορεί να διαφέρει, π.χ. να είναι χωρίς αγκάθια ή σκληρές τρίχες. Περιέχει μεγάλο αριθμό σπερμάτων και ζυγίζει 150-450 γραμμάρια, το χρώμα του είναι ανάλογο της ποικιλίας του (κίτρινο, κόκκινο, λευκό). Πολλοί τύποι φραγκοσυκιών εξελίσσονται σε πυκνές, μπερδεμένες δομές [12].

1.2 Περιβάλλον και ανάπτυξη

Ευδοκίμει σε θερμούς και ηλιόλουστους τόπους, χωρίς ιδιαίτερη προτίμηση στο έδαφος, αρκεί αυτό να μην είναι υγρό ή να στραγγίζεται καλώς. Ήτοι σε βραχώδεις, πετρώδεις, αμμώδεις, ξηρές τοποθεσίες, σε αβαθή εδάφη ή μέτριου βάθους, φτωχά σε οργανική ύλη, οξέα ή ελαφρώς αλκαλικά και όπου άλλη καλλιέργεια είναι δύσκολη έως αδύνατη. Η μεγαλύτερη συγκέντρωση των ειδών του βρίσκονται σε ξηρές και ημίξηρες περιοχές του Μεξικού [13]. Για να επιβιώσει σε ζεστά κλίματα η φραγκοσυκιά έχει την ικανότητα να αποθηκεύει μεγάλες ποσότητες νερού μέσα στους ιστούς της, οι οποίοι συνήθως βρίσκονται στον κορμό. Για αυτό η κατηγορία λέγεται παχύφυτα ή σαρκόφυτα. Επίσης τα φύλλα της φραγκοσυκιάς επιτυγχάνουν δυο στόχους: α) μειώνουν την διαπνοή ώστε να μη χάνεται το αποταμιευμένο νερό και β) προστατεύουν από τα φυτοφάγα ζώα. Στη φύση προσφέρει την αντιδιαβρωτική του δύναμη, τροφή σε ανθρώπους και ζώα, πόσιμο νερό από τα κλαδώδιά του και άλλα πολλά. Επιπλέον, οι κάκτοι για να επιβιώσουν σε ξηρό περιβάλλον χρησιμοποιούν τον μεταβολισμό των οξέων τύπου Crassulaceae (CAM). Το CO₂ εισέρχεται στα φύλλα κατά τη διάρκεια της νύχτας, όταν τα στόματα είναι ανοιχτά και δεσμεύεται από οργανικά οξέα που προέρχονται από τη διάσπαση των υδατανθράκων. Την ημέρα τα οργανικά οξέα αυτά, κυρίως μηλικό και ισοκριτικό διασπώνται σε CO₂ και νερό που χρησιμοποιούνται για τη φωτοσύνθεση, ενώ τα στόματα κατά τη διάρκεια της ημέρας είναι κλειστά για τη διατήρηση του νερού. Το τελικό αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι η εξοικονόμηση του νερού [14].

Επειδή μπορεί να αντέξει σε παρατεταμένη ξηρασία, θεωρείται ως μια εναλλακτική καλλιέργεια για ξηρές περιοχές [15]. Λόγω της αξιοσημείωτης γενετικής ποικιλομορφίας του, τα φυτά *Opuntia* λόγω της υψηλής οικολογικής προσαρμοστικότητας, μπορούν να συναντώνται σε μέρη σχεδόν όλων των κλιματολογικών συνθηκών όπως είναι η Βόρεια, Κεντρική και Νότια Αμερική, τη Μεσόγειο, τη Βόρεια, Κεντρική και τη Νότια Αφρική, τη Μέση Ανατολή, Αυστραλία, όπως επίσης και στην Ινδία (Εικόνα 2) [16, 17]. Αντέχει σε ακραίες διακυμάνσεις θερμοκρασίας και είναι ευπροσάρμοστο σε διάφορα εδάφη. Η προσαρμογή σε άνυδρα και ημι-άνυδρα κλίματα τους επιτρέπει να είναι πολύτιμος πόρος για την γεωργία [18]. Είναι ένα από τα λίγα φυτά που μπορούν να καλλιεργηθούν σε περιοχές που προσφέρουν πολύ μικρή πιθανότητα ανάπτυξης για κοινά φρούτα και λαχανικά [19]. Η καλλιέργεια του συγκεκριμένου φυτού πραγματοποιείται στην Ισπανία,

το Μεξικό, τη Βραζιλία, τη Χιλή, την Αργεντινή και την Καλιφόρνια [20]. Ακόμα και σήμερα, ο κάκτος *Opuntia* χρησιμοποιείται ως πηγή φρούτων, λαχανικών, φαρμάκων και καλλυντικών, όπως και για τη παραγωγή ζωοτροφών, οικοδομικών υλικών και φυσικών χρωμάτων [16, 21]. Ο κάκτος χρησιμοποιείται κυρίως για τη παραγωγή φρούτων, όμως σε ορισμένες χώρες το καταναλώνουν και ως λαχανικό. Στην Αφρική και στην Αμερική η καλύτερη περίοδος συγκομιδής του φραγκόσκου είναι από τον Απρίλιο έως τον Αύγουστο και στις Μεσογειακές χώρες είναι από τον Νοέμβριο έως τον Δεκέμβριο [22, 23].



Εικόνα 2. Περιοχές με ημι-άνυδρα κλίματα.  BSh θερμό ημι-άνυδρο κλίμα.  BSk ψυχρό ημι-άνυδρο κλίμα.
[Koppen World Map Hi-Res.png](#): Peel, M. C., Finlayson, B. L., and McMahon, T. A.
 (University of Melbourne)

Η επικονίαση του φραγκόσκου γίνεται κατά κύριο λόγο από τις μέλισσες [13]. Η εξάπλωση των σπόρων της φραγκοσυκιάς πραγματοποιείται κατά κύριο λόγο από τα θηλαστικά και τα πουλιά [24]. Στους καρπούς της φραγκοσυκιάς κάνουν επιδρομές και τα μυρμήγκια τα οποία, εκτός από το να τρέφονται με σπόρους, μπορούν και να τους

εξαπλώσουν όταν κατά λάθος χάσουν μερικούς κατά τη μεταφορά στις φωλιές τους. Το φραγκόσυκο πολλαπλασιάζεται δύσκολα με σπέρματα, ευκολότερα όμως με μοσχεύματα, (αγενής γένεσης ή αγενής πολλαπλασιασμός), δηλαδή κομμάτια των φυλλοκλαδίων που αφήνονται μερικές ημέρες στο ύπαιθρο και κατόπιν φυτεύονται [13].

1.3 Ιστορία και χρήση

Η ιστορία του φραγκόσυκου είναι στενά συνυφασμένη με την ανθρωπότητα και την εμπορική χρήση του ως πηγή τροφίμων, ζωοτροφών και ως χρωστική ουσία. Η φραγκοσυκιά είναι ένα σημαντικό οικονομικό και πολιτιστικό σύμβολο το οποίο βρίσκεται μέχρι και στην εθνική σημαία του Μεξικού. Το οικόσημο του Μεξικού απεικονίζει ένα Μεξικανικό χρυσαετό, σκαρφαλωμένο πάνω σε ένα κάκτο *Opuntia*, κρατώντας ένα κροταλιά (Εικόνα 3)



Εικόνα 3.
Mexico coat of arms.png

[11]. Το φραγκόσυκο έχει αρκετές χρήσεις (πηγή τροφής, στην ιατρική κτλ), κυρίως όμως καλλιεργούνταν για την παραγωγή της κοχενίλης (*Dactylopius coccus*), ενός παρασιτικού κακκοειδούς εντόμου προσαρμοσμένο μόνο για αυτό το γένος φυτών, το σώμα του οποίου δίνει κόκκινη βαφή. Το *Dactylopius coccus*, είναι ένα έντομο από το οποίο προέρχεται η βαφή κοχενίλη. Τα έντομα αυτά ζουν στους κάκτους του γένους *Opuntia* (*Opuntia*), τρέφονται με την υγρασία και τα θρεπτικά συστατικά του κάκτου. Το έντομο παράγει καρμινικό οξύ, το οποίο αποτρέπει τη θήρευσή του από τα άλλα έντομα. Το καρμινικό οξύ μπορεί να εξαχθεί από το σώμα και τα αυγά του εντόμου, για να κάνει το κόκκινο χρώμα. [25].

Οι Μάγια και οι Αζτέκοι χρησιμοποιούσαν αρκετά την ερυθρή βαφή για τη ζωγραφική, τη συγγραφή κωδικών, τη βαφή των ενδυμάτων, αλλά και του σώματος. Για τους Αζτέκους η κόκκινη κοχενίλη και η βιομηχανία της ήταν πιο πολύτιμη και από τον χρυσό. Η χρωστική αυτή ουσία ήταν από της πιο φωτεινές, είχε βαθύ κόκκινο χρώμα και έγινε πολύ γρήγορα από τα πιο πολύτιμα προϊόντα προς εξαγωγή μετά τον χρυσό και το ασήμι. Οι Ισπανοί για περισσότερα από 250 χρόνια είχαν διατηρήσει τον εμπορικό αποκλεισμό στις εξαγωγές των ζωντανών εντόμων από την Ινδία και το Μεξικό, όπως και τον γενικό έλεγχο του εμπορίου της χρωστικής ουσίας. Το εμπόριο της κοχενίλλης ήταν ιδιαίτερα τιμημένο σε όλη την Ευρασία και ως εκ τούτου ήταν εξαιρετικά πολύτιμη για τους Ισπανούς. Τελικά



Εικόνα 4. Παραδοσιακή «φωλιά Zapotec» καλλιέργειας του εντόμου της κοχενίλης (*cochineal*) στην Οπουντία την ινδική συκή (*Opuntia ficus-indica*)
<http://www.go-oaxaca.com/newsletter/cochineal.html>

έγιναν προσπάθειες και σε άλλα μέρη του κόσμου για τη εισαγωγή της φραγκοσυκιάς και των εντόμων για την παραγωγή κοχενίλλης. Οι περισσότερες προσπάθειες δεν ήταν επιτυχείς με την αξιοσημείωτη διαφορά των Κανάριων Νησιών, όπου η παραγωγή συνεχίζεται μέχρι και σήμερα. Το ενδιαφέρον για την κοχενίλλη μειώθηκε κατά πολύ μετά την εισαγωγή των συνθετικών χρωστικών ανιλίνης στα τέλη του 19^{ου} αιώνα. Μια μικρή παραγωγή κοχενίλλης διατηρείται από τη φαρμακευτική βιομηχανία ως φυσική και αβλαβής χρωστική ουσία [26].

Εκτός από τη χρήση του φραγκόσυκου για την εκτροφή της κοχενίλλης, τα αγκάθια των κάκτων, οι εξωτικές δομές και τα όμορφα λουλούδια του παραμένουν μέχρι και σήμερα ακαταμάχητα αξιοθέατα. Είδη κάκτων, συμπεριλαμβανομένου του *Opuntia* γρήγορα εισάχθηκαν για κήπους σε όλη την Νότια Ευρώπη και αργότερα χρησιμοποιήθηκαν ως φυσική γεωργική περίφραξη. (Εικόνα 4) [26].

Σχεδόν από την αρχή της ανακάλυψης του φραγκόσυκου από τους Ισπανούς, υπήρχε ενδιαφέρον για τη χρήση του για ξηρές και ημίξηρες περιοχές του κόσμου ως τροφή και ζωοτροφή. Το φραγκόσυκο ήταν ένα από τα βασικά είδη διατροφής μαζί με το καλαμπόκι. Η χρήση της *Opuntia* ως καλλιέργεια κτηνοτροφικών φυτών φαίνεται να είναι πολύ πιο πρόσφατη (17 αιώνας) και ξεκίνησε με την εισαγωγή των βοοειδών (*Bos taurus*), το οποίο προκάλεσε ταχεία εξάντληση φυσικού λιβαδιού στις ημίξηρες και ξηρές περιοχές του Μεξικού και νοτιοδυτικά στις Ηνωμένες Πολιτείες [27].

Τα βοοειδή τρέφοντας με φραγκοσυκίες χωρίς να έχει γίνει η αφαίρεση της σπονδυλικής στήλης, οδήγησε τα ζώα να είναι γεμάτα με αγκάθια στο δέρμα, τους μυς και στα στόματά τους. Ωστόσο, αυτό το θεωρούσαν προτιμότερο από τον θάνατο των βοοειδών από την αφαγία. Τα «φύλλα» του φραγκόσυκου από διατροφικής πλευράς ήταν μέτρια, όμως παρείχαν σημαντική πηγή νερού στα βοοειδή κατά τις περιόδους ξηρασίας. Οι φραγκοσυκίες χρειάζονται περίπου 5 χρόνια για να επανιδρυθούν μετά τη εκτεταμένη χρήση τους ως τροφή [26].

Το φραγκόσυκο χρησιμοποιείται και ως τροφή για ανθρώπους. Καταναλώνεται πολλές φορές ως φρούτο ή λαχανικό, αφού έχει φανεί από αρκετές μελέτες ότι τα θρεπτικά χαρακτηριστικά του φραγκόσυκου είναι παρόμοια με εκείνα των κοινών φρούτων και λαχανικών. Ο καρπός του φραγκόσυκου πριν καταναλωθεί θα πρέπει να καθαριστεί προσεκτικά γιατί είναι γεμάτο μικροσκοπικά αγκάθια. Επίσης, οι Μεξικανοί

χρησιμοποιούσαν το *Opuntia* για να κάνουν ένα αλκοολούχο ποτό που ονομάζεται *colonche* (κολόντσε). Εκτός των άλλων, ο καρπός του φραγκόσκου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τις μαρμελάδες και τα ζελέ, τα οποία μοιάζουν με φράουλες και τα σύκα, τόσο στο χρώμα όσο και στη γεύση [28, 29].

2. Θρεπτικά συστατικά του φραγκόσκου

Το φραγκόσικο σε ένα μεγάλο ποσοστό αποτελείται από νερό (81-90%). Ο πολτός του φραγκόσκου έχει μικρότερο ποσοστό πρωτεϊνών και φυτικών ινών σε σχέση με τη φλούδα και τους σπόρους, ενώ η φλούδα έχει μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε τέφρα από τον πολτό και τους σπόρους. Οι σπόροι έχουν τα υψηλότερα επίπεδα πρωτεϊνών, λιπιδίων και φυτικών ινών (11,8%, 6,8%, 54% αντίστοιχα). Τα κλαδώδια του είναι πλούσια σε πηκτίνη και ανόργανα συστατικά, ενώ ο καρπός είναι καλή πηγή υδατανθράκων (γλυκόζη, φρουκτόζη και άμυλο) [29]. Τέλος, το *Opuntia ficus-indica* περιέχει μεγάλη ποικιλία θρεπτικών συστατικών όπως : μέταλλα, αμινοξέα, βιταμίνες, καροτενοειδή, φαινολικές ενώσεις και φυτικές ίνες [30] (Πίνακας 1).

Πίνακας 1. Χημική Σύσταση του Φραγκόσκου σε γραμμάρια (ανά 100 g)

	Πολτός	Φλούδα	Σπόροι
Πρωτεΐνες	0,5-5,3	8,3	11,8
Λιπίδια	0,7-1	2,4	6,77
Φυτικές ίνες	20,5	40,8	54,2
Τέφρα	0,4-8,5	12,1	5,90
Υδατάνθρακες			
Σουκρόζη	0,2	2,3	0
Γλυκόζη	35	21	0
Φρουκτόζη	29,6	2,9	0

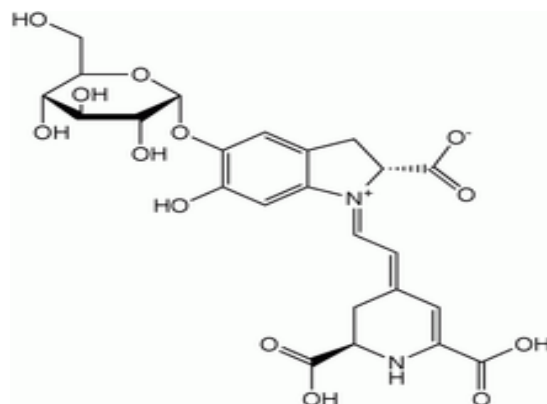
3.1 Βεταλαΐνες

Οι βεταλαΐνες είναι μια κατηγορία υδατοδιαλυτών αζωτούχων χρωστικών ουσιών που συντίθενται από το αμινοξύ τυροσίνη (Εικόνα 5), οι οποίες βρίσκονται μόνο σε έναν

περιορισμένο αριθμό φυτών, όπου αντικαθιστούν τις χρωστικές ανθοκυανίνες, και σε ορισμένους μύκητες, όπως οι βασιδιομύκητες (Εικόνα 5). [31, 32].

Υπάρχουν δυο τύποι βεταλαϊνών: οι βηταξανθίνες (ή βεταξανθίνες) που είναι χρωστικές με κίτρινο έως πορτοκαλί χρώμα (απορρόφηση στα 480nm) και οι βητακυανίνες (ή βετακυανίνες) που εμφανίζονται με κοκκινωπές έως μωβ χρωστικές (απορρόφηση στα 536nm). Το βηταλαμικό οξύ είναι το κοινό χρωμοφόρο που έχουν όλες οι βεταλαΐνες. Ανάμεσα στις βηταξανθίνες που παρουσιάζονται στα φυτά περιλαμβάνονται οι βουλγαξανθίνη, μιραξανθίνη και πορτουλαξανθίνη, και ινδικαξανθίνη και στις βητακυανίνες οι βετανίνη, ισοβετανίνη, φυλλοκακτίνη και χυλοκερενίνη. Κάθε βεταλαΐνη είναι ένα γλυκοσίδιο που περιέχει ένα σάκχαρο και ένα έγχρωμο τμήμα. Οι βηταξανθίνες είναι παράγωγα ιμμωνίου βεταλαμικού οξέος με διαφορετικές αμίνες και αμινοξέα ενώ στις βητακυανίνες το βηταλαμικό οξύ εμφανίζεται συνδεδεμένο με κύκλο-διυδροφαινυλαλανίνη (cyclo-DOPA) [31, 33].

Κάποιες βεταλαΐνες έχουν εντονότερη χρωματική ικανότητα από τις ανθοκυανίνες. Επίσης, οι ανθοκυανίνες και οι βεταλαΐνες είναι αμοιβαία αποκλειστικές και δεν έχουν βρεθεί ποτέ και οι δυο στο ίδιο φυτό. Οι βεταλαΐνες βρίσκονται συγκεντρωμένες στα άνθη, τους καρπούς και τους βλαστικούς ιστούς του φυτού όπου παίζουν σημαντικούς φυσιολογικούς ρόλους, όπως προστασία έναντι βλαβών που προκαλούνται από τραυματισμό και βακτηριακή διείσδυση, οπτική έλξη για επικονίαση και διασπορά σπόρων, και τέλος προστασία από την υπεριώδη ακτινοβολία [31, 34]. Οι κύριες γνωστές, εδώδιμες πηγές βεταλαϊνών είναι τα παντζάρια, τα φραγκόσυκα, τα σέσκουλα, ο αμάραντος, η πιτάια (φρούτο του δράκου) κ.α. Όπως και άλλα φυτοχημικά, οι βεταλαΐνες χρησιμοποιούνται ως χρωστικές στην επεξεργασία τροφίμων με χαμηλό pH, λόγω της σταθερότητάς τους σε ευρύ φάσμα τιμών pH (pH 3-7), σε παρασκευές φρούτων, στα



γαλακτοκομικά προϊόντα, τα παγωτά, τις σούπες, σάλτσες, ποτά κ.α. και για να προσαρμόσουν ή να διορθώσουν μια χρωματική αλλαγή ή αποχρωματισμό του τροφίμου κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας ή της αποθήκευσης [31, 33]. Οι βεταλαΐνες είναι γνωστές επίσης για την ισχυρή τους αντιοξειδωτική ικανότητα, την αντιφλεγμονώδη δράση, την αναστολή της οξείδωσης και της υπεροξειδωσής των λιπιδίων και την αναστολή της ανάπτυξης και του πολλαπλασιασμού καρκινικών κυττάρων [31, 34].

3.2 Πολυφαινόλες

Οι πολυφαινόλες ανήκουν σε μια οικογένεια οργανικών μορίων που είναι ευρέως διαδεδομένες στο φυτικό βασίλειο. Όπως υποδηλώνει και η ονομασία τους, οι χημικές τους δομές χαρακτηρίζονται από τη παρουσία πολλών φαινολικών ομάδων. Οι ενώσεις αυτές λειτουργούν συνήθως ως υποπροϊόντα του μεταβολισμού των φυτών. Το αυξανόμενο ενδιαφέρον για τις πολυφαινόλες οφείλεται στην ισχυρή αντιοξειδωτική τους δράση η οποία εμπλέκεται στην πρόληψη εκφυλιστικών ασθενειών, καρδιαγγειακών παθήσεων, καρκίνου και νευροεκφυλιστικών ασθενειών [35]. Για παράδειγμα, το γαλλικό οξύ το οποίο βρίσκεται σε μεγάλες ποσότητες στα λουλούδια των κάκτων, παρουσιάζει ισχυρή αντιοξειδωτική ικανότητα στην μείωση της καταστροφής του DNA και στη δέσμευση των ελεύθερων ριζών. Επιπλέον, ασκεί μια κυτταροτοξική δραστηριότητα στα καρκινικά κύτταρα [36, 37].

Το φραγκόσυκο είναι πλούσιο σε διάφορες ομάδες των πολυφαινολών, όπως είναι τα φλαβονοειδή και τα φαινολικά οξέα. Το λουλούδι του φραγκόσυκου που περιέχει γαλλικό οξύ και άλλες μεγάλες χημικές ενώσεις ανέρχεται σε 4900 και 4269 mg/ 100 g ξηράς ουσίας αντίστοιχα [38, 39]. Είναι παρόντα και άλλα φαινολικά μόρια αλλά σε μικρότερες ποσότητες που δεν υπερβαίνουν τα 10mg/g. Στο πολτό του φραγκόσυκου η περιεκτικότητα σε φαινόλη ανέρχεται σε 218,8 mg /100 g, μαζί με υψηλό περιεχόμενο γλυκοζιτών (50,6 mg/ 100 g) [40]. Ωστόσο, η σημαντικότερη πηγή των πολυφαινολών και φλαβονοειδών βρίσκονται στα λουλούδια των κάκτων [40-42].

3.3 Βιταμίνες, Καροτένια

Το φρούτο φραγκόσυκο είναι πλούσιο σε βιταμίνες και αμινοξέα. Η λιποδιαλυτή βιταμίνη E ή τοκοφερόλη και β-καροτένιο βρίσκονται στο σπόρο του φρούτου και στο πολτό του αντίστοιχα [43]. Η βιταμίνη E ανέρχεται περίπου στο 80% της συνολικής περιεκτικότητας του και αποτελεί το κύριο συστατικό του κάκτους. Η βιταμίνη E ασκεί

αντιοξειδωτική δράση. Οι ιδιότητές της είναι ζωτικής σημασίας για τις μεμβράνες των κυττάρων των ιστών που έχουν υψηλή συγκέντρωση σε πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (PUFAs), όπως για παράδειγμα ο εγκέφαλος, πνεύμονες και το νευρικό σύστημα. Βοηθά στην προστασία των PUFAs και άλλων λιπαρών ουσιών, όπως τη χοληστερόλη από την οξείδωση που προκαλούν οι ελεύθερες ρίζες [44]. Αντίστοιχα και το β-καροτένιο βρίσκεται σε υψηλή συγκέντρωση στο πολτό του φρούτου [43]. Το Β-καροτένιο αποτελεί επίσης ένα ισχυρό αντιοξειδωτικό που αποτρέπει την καταστροφική δράση των ελεύθερων ριζών, το οποίο προστατεύει τα κύτταρα και την ακεραιότητά τους [44].

Το ασκορβικό οξύ ή αλλιώς η βιταμίνη C, είναι άλλη μια βιταμίνη η οποία βρίσκεται σε υψηλές συγκεντρώσεις στο φραγκόσυκο (180 – 300 mg/kg). Το περιεχόμενο αυτό είναι υψηλότερο από αυτό που διαπιστώθηκε σε άλλα φρούτα όπως το μήλο, τη μπανάνα και το σταφύλι [45]. Επιπλέον, η βιταμίνη K1 είναι παρούσα σε όλα τα μέρη του καρπού και η περιεκτικότητά της κυμαίνεται από 0,5 έως 1 g/kg [46]. Τέλος, βρέθηκαν ίχνη των βιταμινών B1, B6, νιασίνη, ριβοφλαβίνη και παντοθενικό οξύ [29] (**Πίνακας 2**).

Πίνακας 2. Η κατανομή και το περιεχόμενο βιταμινών σε διάφορα μέρη του φραγκόσυκου (*Opuntia ficus-indica*). Το περιεχόμενο των βιταμινών εκφράζονται σε mg/100 g ωμού φρούτου

	Πολτός	Σπόρος	Φλούδα	Κλαδώδια
Βιτ. K1	53,2	52,5	109	-
Βιτ. C	34-40	-	-	7-22
Βιτ. B1	-	-	-	0,14
Βιτ. B2	-	-	-	0,60
Βιτ. B3	-	-	-	0,46
α-τοκοφερόλη	84,9	56	1760	-
β-τοκοφερόλη	12,6	12	222	-
γ-τοκοφερόλη	7,9	33	174	-
σ-τοκοφερόλη	422	5	26	-
Βιτ. E συνολικά	527,4	106	2182	-

3.4 Αμινοξέα

Στα κλαδώδια του κάκτου, το αμινοξύ που βρίσκεται στη μεγαλύτερη συγκέντρωση είναι η γλουταμίνη, μετά ακολουθούν η λευκίνη, λυσίνη, αργινίνη, φαινυλαλανίνη και ισολευκίνη. Αντίθετα, ο σπόρος του κάκτου ως κύριο αμινοξύ έχει το γλουταμινικό οξύ σε ποσοστό που κυμαίνεται από 15,73% έως 20,27%, ακολουθούμενη από αργινίνη (4,81% έως 14,62%) [47]. Στο φρούτο δύο είναι τα κυρίαρχα αμινοξέα, η προλίνη και η ταυρίνη, τα οποία αντιπροσωπεύουν το 46% και 15,78% του συνολικού περιεχομένου των αμινοξέων αντίστοιχα. Έτσι, οι σπόροι των φρούτων και ο πολτός είναι πολύ καλές πηγές αμινοξέων και πρωτεϊνών [47]. (Πίνακας 3)

Πίνακας 3. Η κατανομή και το περιεχόμενο των αμινοξέων σε διάφορα μέρη του φραγκόσυκου (*Opuntia ficus-indica*). Το περιεχόμενο των αμινοξέων εκφράζονται σε g /100 g ωμού φρούτου

	Κλαδώδια	Φρούτο	Σπόροι
Αλανίνη	1,25	3,17	4,75
Αργινίνη	5,01	1,11	6,63
Ασπαραγίνη	3,13	1,51	Ίχνη
Ασπαραγινικό οξύ	4,38	ίχνη	10,42
Γλουταμινικό οξύ	5,43	2,40	21,68
Γλουταμίνη	36,12	12,59	Ίχνη
Κυστίνη	1,04	0,41	0,37
Ιστιδίνη	4,18	1,64	3,11
Ισολευκίνη	3,97	1,13	6,20
Λευκίνη	2,71	0,75	9,94
Λυσίνη	5,22	0,63	6,79
Μεθειονίνη	2,92	2,01	0,70
Φαινυλαλανίνη	3,55	0,85	5,25
Σερίνη	6,68	6,34	8,46
Θρεονίνη	4,18	0,48	1,53
Τυροσίνη	1,46	0,45	3,09
Τρυπτοφάνη	1,04	0,46	Ίχνη
Βαλίνη	7,72	1,43	6,02
Αμινοβουτυρικό οξύ	ίχνη	0,04	Ίχνη
Καρνοσίνη	ίχνη	0,21	Ίχνη
Κιτρουλίνη	ίχνη	0,59	Ίχνη
Ορνιθίνη	ίχνη	ίχνη	Ίχνη

Προλίνη	ίχνη	46,00	Ίχνη
Ταυρίνη	ίχνη	15,79	Ίχνη
Γλυκίνη	ίχνη	ίχνη	5,06

3.5 Υδατάνθρακες και Φυτικές ίνες

Η γλυκόζη και η φρουκτόζη είναι δύο μονοσακχαρίτες που βρίσκονται σε μεγαλύτερη συγκέντρωση στον πολτό, ενώ η φλούδα είναι πλούσια σε γλυκόζη. Η συγκέντρωση αυτών των σακχάρων είναι υπεύθυνη για τη γλυκιά γεύση του πολτού. Όσον αφορά τις φυτικές ίνες, στον πολτό η συγκέντρωσή τους ανέρχεται στα 20 g / 100 g ωμού τροφίμου. Ο πολτός του φραγκόσυκου είναι σημαντική πηγή πηκτίνης, σε επίπεδα κοντά στο 70%, από την άλλη η φλούδα και οι σπόροι αποτελούνται από κυτταρίνη σε επίπεδα 71% και 83% αντίστοιχα [48]. (Πίνακας 4)

Πίνακας 4. Η συγκέντρωση του φραγκόσυκου σε φυτικές ίνες (% των φυτικών ινών σε 100 g ξηρού τροφίμου)

	Πολτός	Φλούδα	Σπόροι
Ημικυτταρίνη	15,5	20,8	9,9
Κυτταρίνη	14,2	71,4	83,2
Πηκτίνη	70,3	7,7	6,69
Λιγνίνη	0,01	0,06	0,19

3.6 Λιπαρά οξέα

Χρωματογραφικές αναλύσεις των λιπιδίων που εξάγονται από τα κλαδώδια των κάκτων δείχνουν ότι το παλμιτικό οξύ (C 16:0), ελαϊκό οξύ (C 18:1), λινολειακό οξύ (C 18:2), λινολενικό οξύ (C 18:3) συμβάλλουν 13,87%/11%, 16%/34,87% αντίστοιχα και 32,83% της συνολικής περιεκτικότητας σε λιπαρά οξέα [49]. Αρκετές μελέτες έχουν δείξει ότι τα φραγκόσυκα είναι πλούσια σε λινολενικό, ελαιικό και παλμιτικό οξύ [46, 50]. Έχει αναφερθεί υψηλή συγκέντρωση του λινολενικού οξέος (ωμέγα-6 λιπαρό οξύ) στους σπόρους του κάκτου (53,5% έως 70,29%) και τα επίπεδα αυτά είναι υψηλότερα από ότι στο κοινό ηλιέλαιο και σουσαμέλαιο [51]. Τα ωμέγα-6 λιπαρά οξέα και τα ωμέγα-3 λιπαρά έχουν μεγάλη θρεπτική αξία, το σώμα μας τα χρησιμοποιεί για την αντιμετώπιση των

φλεγμονών και για την άμυνα του έναντι παθήσεων, όπως είναι οι καρδιοπάθειες, ο καρκίνος, η αρθρίτιδα κτλ [46].

3.7 Μέταλλα

Οι σπόροι του κάκτου είναι πλούσιοι σε μέταλλα, με υπεροχή το κάλιο και το φώσφορο (163 και 152 mg/ 100g) αντίστοιχα. Αξιοσημείωτη επίσης είναι η παρουσία μεγάλων ποσοτήτων του μαγνησίου (74,8 mg/100g), και του ασβεστίου (16,2 mg/100g) (68-70). Τα κλαδώδια είναι πλούσια σε κάλιο και ασβέστιο (235 και 5520 mg/100g) (65,71,72) και ο πολτός του φρούτου έχει μεγαλύτερη συγκέντρωση καλίου (161 mg/100g) η οποία υπερβαίνει εκείνη του ασβεστίου και του μαγνησίου [6]. (Πίνακας 5)

Πίνακας 5. Η κατανομή και το περιεχόμενο μετάλλων σε διάφορα μέρη του φραγκόσκου (Opuntia ficus-indica). Το περιεχόμενο των μετάλλων εκφράζεται σε mg/100 g ωμού φρούτου [6]

	Πολτός	Σπόρος	Κλαδώδια
Ασβέστιο	27,6	16,2	5,64–17,95
Οξαλικό ασβέστιο	-	-	11,5 έως 4,3
Μαγνήσιο	27,7	74,8	8,80
Νάτριο	0,8	67,6	0,3-0,4
Κάλιο	161	163	2,35-55,20
Σίδηρος	1,5	9,45	0,09
Φώσφορος	-	152	0,15-2,59
Ψευδάργυρος	-	1,45	0,08
Χαλκός	-	0,32	-
Μαγγάνιο	-	Ίχνη	0,19-0,29

4. Φραγκόσυκο – τροφή και φάρμακο

Τα φραγκόσυκα χρησιμοποιούνται εδώ και αιώνες τόσο ως πηγή τροφής όσο και ως φυσικός φράχτης που φυλάσσει τα ζωντανά και σηματοδοτεί τα όρια μεταξύ των εδαφών των οικογενειών. Οι θάμνοι του φραγκόσκου είναι απίστευτα ανθεκτικοί και συχνά επαναφυτρώνουν. Το μέλλον σε πολλές περιοχές του κόσμου εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ανάπτυξη των βιώσιμων γεωργικών συστημάτων και την επιλογή των κατάλληλων καλλιεργειών. Καλλιέργειες, όπως του φραγκόσκου, αντιμετωπίζουν με επιτυχία την έλλειψη νερού και τις υψηλές θερμοκρασίες. Έχουν εύκολη διαχείριση και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως φρούτα, λαχανικά, ζωοτροφές, βιομάζα για

ενεργειακούς σκοπούς, την κοχενίλλη για την παραγωγή της κόκκινης χρωστικής και πολλά ακόμα υποπροϊόντα [6].

4.1 Φραγκόσυκο ως τροφή

Στην Λατινική Αμερική οι κάκτοι θεωρούνται μια σημαντική διατροφική πηγή, μεταξύ των οποίων το *Opuntia* να έχει αποκτήσει την μεγαλύτερη διατροφική σημασία. Καλλιεργείται σε πολλές χώρες όπως το Μεξικό, την Αργεντινή, τη Βραζιλία, την Τυνησία, την Ιταλία, το Ισραήλ και τη Κίνα. Οι κάκτοι και τα στελέχη τους έχουν θεωρηθεί να είναι ασφαλή για την κατανάλωσή τους [52].

Ο πολτός Οπούντια χρησιμοποιείται στην παραγωγή ντόπιων προϊόντων όπως είναι Queso de tuna and Melcocha (τυρί τόνου), το αλκοολούχο ποτό όπως το Colonche, κονσέρβες και κατεψυγμένα προϊόντα, μαρμελάδες, σιρόπι, χυμοί και αποξηραμένα προϊόντα [53].

Επίσης, από τα φραγκόσυκα στη Σικελία παρασκευάζουν ένα λικέρ το Ficodì, ενώ από τους καρπούς και τα άνθη παρασκευάζουν πολύ καλές αλοιφές για το δέρμα. Τα φρούτα αυτά συνήθως καταναλώνονται νωπά, αλλά έχουν χρησιμοποιηθεί και για διάφορες παραδοσιακές και βιομηχανικές χρήσεις. Όπως αναφέρθηκε νωρίτερα, το φραγκόσυκο περιέχει τη χρωστική ουσία βεταλαΐνη η οποία αποτελεί την φυσική χρωστική των τροφίμων. Επίσης, ο καρπός συνήθως τρώγεται ωμός μετά την αποφλοιώσή του, λόγω της ύπαρξης των αγκαθιών. Αυτό μπορεί να γίνει με τρίψιμο με μια βούρτσα μέσα σε νερό [53].

4.2 Κίνδυνοι

Πέραν από τις ευεργετικές χρησιμότητες που έχουν τα φραγκόσυκα για τον ανθρώπινο οργανισμό, εμπεριέχουν και ορισμένους κινδύνους. Φαίνεται πως η πρόσληψη του φραγκόσυκου από το στόμα είναι συνήθως καλά ανεκτή. Ωστόσο, έχει αναφερθεί ότι η πρόσληψή του μπορεί να προκαλέσει ήπια διάρροια, ναυτία, αυξημένο όγκο κοπράνων, πιο πολλές κενώσεις, κοιλιακή πληρότητα, κεφαλαλγία και ήπια απόφραξη του εντέρου [54-56]. Παρόλο που πολύς κόσμος και αρκετοί επαγγελματίες υγείας πιστεύουν πως τα φυτικά συμπληρώματα είναι ασφαλή επειδή είναι «φυσικά», είναι πολύ λίγα τα δεδομένα για να υποστηρίξουν τις συγκεκριμένες υποθέσεις. Παρενέργειες μπορεί να προκύψουν και εξαιτίας κάποιων μολυσματικών παραγόντων όπως είναι τα βαρέα μέταλλα,

συμπεριλαμβανομένου του μόλυβδου, του υδραργύρου ή του αρσενικού αλλά και άλλων φαρμακευτικών προσθηκών για να παράγουν το επιθυμητό αποτέλεσμα [56]. Επιπλέον, υπάρχουν και άλλοι παράγοντες που μπορεί να επηρεάσουν το περιεχόμενο του φυτικού προϊόντος, όπως είναι διάφοροι μικροοργανισμοί, μικροβιακές τοξίνες κ.α. Για αυτόν το λόγο αξίζει να διεξαχθούν περισσότερες μελέτες για να αξιολογηθούν καλύτερα οι κίνδυνοι και τα οφέλη τόσο της χρήσης του *Opuntia ficus-indica*, όσο και άλλων φυτικών φαρμάκων.

4.3 Φαρμακολογική και θεραπευτική δράση

Οι κάκτοι (*Opuntia*) εδώ και αιώνες είναι γνωστοί για τις φαρμακευτικές τους ιδιότητες. Τόσο η φραγκοσυκιά όσο και οι καρποί της, φαίνεται να έχουν θεραπευτικές ιδιότητες για διάφορες παθήσεις του ανθρώπινου οργανισμού [7].

Το φραγκόσυκο χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά από τους γηγενείς αγρότες της Αμερικής ως επίθεμα για τη θεραπεία φλεγμονωδών αποστημάτων, τη διόγκωση της σπλήνας, την ελονοσία, τους μώλωπες και την περιποίηση των τραυμάτων [26, 27].

Οι βλαστοί έχουν χρησιμοποιηθεί για τη θεραπεία του διαβήτη, της υπερλιπιδαιμίας και της παχυσαρκίας. Το υγρό από τα φύλλα του φραγκόσυκου χρησιμοποιείται ως κατάπλασμα για τον πόνο που προκαλείται από τα αυτιά, τα δόντια, ρευματικούς πόνους, καθώς και σε οιδήματα οφθαλμών. Ως επίθεμα σε αποστήματα, εγκαύματα και φλεγμονές χρησιμοποιούνται τα μαγειρεμένα φύλλα. Επίσης, το αφέψημα του φραγκόσυκου ανακουφίζει πόνους στομάχου και ήπατος. Αφέψημα από ρίζες φραγκοσυκιάς, έχει χρησιμοποιηθεί για τη θεραπεία της βλεννόρροιας [8, 26, 29].

Στη Σικελία παρασκεύασμα από άνθη φραγκοσυκιάς χρησιμοποιείται ως δυνατό διουρητικό. Τα άνθη και τα κλαδώδια χρησιμοποιούνται επίσης ως διουρητικά, αλλά και αντισπασμωδικά, αντιδιαρροικά, αιμολυτικά, καθώς και για την καταπολέμηση της νεφρίτιδας [7]. Στην συνέχεια ακολουθεί ανασκόπηση των ασθενειών οι οποίες έχουν μελετηθεί περισσότερο σε σχέση με το φραγκόσυκο.

4.3.1 Σακχαρώδης Διαβήτης

Όπως αναφέρθηκε νωρίτερα σύμφωνα με την Διεθνή Ομοσπονδία Διαβήτη, 382 εκατομμύρια άνθρωποι παγκοσμίως πάσχουν από Σακχαρώδη Διαβήτη (ΣΔ). Η νόσος αυτή οφείλεται στην αλληλεπίδραση της γενετικής προδιάθεσης, των συμπεριφορικών

παραγόντων και των περιβαλλοντικών παραγόντων κινδύνου. Συνεπώς, ο αυξανόμενος επιπολασμός του ΣΔ χρήζει αποτελεσματικών προληπτικών παρεμβάσεων [57].

Είναι γνωστό πως η υγιεινή διατροφή και η τακτική φυσική δραστηριότητα είναι επωφελής για τα άτομα με υψηλό κίνδυνο για ΣΔ. Τα τελευταία χρόνια ο κόσμος φαίνεται να ενδιαφέρεται όλο και περισσότερο για τα οφέλη της υγιεινής διατροφής και πως αυτή μπορεί να συμβάλλει στην πρόληψη των χρόνιων ασθενειών. Γνωρίζουμε πως τα φρούτα και τα λαχανικά αποτελούν ένα πολύ σημαντικό κομμάτι της διατροφής παρέχοντας ενέργεια, ανόργανα συστατικά, βιταμίνες και αντιοξειδωτικά. Η διατροφή πλούσια σε αυτά φαίνεται πως ασκεί προστατευτικό ρόλο ενάντια στις χρόνιες παθήσεις προκαλούμενες από το οξειδωτικό στρες [58].

Για αιώνες, ειδικά σε αναπτυσσόμενες χώρες, ένας μεγάλος αριθμός φυτικών τροφίμων και παρασκευασμάτων πλούσιων σε βιταμίνες C, E, καροτενοειδή, φλαβονοειδή και φαινολικές ενώσεις έχουν χρησιμοποιηθεί για τη διαχείριση ασθενειών και συγκεκριμένα για τη μείωση της γλυκόζης του αίματος [30]. Ωστόσο, κανένα από τα φυτικά τρόφιμα δεν έχει την ίδια δράση που έχουν τα αντιδιαβητικά δισκία και η θεραπεία με την ινσουλίνη. Στη περίπτωση του ΣΔ τύπου 1 είναι αναγκαίο οι ασθενείς να κάνουν θεραπεία με την ινσουλίνη ανεξάρτητα από τις συμπληρωματικές θεραπείες που μπορεί να χρησιμοποιούνται παράλληλα. Στη περίπτωση του ΣΔ τύπου 2, η ρύθμιση του σακχάρου μπορεί να επέλθει με τις αλλαγές στον τρόπο ζωής ή με τη συνταγογραφούμενη αγωγή για να επιτύχουν τον επιθυμητό γλυκαιμικό έλεγχο. Μέχρι στιγμής οι εναλλακτικοί τρόποι που χρησιμοποιούνται για τον καλύτερο γλυκαιμικό έλεγχο θεωρούνται ως βοηθητικές θεραπείες, εκτός και αν ο ασθενής με ΣΔ τύπου 2 ρυθμίζει το σάκχαρό του με ουσιαστικές αλλαγές στον τρόπο ζωής του σε συνδυασμό με την πρόσληψη φυτικών τροφίμων πλούσιων σε αντιοξειδωτικά και βιταμίνες. Η υιοθέτηση φυτικής προέλευσης διαιτητικών προτύπων συνδυασμένα με άσκηση αποδεικνύεται ότι βελτιώνει το γλυκαιμικό έλεγχο και μειώνει την ανάγκη για φαρμακευτική αγωγή [59].

Τα τελευταία χρόνια ένας βασικός τομέας ερευνητικού ενδιαφέροντος είναι τα φυτά με πιθανές αντιδιαβητικές δράσεις, όπως και τις χημικές και τις φαρμακολογικές τους ιδιότητες. Ένα ελπιδοφόρο φυτό, ευρέως χρησιμοποιούμενο στο Μεξικό είναι το φραγκόσυκο (*Opuntia* sp.). Το φραγκόσυκο ήταν ένα υποτιμημένο φυτό στην επιστημονική κοινότητα στις αρχές του 1980 μέχρι που δημοσιεύθηκαν αρκετές μελέτες

και αναφορές για τις βιολογικές του λειτουργίες. Ο μεγάλος αριθμός των δραστικών θρεπτικών συστατικών και των πολυλειτουργικών ιδιοτήτων του καθιστούν το φραγκόσυκο τέλειο υποψήφιο για την παραγωγή τροφίμων και συμπληρωμάτων διατροφής στην προαγωγή υγείας. Αν και ο κάκτος βρίσκεται σε μεγάλη εκτίμηση για τις φαρμακολογικές του ιδιότητες στο Μεξικό μέχρι και σήμερα, σε άλλες χώρες δεν είναι ακόμα τόσο αναγνωρισμένος. Ωστόσο, λόγω των πρόσφατων μελετών που έχουν δείξει πως τα φρούτα και τα κλαδώδια είναι εξαιρετικοί υποψήφιοι για την παραγωγή τροφίμων λόγω της χημικής τους σύστασης και της θρεπτικής τους αξίας, έχουν τραβήξει την προσοχή των επιστημόνων υγείας [6].

Ως πηγή τροφής το φραγκόσυκο χρησιμοποιείται σε σαλάτες, σούπες, σνακ, σάντουιτς και αναμειγνύεται σε ποτά. Σε περιπτώσεις που χρησιμοποιείται ως υπογλυκαιμικό μπορεί να καταναλωθεί και με την τροφή, αλλά και ως ξηρή σκόνη χύμα ή σε κάψουλες. Στο Μεξικό το φραγκόσυκο αποτελεί μέρος της καθημερινής τους διατροφής ή το χρησιμοποιούν ευρέως σε παθολογικές καταστάσεις, όπως είναι ο ΣΔ. Μια έρευνα που διεξήχθη το 1999 διαπίστωσε ότι το 75% των ιατρών σε ένα αστικό κέντρο υγείας στη Σονόρα του Μεξικό χρησιμοποιούσε τα φυτικά προϊόντα ως μέρος του κανονικού θεραπευτικού πλάνου, με το φραγκόσυκο να είναι από τα κύρια θεραπευτικά φυτά [60]. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιείται συχνά στη ρύθμιση σακχάρου το οποίο οι επιστήμονες το αποδίδουν στην παρουσία των διαλυτών φυτικών ινών. Οι διαλυτές φυτικές ίνες δημιουργούν γέλη με υψηλό ιξώδες στο έντερο, επιβραδύνοντας ή μειώνοντας με αυτόν τον τρόπο την απορρόφηση του σακχάρου με αποτέλεσμα την μείωση των επιπέδων της μεταγευματικής γλυκόζης [61]. Πιο συγκεκριμένα ο πολτός του φραγκόσυκου είναι πλούσιος σε διαλυτές και αδιάλυτες φυτικές ίνες και αποτελεί πολύ καλή πηγή βιταμίνης C, ασβεστίου, καλίου και σιδήρου [18, 59]. Ωστόσο, η περιεκτικότητα σε διαλυτές φυτικές ίνες δεν είναι ο μοναδικός μηχανισμός δράσης, η αντιοξειδωτική ικανότητα επίσης είναι ένας από τους πολλούς μηχανισμούς με τους οποίους το περιεχόμενο των φρούτων και των λαχανικών μπορεί να ασκήσει ευεργετική επίδραση στην υγεία [62].

Κλινικές μελέτες σε ζώα

Από τη δεκαετία του 1980 το ενδιαφέρον επικεντρώθηκε στην υπογλυκαιμική δράση του φραγκόσυκου. Τα παρασκευάσματα που προέρχονται από αυτό έχουν μελετηθεί τόσο σε πειραματόζωα όσο και σε ανθρώπους.

Στη μελέτη του Sihem Halmi εξέτασαν την υπογλυκαιμική δράση του *Opuntia ficus-indica* σε κουνέλια με προκαλούμενο διαβήτη. Το εκχύλισμα των cladodes (2 ml/kg) του *Opuntia* χορηγήθηκε πριν το τεστ της ανοχής σε γλυκόζη. Τα αποτελέσματα έδειξαν μείωση στις τιμές της γλυκόζης κατά 21,67% ξεκινώντας από τα πρώτα 30 λεπτά [63]. Σε μια πολύ πιο πρόσφατη μελέτη η υπογλυκαιμική δράση του *Opuntia ficus-indica* (OFS) αξιολογήθηκε χρησιμοποιώντας *in vitro* και *in vivo* δοκιμές. Μετά την *in vitro* δοκιμή φάνηκε πως το φραγκόσυκο αναστέλλει τη δράση της α -γλυκοσιδάσης (δρα στους δεσμούς 1,4-α και αποικοδομεί το άμυλο και τους δισακχαρίτες σε μόρια α -γλυκόζης) και την εντερική απορρόφηση της γλυκόζης, το οποίο αξιολογήθηκε από την πρόσληψη της γλυκόζης σε δοσοεξαρτώμενη σχέση με τη χορήγηση Na, χρησιμοποιώντας μεμβρανικά κυστίδια. Επιπλέον, η χορήγηση του OFS φάνηκε να αύξησε την πρόσληψη της γλυκόζης με δοσοεξαρτώμενο τρόπο στα L6 μυϊκά κύτταρα. Αυτό μπορεί να εξηγεί με την ενίσχυση της φωσφορύλωσης της ενεργοποιούμενης από AMP πρωτεϊνικής κινάσης (AMPK) η οποία θεωρείται ρυθμιστής της γλυκόζης στους σκελετικούς μυς και της κινάσης ενεργοποιούμενης από μιτογόνα (p38 MAPK) με αυτόν τον τρόπο βελτιώνοντας την αντίσταση / ευαισθησία της γλυκόζης. Στην *in vivo* δοκιμασία πήραν διαβητικά και μη διαβητικά ποντίκια. Τα διαβητικά ποντίκια τα χώρισαν σε 3 ομάδες : 1) ομάδα ελέγχου, 2) ομάδα που κατανάλωνε 1g/kg OFS, 3) ομάδα που κατανάλωναν 2g/kg OFS. Η δόση προσαρμοζόταν κάθε βδομάδα ανάλογα με το βάρος του ποντικού. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως το σωματικό βάρος και η πρόσληψη τροφής ήταν σημαντικά υψηλότερη στην ομάδα ελέγχου με τα διαβητικά ποντίκια σε σύγκριση με τα μη διαβητικά και η κατανάλωση του OFS δεν είχε σημαντική επίδραση στο βάρος και στη ποσότητα τροφής σε διαβητικά ποντίκια. Στην τελευταία εβδομάδα του πειράματος, τα επίπεδα γλυκόζης στο αίμα μειώθηκαν σημαντικά κατά 62% στα διαβητικά ποντίκια τα οποία υποβλήθηκαν σε αγωγή με OFS (2g/kg) σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου [64].

Σε μία άλλη μελέτη ήθελαν να δουν εάν το στάδιο ωρίμανσης στα κλαδώδια (*Opuntia ficus-indica*) μπορεί να επηρεάσει τις βιολογικές τους ιδιότητες [65]. Ενδιαφέρον αποτελεί το γεγονός πως τόσο η συγκέντρωση, όσο και η σύσταση των φυτικών ινών στα κλαδώδια εξαρτώνται από το στάδιο ωρίμανσής τους. Έχει φανεί πως ο βαθμός ωρίμανσης έχει θετική συσχέτιση με την περιεκτικότητα σε αδιάλυτες φυτικές ίνες και αρνητική συσχέτιση με τις διαλυτές φυτικές ίνες [66]. Επιπρόσθετα, έχουν αναφερθεί και άλλες

αλλαγές στα θρεπτικά συστατικά των κλαδωδίων οι οποίες σχετίζονται με την ωρίμανση, όπως η μείωση των πρωτεϊνών και του αμύλου και η αύξηση των απλών υδατανθράκων όσο ωριμάζει το κλαδώδιο [67]. Οι διατροφικές αυτές μεταβολές μπορεί να έχουν σημαντικές επιδράσεις στις λειτουργικές και αντιδιαβητικές τους ιδιότητες. Στην προαναφερθείσα μελέτη εξέτασαν τα κλαδώδια σε 3 στάδια της ωρίμανσής τους, τα οποία ήταν από την ίδια καλλιέργεια και τοποθεσία. Στη συνέχεια, αυτά αφυδατώθηκαν και αξιολογήθηκαν για μερικά από τα φυσικοχημικά, διατροφικά χαρακτηριστικά τους και τις αντιδιαβητικές τους ιδιότητες χρησιμοποιώντας αρουραίους με προκαλούμενο διαβήτη από στρεπτοζοτοκίνη. Τα κλαδώδια ταξινομήθηκαν ανάλογα με την ηλικία τους (ημέρες) και το μέγεθός τους (βάρος και μήκος) ως μικρά (12 ημέρες, 40 g, 14 cm), μεσαία (20 ημέρες, 74 g, 20 cm) και μεγάλα (30 ημέρες, 293 g, 32 cm). Το περιεχόμενο των διαιτητικών ινών, η απορρόφηση του νερού, ο όγκος και το ιξώδες ήταν μεγαλύτερο στα κλαδώδια μικρού και μεσαίου μεγέθους σε σχέση με τα κλαδώδια μεγάλου μεγέθους. Στη συνέχεια, μέσω του τεστ της ανοχής σε γλυκόζη δοκιμάστηκαν τα κλαδώδια και των τριών σταδίων. Φάνηκε πως οι αρουραίοι οι οποίοι υποβλήθηκαν σε αγωγή με τη σκόνη από μικρά και μεσαία κλαδώδια (50mg/kg) είχαν σημαντική μείωση της μεταγευματικής γλυκόζης στο αίμα κατά 46% και 23% αντίστοιχα ($p < 0,05$), ωστόσο στην ομάδα η οποία κατανάλωσε τη σκόνη από τα μεγάλα κλαδώδια δεν παρατηρήθηκε κάποια σημαντική επίδραση στα επίπεδα της γλυκόζης [65]. Η μείωση των τιμών της γλυκόζης που παρατηρήθηκαν μπορεί να συσχετίζεται με ένα μηχανισμό της δέσμευσης της γλυκόζης λόγω του ιξώδους και της διόγκωσης των φυτικών ινών στο εσωτερικό του εντέρου. Παρόμοια αποτελέσματα έχουν αναφερθεί και σε άλλες μελέτες όπου υποδηλώνουν πως η υπογλυκαιμική δράση του Norpal μπορεί να οφείλεται στην περιεκτικότητά του σε φυτικές ίνες, κυρίως στη πηκτίνη [68]. Ένας άλλος μηχανισμός που μπορεί να σχετίζεται με τη μείωση των επιπέδων της γλυκόζης του αίματος αφορά τη βελτίωση της ινσουλινοευσθησίας με αποτέλεσμα την καταστολή της παραγωγής της ηπατικής γλυκόζης [69]. Έχει προταθεί ότι οι μη αφομοιώσιμες ζυμώσεις των φυτικών ινών αυξάνουν την απελευθέρωση του εντερικού Glucagon-like peptide 1 (GLP-1) υποδοχέα οδηγώντας στην έκκριση της ινσουλίνης με αποτέλεσμα τη μείωση της ηπατικής παραγωγής γλυκόζης [70-72].

Κλινικές μελέτες σε ανθρώπους

Αρχικά σε πειραματικές συνθήκες χρησιμοποιούνταν βραστά και ακατέργαστα φυτικά υλικά, με το πέρασμα των χρόνων ξεκίνησαν να εφαρμόζονται διάφορα εκχυλίσματα για τον προσδιορισμό της θρεπτικής αξίας των φυτικών προϊόντων. Στη μελέτη του Frati-Munari et al. συγκρίνανε τα επίπεδα γλυκόζης του αίματος στους 8 ασθενείς με ΣΔ2 μετά από την κατανάλωση 500 γραμμαρίων ψημένων καρπών του φραγκόσκου (*Opuntia streptacantha*) και ακατέργαστων εκχυλισμάτων. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως τα επίπεδα γλυκόζης του αίματος δεν τροποποιήθηκαν μετά την κατανάλωση των ακατέργαστων εκχυλισμάτων. Ωστόσο, φάνηκε μια μείωση στα επίπεδα της γλυκόζης κατά $48,3 \pm 16,2$ mg / dL στις 3 ώρες μετά την κατανάλωση των ψημένων καρπών του φραγκόσκου. Οι συγγραφείς προτείνουν πως η υψηλή θερμοκρασία ίσως να είναι απαραίτητη για την επίτευξη της υπογλυκαιμικής δράσης [73]. Στην επόμενη μελέτη του ο Frati-Munari ήθελε να δει ξανά την επίδραση του ψημένου *O. streptacantha* στη γλυκόζη του αίματος σε 14 ασθενείς με ΣΔ2 μετά από 12ώρη νηστεία. Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν πως η δόση 500 g ψημένου *O. streptacantha* είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση της γλυκόζης του αίματος μετά από μία ώρα κατά μέσο όρο $21,42 \pm 3,78$ mg / dL, μετά από δυο ώρες $28,26 \pm 5,04$ mg / dL και μετά από τρεις ώρες $40,68 \pm 4,5$ mg / dL. Σε σχέση με την ομάδα ελέγχου, οι μεταβολές της γλυκόζης ήταν στατιστικά σημαντικές [74]. Παρόμοια αποτελέσματα βρέθηκαν και στην πιο παλιά μελέτη του Frati-Munari στην οποία 16 ασθενείς με ΣΔ2 κατανάλωσαν 500g *O. streptacantha* και η μεταβολή στη γλυκόζη αίματος που παρατηρήθηκε στα 60, 120, 180 λεπτά ήταν $19,0 \pm 5,4$, $23,8 \pm 3,3$ και $39,1 \pm 4,9$ mg / dL αντίστοιχα. Τα αποτελέσματα αυτά ήταν στατιστικά σημαντικά σε σύγκριση με την αρχική γλυκόζη του αίματος καθώς και σε σύγκριση με 10 ασθενείς οι οποίοι έλαβαν νερό [75]. Εκτός από τις μελέτες που πραγματοποιήθηκαν με το *O. Streptacantha*, ο Frati-Munari ασχολήθηκε και με την επίδραση του βλαστού του *Opuntia ficus-indica* και των ακατέργαστων παρασκευασμάτων του και αν αυτά έχουν υπογλυκαιμική δράση. Σε 8 ασθενείς με ΣΔ2 δόθηκαν 500 γραμμάρια *Opuntia ficus-indica* σε 4 διαφορετικές μορφές : 1) ψημένο, 2) μερικώς ψημένο, 3) μερικώς ακατέργαστο, 4) μερικώς ακατέργαστο αλλά που έχει θερμανθεί σε 60 ° C. Στη συνέχεια διεξήχθη τεστ ανοχής σε γλυκόζη και τα επίπεδά της μετρήθηκαν στα 0, 30, 60, 120 και 180 λεπτά αντίστοιχα. Σε όλους τους ασθενείς παρατηρήθηκε η μείωση στη καμπύλη της

γλυκόζης μετά την πρόσληψη του *Opuntia* και έφτασε στα στατιστικά σημαντικά επίπεδα μετά από 120 και 180 λεπτά ($p < 0,01$). Ωστόσο, δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στην υπογλυκαιμική δράση των διαφορετικών παρασκευασμάτων του *Opuntia ficus-indica* [76].

Σε μια σχετικά πρόσφατη διπλά-τυφλή μελέτη στην οποία ήθελαν να αξιολογήσουν τα μακροπρόθεσμα οφέλη και ασφάλεια της κατανάλωσης του φραγκόσκου, χρησιμοποίησαν το εκχύλισμα του *Opuntia ficus-indica* στην ομάδα παρέμβασης και εικονικό φάρμακο στην ομάδα ελέγχου. Τριάντα λεπτά πριν το τεστ της ανοχής της γλυκόζης (75 g γλυκόζης) δόθηκαν 400 mg του παρασκευάσματος. Τα δείγματα αίματος αξιολογήθηκαν πριν την πρόσληψη του εκχυλίσματος, πριν την κατάποση του διαλύματος της γλυκόζης και κάθε 30 λεπτά στη συνέχεια για 120 λεπτά. Σημειώθηκε μια στατιστικά σημαντική μείωση στις συγκεντρώσεις της γλυκόζης του αίματος σε όλα τα χρονικά σημεία (60, 90, 120 λεπτά). Ωστόσο, παρατήρησαν πως το εκχύλισμα του φραγκόσκου δεν είχε μακροπρόθεσμο αποτέλεσμα στις παραμέτρους του αίματος όταν καταναλώθηκε πάνω από 16 εβδομάδες, γεγονός που μας δείχνει πως το εκχύλισμα δεν έχει άμεση επίδραση στη γλυκόζη του αίματος εάν χορηγείται για παρατεταμένο χρονικό διάστημα. Όσον αφορά την ασφάλεια της κατανάλωσής του, η μελέτη έδειξε πως και ακόμη μετά από τη παρατεταμένη χρήση, δεν φάνηκε να έχει παρενέργειες ούτε στις παραμέτρους του αίματος, αλλά ούτε στα νεφρά και στο συκώτι [77].

Σε μια άλλη μελέτη του López-Romero et al. ήθελαν να δείξουν πως η κατανάλωση του *Opuntia ficus-indica* μπορεί να επιφέρει μείωση στη μεταγευματική γλυκόζη του αίματος, την ινσουλίνη του ορού και τις τιμές του ινσουλινοτρόπου πεπτιδίου εξαρτώμενου από τη γλυκόζη, καθώς και την αύξηση της αντιοξειδωτικής ικανότητας σε υγιείς ανθρώπους και σε ασθενείς με ΣΔ2. 14 ασθενείς με ΣΔ2 κατανάλωσαν 4 διαφορετικά πρωινά γεύματα: 1) ένα πρωινό με *Opuntia ficus-indica* και υψηλή περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες, 2) πρωινό με υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη σόγιας, 3) πρωινό πλούσιο σε υδατάνθρακες, 4) πρωινό με υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη σόγιας και 300gr. φραγκόσσυκο σε ατμό. Σε ασθενείς οι οποίοι κατανάλωσαν το πρωινό υψηλών υδατανθράκων και *Opuntia ficus-indica* παρατηρήθηκε σημαντική μείωση στην οριακή περιοχή κάτω από την καμπύλη σακχάρου (AUC) και δεν υπήρχε μεγάλη αύξηση στην περιοχή κάτω από την καμπύλη της ινσουλίνης σε σχέση με αυτούς που

κατανάλωσαν πρωινό αποτελούμενο μόνο από υδατάνθρακες. Η κατανάλωση του πρωινού υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη σόγιας σε συνδυασμό με *Opuntia ficus-indica* μείωσε σημαντικά την μεταγευματική αύξηση της συγκέντρωσης ινσουλिनότροπου πεπτιδίου εξαρτώμενου από την γλυκόζη στα 30 και 45 λεπτά και παρατηρήθηκε αύξηση της αντιοξειδωτικής ικανότητας μετά από 2 ώρες η οποία μετρήθηκε με την φασματοφωτομετρική μέθοδο DPPH [78].

Ένας από τους πιθανούς μηχανισμούς στη μείωση της γλυκόζης μπορεί να οφείλεται στην υψηλή περιεκτικότητά του σε φυτικές ίνες (πηκτίνες κτλ.) οι οποίες καθυστερούν το χρόνο διέλευσης του εντερικού περιεχομένου από τη γαστρεντερική οδό, καθυστερούν την απορρόφηση της γλυκόζης με αποτέλεσμα τη μείωση της συγκέντρωσης της στο αίμα. Παρόλο που αρκετές μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί σε ανθρώπους και ζώα έχουν δείξει ότι τα ορισμένα είδη του *Opuntia* έχουν υπογλυκαιμικές ιδιότητες, απαιτούνται περισσότερες κλινικές μελέτες για την κατανόηση των μηχανισμών δράσης και των πραγματικών οφελών του φυτού αυτού.

Επιπλέον, το φραγκόσυκο δεν έχει μελετηθεί σε καταστάσεις όπως είναι εγκυμοσύνη και θηλασμός, συνεπώς καλό είναι να μην καταναλώνεται σε αυτές τις περιόδους. Η δόση κυμαίνεται από 100 g μέχρι και 500 g ανά ημέρα, ωστόσο οι βέλτιστες δόσεις των εκχυλισμάτων για την θεραπεία του διαβήτη δεν έχουν τεκμηριωθεί ακόμα [79].

4.3.2 Αθηροσκλήρωση

Ως αθηροσκλήρωση χαρακτηρίζεται η εναπόθεση πλάκας ανομοιογενούς σύστασης στην επιφάνεια του αρτηριακού τοιχώματος, όπου οι λιποπρωτεΐνες χαμηλής πυκνότητας (LDL) οξειδώνονται δημιουργώντας αφρώδη κύτταρα. Αυτά τα κύτταρα, συσσωρευόμενα, σχηματίζουν ένα λιπιδικό περίβλημα το οποίο ονομάζεται αθηρωματική πλάκα, το οποίο αυξάνει το μέγεθος του τοιχώματος και μειώνει τη ροή του αίματος στις αρτηρίες. Η ρήξη της αθηρωματικής πλάκας προκαλεί σχηματισμό θρόμβων το οποίο μπορεί να προκαλέσει εγκεφαλικά επεισόδια [80]. Η ευκολία με την οποία οξειδώνεται η LDL εξαρτάται, σε ένα μεγάλο βαθμό, από τη περιεκτικότητά της σε πολυακόρεστα λιπαρά οξέα. Ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζει την οξείδωση της LDL είναι και η παρουσία αντιοξειδωτικών ουσιών, όπως η Βιτ. Ε και οι φαινολικές ενώσεις. Η δράση των

ουσιών αυτών προστατεύει από την οξείδωση την LDL χοληστερόλη και έτσι μειώνει την εναπόθεσή της στις αρτηρίες και τη δημιουργία της αθηρωματικής πλάκας [81].

Το φραγκόσυκο φαίνεται αρκετά υποσχόμενο φρούτο το οποίο θα μπορούσε να υποστηρίξει την αποτελεσματικότητά του στην πρόληψη και στην επιβράδυνση της ανάπτυξης της αθηρωματικής πλάκας και των επακόλουθων καρδιαγγειακών παθήσεων. Μια από τις μελέτες που ήθελε να αξιολογήσει την δράση του φραγκόσυκου συνέκρινε τις αντιαθηρογόνες ιδιότητες της σκόνης από διαφορετικά είδη του *Opuntia* τις οποίες τις έφτιαζαν από τα κλαδώδια των 5 διαφορετικών άγριων ειδών (*O. streptacantha* var. *cardona*, *tuna loca*, *O. hyptiacantha*, and *O. megacantha*), όχι τόσο άγριων (*O. albicarpa*) και σπιτικών (*O. ficus-indica*). Συγκεκριμένα, η επίδραση των κλαδωδίων δοκιμάστηκε στην οξείδωση της LDL χοληστερόλης προκαλούμενης από τα ενδοθηλιακά κύτταρα των αρουραίων. Τα διαλυτοποιημένα στην καλλιέργεια κλαδώδια ανέστειλαν την οξείδωση της LDL χοληστερόλης και ως συνέχεια και τον σχηματισμό των αφρώδων κυττάρων, το οποίο υποδηλώνει πως το *Opuntia* spp. θα μπορούσε πιθανά να αναστείλει τα πρώιμα στάδια της αθηρογένεσης [82]. Η ανασταλτική αυτή δράση του *Opuntia* spp. περιλαμβάνει επίσης την αναστολή της NADPH οξείδωσης (NOX2) με αποτέλεσμα την μειωμένη παραγωγή ενδοκυτταρικών και εξωκυτταρικών ανιόντων υπεροξειδίου ($O_2^{\cdot-}$), τα οποία είναι η κύρια αντιδραστική μορφή οξυγόνου που εμπλέκεται στην διαδικασία οξείδωσης της LDL χοληστερόλης. Ωστόσο, δεν παρατηρήθηκε καμία διαφορά στην προστατευτική δράση μεταξύ των διαφορετικών ειδών του *Opuntia* spp [82].

Σε μια *in vivo* μελέτη χρησιμοποίησαν ποντίκια τα οποία ανέπτυξαν αθηρωματικές πλάκες υπό κανονικές διατροφικές συνθήκες. Στη συνέχεια πρόσθεσαν στην διατροφή τους 10 mg/kg *Opuntia ficus-indica* και *Opuntia streptacantha* για χρονική περίοδο 15 εβδομάδων. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως μετά την προσθήκη του φραγκόσυκου υπήρχε μείωση στην ανάπτυξη των αθηρωματικών βλαβών [83].

Σε μια μελέτη του Budinsky et al. 15 άτομα με οικογενή υπερχοληστερολαιμία τις πρώτες 4 βδομάδες για 1 φορά την εβδομάδα τους παρείχαν διατροφικές συμβουλές. Στη συνέχεια, τις επόμενες 4 βδομάδες έκτος από τη διατροφική παρέμβαση κατανάλωναν και 250g/ημέρα μαγειρεμένο πολτό από το *Opuntia robusta*. Μετά το πέρας της παρέμβασης παρατηρήθηκε μείωση των επιπέδων της χοληστερόλης και της LDL χοληστερόλης, όμως δεν υπήρξε κάποια αλλαγή στα τριγλυκερίδια και στην HDL χοληστερόλη. Επιπλέον,

σημειώθηκε σημαντική μείωση στις συγκεντρώσεις 8-epi-PGF2a (ένας ισχυρός αγγειοσυσταλτικός παράγοντας) στο πλάσμα ($355,9 \pm 18,4 - 323,9 \pm 16$), στο ορό ($302,0 \pm 11,4 \pm 283,2 \pm 14,5$) και στα ούρα ($355,9 \pm 18,4 - 323,9 \pm 16$). Οι συγγραφείς προτείνουν πως το φραγκόσυκο μπορεί να έχει οφέλη για την υγεία μας μειώνοντας την οξείδωση της LDL χοληστερόλης [84].

4.3.3 Μεταβολικό σύνδρομο και καρδιαγγειακά

Το μεταβολικό σύνδρομο είναι ένας συνδυασμός υψηλής αρτηριακής πίεσης, υψηλής χοληστερίνης και υψηλού σακχάρου, καθώς επίσης και του αυξημένου σπλαχνικού λίπους τα οποία σχετίζονται με τις διαταραχές στο μεταβολισμό των υδατανθράκων και των λιπιδίων. Το μεταβολικό σύνδρομο αποτελεί σημαντικό παράγοντα κινδύνου για την εμφάνιση καρδιοπάθειας, εγκεφαλικού ή σακχαρώδη διαβήτη [85]. Το φραγκόσυκο, εκτός από την ευεργετική του δράση στη διαχείριση του σακχάρου, έχει φανεί από αρκετές μελέτες ότι έχει θετική επίδραση και στην οξείδωση της LDL χοληστερόλης, πιθανότατα λόγω της περιεκτικότητάς του σε πηκτίνη [86]. Υψηλό ποσοστό πηκτινών και των φυτικών ινών μπορεί να αυξήσει τη μάζα και τον όγκο των κοπράνων, όπως και την εντερική κινητικότητα που με τη σειρά του να επηρεάζει τα επίπεδα της χοληστερόλης και της γλυκόζης του πλάσματος [74].

Η κατανάλωση του φραγκόσυκου έχει μελετηθεί αρχικά σε ζώα προκειμένου να αξιολογηθεί η δράση του στο μεταβολισμό των λιπιδίων. Μια από τις πρώτες μελέτες διεξήχθη σε εργαστηριακούς αρουραίους, οι οποίοι κατανάλωσαν δύο διαφορετικές συγκεντρώσεις (12% και 6%) του ωμού ή μαγειρεμένου αφυδατωμένου *Opuntia ficus-indica*. Οι αρουραίοι που κατανάλωσαν τη μεγαλύτερη συγκέντρωση είχαν μειωμένη πρόσληψη βάρους (($P < 0,05$) σε σχέση με την ομάδα ελέγχου. Επιπλέον, η κατανάλωση του φραγκόσυκου δε φάνηκε να επηρέασε τα επίπεδα της γλυκόζης, της ολικής χοληστερόλης και της HDL χοληστερόλης. Ωστόσο, οι αρουραίοι που κατανάλωσαν τη μεγαλύτερη συγκέντρωση του ωμού *Opuntia* είχαν μείωση κατά 34% στα επίπεδα της LDL χοληστερόλης [87]. Μια πιο πρόσφατη μελέτη έδειξε σημαντική μείωση των επιπέδων ολικής χοληστερόλης, της LDL χοληστερόλης και τριγλυκεριδίων του πλάσματος σε υπερχοληστερολαιμικούς αρουραίους μετά από καθημερινή χορήγηση φύλλων *Opuntia ficus-indica* [88].

Σε μια μελέτη η οποία έχει πραγματοποιηθεί σε ανθρώπους, συγκεκριμένα σε 24 μη διαβητικούς, μη παχύσαρκους άνδρες οι οποίοι έπασχαν από υπερλιπιδαιμία ήθελαν να εξετάσουν εάν η κατανάλωση του φραγκόσκου θα έχει επίδραση στο μεταβολισμό της γλυκόζης και των λιπιδίων. Μετά από 8 εβδομάδες πρόσληψης 250 g/ημέρα πολτού φραγκοσυκιάς οι ερευνητές σημείωσαν μείωση στην ολική χοληστερόλη (12%), στην LDL χοληστερόλη (15%), στην απολιποπρωτεΐνη Β (9%), σε τριγλυκερίδια (12%), ινωδογόνο (11%), και ουρικό οξύ (10%), ενώ το σωματικό βάρος (ΣΒ), η HDL χοληστερόλη και η απολιποπρωτεΐνη Α έμειναν αμετάβλητα. Το αποτέλεσμα μπορεί να εξηγηθεί εν μέρει από την περιεκτικότητά του φραγκόσκου σε πηκτίνες, αλλά χρειάζεται περαιτέρω έρευνα για να αποκτήσουν περισσότερες πληροφορίες για τις ευεργετικές ιδιότητες του φραγκόσκου [89].

Εκτός από τη δράση των φυτικών ινών, έχει μελετηθεί και η ύπαρξη των βεταλαϊνών στο φραγκόσυκο. Η χρήση των εκχυλισμάτων πλούσιων σε βεταλαΐνες για τη θεραπεία ή τη ρύθμιση της υπερλιπιδαιμίας έχει τραβήξει το ενδιαφέρον, διότι δε φαίνεται να προκαλούν κάποιες παρενέργειες ή τοξικότητα στον οργανισμό σε σχέση με τα συνθετικά φάρμακα. Έχει φανεί ότι οι βεταλαΐνες έχουν τη δυνατότητα να αναστέλλουν την επαγόμενη από μυελοϋπεροξειδάση/νιτρώδη οξειδωση των λιποπρωτεϊνών χαμηλής πυκνότητας (LDL) [90]. Σε μια μελέτη η οποία διεξήχθη σε υγιείς εθελοντές οι οποίοι κατανάλωσαν 500 g πολτό από φραγκόσυκο πριν το πρωινό τους γεύμα παρατηρήθηκε δέσμευση της βεταλαΐνης στην LDL, υποδηλώνοντας πως ίσως είναι ένας μηχανισμός της προστασίας της LDL από τις οξειδωτικές τροποποιήσεις [91].

Στη μελέτη του Linares E et.al., ήθελαν να δουν αν τα αφυδατωμένα φύλλα του ficus-indica μπορούν να καταναλωθούν ως συμπλήρωμα διατροφής και να βελτιώσουν το λιπιδαιμικό προφίλ. Στη μελέτη συμμετείχαν 68 γυναίκες οι οποίες έπασχαν από το μεταβολικό σύνδρομο και είχαν Δείκτη Μάζας Σώματος ($\Delta M \Sigma = \text{σωματικό βάρος} / (\text{ύψος})^2$) μεταξύ 25 και 40. Η ομάδα παρέμβασης κατανάλωνε για 6 εβδομάδες 1,6g σε μορφή κάψουλας 1 ώρα μετά το φαγητό, 3 φορές την ημέρα με ένα ποτήρι νερό. Η ομάδα ελέγχου με την ίδια συχνότητα κατανάλωνε εικονικό συμπλήρωμα. Κατά τη διάρκεια της μελέτης ζητήθηκε από τους εθελοντές να ακολουθούν μια ισορροπημένη διατροφή, με τουλάχιστον 30 λεπτά άσκηση την ημέρα. Ιδανικά η ημερήσια θερμιδική πρόσληψη έπρεπε να ήταν 2000 kcal (38% λίπος, 17% πρωτεΐνη και 45% υδατάνθρακες). Μετρήθηκαν και τα 5

κριτήρια του μεταβολικού συνδρόμου, συμπεριλαμβανομένων των επιπέδων LDL, HDL χοληστερίνης και τριγλυκεριδίων. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως στην ομάδα παρέμβασης τα επίπεδα της HDL χοληστερόλης είχαν αυξηθεί αρκετά, ενώ στα επίπεδα των τριγλυκεριδίων παρατηρήθηκε μια μικρή μείωση σε σχέση με την ομάδα ελέγχου [92].

Στις περισσότερες μελέτες τις ευεργετικές ιδιότητες του φραγκόσυκου τις αποδίδουν στην ύπαρξη των φυτικών ινών. Συγκεκριμένα, η ικανότητα των ινών να μειώνουν τη χοληστερόλη στον ορό βασίζεται σε :

1. Στην αύξηση της απέκκρισης των χολικών αλάτων, ώστε να απαιτείται χοληστερόλη για τη σύνθεση νέων χολικών οξέων.
2. Η μείωση των χολικών οξέων που επιστρέφουν στο ήπαρ και η μειωμένη χοληστερόλη οδηγούν στη μείωση της χοληστερόλης στα ηπατικά κύτταρα. Η ελαττωμένη ηπατική χοληστερόλη προάγει την απομάκρυνση της LDL-c από το αίμα.
3. Αλλαγή της σύστασης των οξέων της χολής, μείωση του χολικού οξέος και αύξηση του χηνοδεοξυχολικού οξέος. Το τελευταίο αναστέλλει την αναγωγή του 3-υδροξυ 3-μεθυλογλουταρύλο-CoA, απαραίτητου ενζύμου για τη σύνθεση της χοληστερόλης.
4. Η παραγωγή του προπιονικού οξέος από την αποικοδόμηση των ινών μειώνει τη συγκέντρωση χοληστερόλης στον ορό.

4.3.4 Ηπατοπροστατευτικός ρόλος του φραγκόσυκου

Το ήπαρ είναι από τα σημαντικότερα όργανα στον ανθρώπινο σώμα. Οι κύριες λειτουργίες του ήπατος είναι 1) επεξεργασία και αποβολή αχρείαστων ουσιών του οργανισμού, 2) μεταβολισμός και εξουδετέρωση τοξικών ουσιών, 3) αποθήκευση της γλυκόζης και η απελευθέρωση της στο αίμα, 4) παραγωγή μεγάλου αριθμού ουσιών και πρωτεϊνών χωρίς τις οποίες η ζωή είναι αδύνατη [93]. Για να εξετάσουν τις ηπατοπροστατευτικές επιδράσεις των φαρμάκων και των φυτών συνήθως χρησιμοποιείται ο τετραχλωράνθρακας (CCl₄) ο οποίος προκαλεί την ηπατοτοξικότητα [94]. Σε μια μελέτη της Galati et al. αξιολόγησαν την προστατευτική δράση του χυμού από το *Opuntia ficus-indica* σε αρουραίους με προκαλούμενη ηπατοτοξικότητα από το CCl₄. Οι αρουραίοι έλαβαν από του στόματος 3 ml χυμού από φραγκόσυκο για 9 συνεχόμενες μέρες. Μορφολογικές και βιοχημικές αξιολογήσεις πραγματοποιήθηκαν στις 24, 48 και 72 ώρες

μετά την πρόκληση της τοξικότητας του ήπατος. Τα δεδομένα έδειξαν πως ο χυμός είχε προστατευτική και θεραπευτική δράση ενάντια στην εκφυλιστική διαδικασία του ήπατος. Η ιστολογική αξιολόγηση αποκάλυψε ένα φυσιολογικό ηπατικό παρέγχυμα στις 48 ώρες και στις 72 ώρες φάνηκε πως ο τραυματισμός αυτής είχε αποκατασταθεί πλήρως [94].

Σε μια άλλη μελέτη σε αρουραίους είχε προκληθεί η ηπατοτοξικότητα με οργανοφωσφορικό εντομοκτόνο (CPF). Η βλάβη στο ήπαρ αξιολογήθηκε με τη μέτρηση του βάρους του, αλλά και με την ποσοτικοποίηση ορισμένων βιοχημικών παραμέτρων, όπως η αμινοτρανσφεράση της αλανίνης (ALT), η ασπαρτική αμινοτρανσφεράση (AST), η αλκαλική φωσφατάση (ALP), η γαλακτική αφυδρογονάση (LDH), η χοληστερίνη και η αλβουμίνη του ορού με φασματοφωτομετρικές τεχνικές. Φάνηκε ότι το CPF επηρεάζει σημαντικά όλες τις παραμέτρους που μελετήθηκαν. Ωστόσο, όταν χορηγήθηκε το εκχύλισμα του φραγκόσκου σημειώθηκε η ανάκτηση όλων των επιπέδων. Έτσι, το εκχύλισμα στελέχους *Opuntia ficus indica* δείχνει να προστατεύει το ήπαρ και να μειώνει την τοξικότητα που προκαλείται από αυτό το οργανοφωσφορικό παρασιτοκτόνο [95].

4.3.5 Καρκίνος

Η χημειοπροστατευτική δράση των φυτικών τροφών οφείλεται στα φυτοχημικά τους συστατικά, τα οποία είναι μη θρεπτικά συστατικά που έχουν σημαντική βιολογική δράση, όπως η ρύθμιση της κυτταρικής σηματοδότησης, η ενίσχυση του ανοσοποιητικού, η γονιδιακή ρύθμιση, η κυτταρική διαφοροποίηση, ο κυτταρικός πολλαπλασιασμός και η απόπτωση [96] και δρουν ως αντιοξειδωτικά, ενώ θεωρούνται φυτοοιστρογόνα, γιατί έχουν παρόμοια δράση με τις ορμόνες.

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως το φραγκόσυκο είναι πλούσιο σε βεταλαΐνες οι οποίες συμμετέχουν ενεργά στην απομάκρυνση των ελεύθερων ριζών που παίζουν ενεργό ρόλο στην εμφάνιση του καρκίνου και των καρδιαγγειακών παθήσεων. Αρκετές μελέτες υποδεικνύουν ότι το εκχύλισμα των φρούτων του κάκτου αναστέλλει τον πολλαπλασιασμό των καρκινικών κυττάρων του τραχήλου της μήτρας, των ωοθηκών και της ουροδόχου κύστης *in vitro* και καταστέλλει την ανάπτυξη του όγκου στα ποντίκια με καρκίνο στις ωοθήκες *in vivo* [97]. Επιπλέον, η δράση της βεταλαΐνης που απομονώθηκε από τους καρπούς *Opuntia ficus indica* φαίνεται να επάγει την απόπτωση, με τρόπο

δοσοεξαρτώμενο και χρονοεξαρτώμενο στην κυτταρική σειρά (K562) χρόνιας μυελογενούς λευχαιμίας και μειώνει το δυναμικό της μεμβράνης των μιτοχονδρίων με ταυτόχρονη εμφάνιση κυτοχρώματος C στα κυτταροπλασματικά τμήματα των κυττάρων [98]. Έτσι, ο συνδυασμός φαρμακευτικής αγωγής μαζί με τη βεταλαΐνη η οποία φαίνεται να σταματάει τα κύτταρα σε διαφορετικά σημεία ελέγχου (φάσεις G1 και / ή S) θα μπορούσε να είναι μια πολλά υποσχόμενη στρατηγική για την αναστολή της επιβίωσης του όγκου. Τα σημεία ελέγχου του κυτταρικού κύκλου είναι οι πιο σημαντικοί στόχοι για πολλά αντικαρκινικά φάρμακα, τα οποία περαιτέρω προκαλούν απόπτωση κυτταρικών όγκων παρεμποδίζοντας αυτά τα σημεία ελέγχου. Επιπλέον κάποιες μελέτες έχουν δείξει πως η κατανάλωση 500mg/ημέρα για 2-8 μήνες σκόνης από τα άνθη του φραγκόσκου βελτιώνει τα συμπτώματα όπως είναι η επείγουσα ανάγκη για ούρηση και το αίσθημα πληρότητας της ουροδόχου κύστης σε μερικούς ασθενείς με καλοήγη υπερτροφία του προστάτη [99].

Αν και ο μηχανισμός με τον οποίον οι βεταλαΐνες δρουν στην πρόληψη του καρκίνου δεν είναι σαφής, διάφορες μελέτες έχουν δείξει ότι οι βεταλαΐνες μεταβάλλουν την έκφραση ορισμένων γονιδίων που σχετίζονται με την κυτταρική ανάπτυξη και την απόπτωση [97]. Ωστόσο, απαιτούνται περαιτέρω έρευνες για την αξιολόγηση και τον μηχανισμό της αντικαρκινικής δράσης των βεταλαΐνων.

4.3.6. Έλκος

Ο βλεννογόνος του στομάχου είναι αυτός που προστατεύει τα γαστρικά κύτταρα από την έκθεση σε πολυάριθμους διαβρωτικούς ενδογενείς (πεψίνη, γαστρικό οξύ) και εξωγενείς (μη στεροειδή αντιφλεγμονώδη, αλκοόλ, *Helicobacter pylori*) παράγοντες. Η καταστροφή του βλεννογόνου του στομάχου, το οποίο συνεπάγεται το θάνατο των γαστρικών κυττάρων μπορεί να προκαλέσει πολλαπλές παθολογικές καταστάσεις όπως είναι η γαστρίτιδα, το έλκος αλλά και καρκίνος του στομάχου [100].

Όσον αφορά τη διατροφή και τη δημιουργία του έλκους, έχει φανεί πως τρόφιμα πλούσια σε αντιοξειδωτικά παρουσιάζουν μια προστατευτική δράση κατά της δημιουργίας του [101, 102]. Όπως έχει αναφερθεί αρκετές φορές, το φραγκόσυκο είναι πλούσιο σε αντιοξειδωτικά και πιθανά να έχει ευεργετική επίδραση και στην προστασία του στομάχου. Σε μία μελέτη της Galati et.al., ήθελαν να δουν αν ο χυμός του φραγκόσκου μπορεί να βοηθήσει στη μη ανάπτυξη του έλκους σε ποντίκια στα οποία προκλήθηκε το έλκος με την

αιθανόλη, καθώς η αιθανόλη προκαλεί γαστρική βλάβη λόγω της συσσώρευσης ελεύθερων ριζών στο βλεννογόνο του στομάχου. Η μελέτη έδειξε πως το στομάχι είχε την εικόνα κοντά στη φυσιολογική στην ομάδα παρέμβασης μετά από την κατανάλωση 3ml χυμού από φραγκόσυκο ημερησίως για 9 μέρες σε σχέση με την ομάδα ελέγχου στην οποία τα ποντίκια παρουσίασαν νεκρωτικές ρωγμές [103]. Μια άλλη θεωρία η οποία θα μπορούσε να υποστηρίξει την ευεργετική δράση του φραγκόσυκου στις γαστρικές ρωγμές στα ποντίκια είναι η περιεκτικότητά του σε φλαβονοειδή. Είναι γνωστό πως τα φλαβονοειδή ωθούν την παραγωγή των προσταγλανδινών, οι οποίες με την σειρά τους προάγουν την έκκριση της βλέννης και διττανθρακικών, μειώνοντας ή εξαλείφοντας έτσι το γαστρικό έλκος [104]. Ωστόσο, έχουν γίνει λίγες μελέτες μέχρι τώρα για να βγει ένα ασφαλές συμπέρασμα.

4.3.7 Αντιοξειδωτική ικανότητα

Τις τελευταίες δεκαετίες έχουν ανακαλύψει πως οι αντιδραστικές μορφές οξυγόνου (ROS) ασκούν πληθώρα βιολογικών επιδράσεων σε ένα ευρύ φάσμα το οποίο κυμαίνεται από φυσιολογικές ρυθμιστικές λειτουργίες έως και καταστροφικές αλλοιώσεις που εμπλέκονται στην παθογένεια ενός μεγάλου αριθμού ασθενειών. Είναι πλέον γεγονός πως τα ROS και άλλα οξειδωτικά είναι σημαντικοί παράγοντες σε πολλές διαφορετικές παθολογικές διεργασίες [105]. Είναι ευρέως αποδεκτό πως η ευεργετική και η αντιοξειδωτική δράση των φυτικών φαρμάκων προέρχεται από τα δραστικά συστατικά τα οποία υπάρχουν είτε σε ολόκληρο το φυτό, είτε σε ξεχωριστά του μέρη (πχ. άνθη, ρίζες, φύλλα).

Σήμερα υπάρχει πολύ μεγάλο ενδιαφέρον για τα φυσικά προϊόντα πλούσια σε αντιοξειδωτικά, ένα από τα οποία έχει προταθεί για την αντιοξειδωτική του δράση και την προστατευτική του ικανότητα λόγω της παρουσίας συστατικών όπως είναι οι βιταμίνες C και E, φαινολικές ενώσεις και άλλες θρεπτικές ουσίες είναι το *Opuntia ficus-indica*. Έχει βρεθεί ότι ο χυμός του φραγκόσυκου είναι πλούσιος σε φυσικά αντιοξειδωτικά, φαινολικές ενώσεις, ασκορβικό οξύ, βεταλαΐνες, βετακυανίνες και μεγάλη συγκέντρωση φλαβονοειδών τα οποία αποτελούνται κυρίως από ρουτίνη και τα παράγωγα της ισοραμνετίνης [41].

Αρκετές είναι οι μελέτες οι οποίες έχουν δείξει μια θετική συσχέτιση ανάμεσα σε μια διατροφή πλούσια σε φυτικά τρόφιμα και το μειωμένο κίνδυνο σε ασθένειες οι οποίες

σχετίζονται με το οξειδωτικό στρες όπως είναι ο καρκίνος, καρδιαγγειακά και νευροεκφυλιστικά νοσήματα [62, 106]. Έχει προταθεί σε μια μελέτη σε ποντίκια πως το εκχύλισμα φρούτων *Opuntia ficus-indica* φαίνεται να προστατεύει τα ερυθροκύτταρα από την οξείδωση των λιπιδίων προκαλούμενη από την αιθανόλη [107]. Σε μια άλλη μελέτη σε ποντίκια, παρατηρήθηκε αυξημένη ικανότητα απομάκρυνσης ή αδρανοποίησης των ελεύθερων ριζών μετά την κατανάλωση του χυμού από φραγκόσυκο όπως επίσης σημειώθηκε και η αποκατάσταση των επιπέδων της γλουταθειόνης [40].

Το ασκορβικό οξύ αποτελεί ένα σημαντικό αντιοξειδωτικό με ιδιότητες διάσπασης δεσμών, που δρα απευθείας με τις ρίζες υπεροξειδίου, υδροξυλίου και με το μονήρες οξυγόνο. Η συγκεντρώσεις του στο φραγκόσυκο είναι σημαντικά υψηλότερες σε σύγκριση με τα κοινά φρούτα όπως τα δαμάσκηνα (7 mg / 100 g) και τα νεκταρίνια (9 mg / 100 g). Επίσης, ο χυμός του φραγκόσυκου περιέχει υψηλό ποσοστό του ασκορβικού οξέος (68%) [94].

Όσον αφορά τα φλαβονοειδή, όλα τα είδη του *Opuntia* περιέχουν σημαντικές ποσότητες φλαβονοειδών. Οι ενώσεις αυτές είναι πιο αποτελεσματικές από τις βιταμίνες, αφού τα φλαβονοειδή και οι φαινολικές ενώσεις είναι σε θέση να καθυστερήσουν την προοξειδωτική επίδραση στις πρωτεΐνες, στο DNA και στα λιπίδια, μέσω της δημιουργίας των σταθερών ριζών [40]. Σε μία μελέτη της Ávila-Nava et al. εξετάστηκε η αντιοξειδωτική ικανότητα του *Opuntia ficus-indica* σε 10 υγιή άτομα. Τις πρώτες 3 μέρες είχαν καταναλώσει μια δίαιτα φτωχή σε αντιοξειδωτικά συστατικά. Στη συνέχεια, για τις επόμενες 3 μέρες τους εμπλούτισαν τη διατροφή με 300 g/ημέρα φραγκόσυκου. Τα αποτελέσματα έδειξαν μια σημαντική αύξηση στην αντιοξειδωτική ικανότητα η οποία μετρήθηκε με την μέθοδο DPPH. Συγκεκριμένα, στο πλάσμα αυξήθηκε κατά 20% και κατά 5% στο αίμα [108]. Η μέθοδος DPPH πραγματοποιείται με την φασματοφωτομετρία (μέτρηση της απορρόφησης στα 517 nm), όπου προσδιορίζεται η μεταβολή της απορρόφησης του διαλύματος της ρίζας DPPH μετά την προσθήκη του αντιοξειδωτικού.

4.3.8 Άλλες πιθανές ευεργετικές δράσεις του φραγκόσυκου

Το φραγκόσυκο έχει χρησιμοποιηθεί στην λαϊκή ιατρική για την θεραπεία των παθήσεων όπως είναι η κόπωση, ρευματισμοί, αλλεργίες και ως διουρητικό. Μεταξύ άλλων ωφελημάτων υπάρχει θεωρία πως η κατανάλωση φραγκόσυκου καταπολεμά την μέθη, ως και τα παρεπόμενα συμπτώματα, ναυτία, πονοκέφαλος, ξηρότητα στόματος,

κακή διάθεση κ.α. μειώνοντας την φλεγμονώδη αντίδραση η οποία προκαλείται από υπερβολική κατανάλωση αλκοόλ [109]. Επιπλέον, τα άνθη της φραγκοσυκιάς φαίνεται να είναι ωφέλημα για την αντιμετώπιση της καλοήθους υπερπλασίας του Προστάτη. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της δραστηριότητας του αναστολέα 5-άλφα, της δράσεως της αρωματάσης και της υπεροξειδάσης των λιπιδίων [110]. Εκτός αυτού φαίνεται πως τα άνθη του φυτού αποτελούν καλό διουρητικό και ίαμα για πολλά ουρολογικά προβλήματα [111].

Πίνακας 6. Μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί σε ζώα και in vitro

Σακχαρώδης Διαβήτης
• RIACHI, F. and Y.H. PACHA, Antihyperglycemic activity of prickly pear (<i>Opuntia ficus-indica</i>) aqueous extract. 2012. • Leem, K.-H., et al., Hypoglycemic effect of <i>Opuntia ficus-indica</i> var. <i>saboten</i> is due to enhanced peripheral glucose uptake through activation of AMPK/p38 MAPK pathway. <i>Nutrients</i>, 2016. • Nuñez-López, M.A., O. Paredes-López, and R. Reynoso-Camacho, Functional and hypoglycemic properties of nopal cladodes (<i>O. ficus-indica</i>) at different maturity stages using in vitro and in vivo tests. <i>Journal of agricultural and food chemistry</i>,
Μεταβολικό Σύνδρομο και Καρδιαγγειακά
• Cárdenas, M.M., S.S. Serna, and J. de la Garza Velazco, Effect of raw and cooked nopal (<i>Opuntia ficus indica</i>) ingestion on growth and profile of total cholesterol, lipoproteins, and blood glucose in rats. <i>Archivos latinoamericanos de nutricion</i>, 1998. • Galati, E., et al., Biological activity of <i>Opuntia ficus indica</i> cladodes II: Effect on experimental hypercholesterolemia in rats. <i>Pharmaceutical biology</i>, 2003. 41(3): p. 175-179.
Νόσος του Ήπατος
• Galati, E., et al., <i>Opuntia ficus indica</i> (L.) Mill. fruit juice protects liver from carbon tetrachloride-induced injury. <i>Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives</i>, 2005. • Ncibi, S., et al., <i>Opuntia ficus indica</i> extract protects against chlorpyrifos-induced damage on mice liver. <i>Food and chemical toxicology</i>, 2008.
Καρκίνος
• Zou, D.-m., et al., Cactus pear: a natural product in cancer chemoprevention. <i>Nutrition journal</i>, 2005.
Έλκος
• Galati, E.M., et al., Chemical characterization and biological effects of Sicilian <i>Opuntia ficus indica</i> (L.) Mill. fruit juice: antioxidant and antiulcerogenic activity. <i>Journal of Agricultural and Food Chemistry</i>, 2003. • Ito, S., et al., Rapid repair of injured gastric mucosa. <i>Scandinavian journal of gastroenterology. Supplement</i>, 1984.
Αντιοξειδωτική Ικανότητα
• Bensadón, S., et al., By-products of <i>Opuntia ficus-indica</i> as a source of antioxidant dietary fiber. <i>Plant foods for human nutrition</i>, 2010.

- Alimi, H., et al., Protective effect of *Opuntia ficus indica* f. *inermis* prickly pear juice upon ethanol-induced damages in rat erythrocytes. *Alcohol*, 2012.

Πίνακας 7. Μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί σε ανθρώπους

Σακχαρώδης Διαβήτης
- Frati-Munari, A., et al., Hypoglycemic action of <i>Opuntia streptacantha</i> Lemaire: study using raw extracts. <i>Archivos de investigación médica</i>, 1989. - Godard, M.P., et al., Acute blood glucose lowering effects and long-term safety of OpunDia™ supplementation in pre-diabetic males and females. <i>Journal of ethnopharmacology</i>, 2010. - Frati, A.C., E. Jiménez, and C.R. Ariza, Hypoglycemic effect of <i>Opuntia ficus indica</i> in non insulin-dependent diabetes mellitus patients. <i>Phytotherapy research</i>, 1990. - Frati, A.C., et al., Acute hypoglycemic effect of <i>Opuntia streptacantha</i> Lemaire in NIDDM. <i>Diabetes Care</i>, 1990. - Frati-Munari, A.C., et al., Hypoglycemic effect of <i>Opuntia streptacantha</i> Lemaire in NIDDM. <i>Diabetes Care</i>, 1988. - López-Romero, P., et al., The effect of nopal (<i>Opuntia ficus indica</i>) on postprandial blood glucose, incretins, and antioxidant activity in Mexican patients with type 2 diabetes after consumption of two different composition breakfasts. <i>Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics</i>, 2014.
Αθηροσκλήρωση
- Keller, J., et al., Antiatherogenic and antitumoral properties of <i>Opuntia cladodes</i>: inhibition of low density lipoprotein oxidation by vascular cells, and protection against the cytotoxicity of lipid oxidation product 4-hydroxynonenal in a colorectal cancer cellular model. <i>Journal of physiology and biochemistry</i>, 2015. - Garoby-Salom, S., et al., Dietary cladode powder from wild type and domesticated <i>Opuntia</i> species reduces atherogenesis in apoE knock-out mice. <i>Journal of physiology and biochemistry</i>, 2016. - Budinsky, A., et al., Regular ingestion of <i>Opuntia robusta</i> lowers oxidation injury. <i>Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids (PLEFA)</i>, 2001.
Μεταβολικό Σύνδρομο και Καρδιαγγειακά
- Wolfram, R.M., et al., Effect of prickly pear (<i>Opuntia robusta</i>) on glucose-and lipid-metabolism in non-diabetics with hyperlipidemia--a pilot study. <i>Wiener Klinische Wochenschrift</i>, 2002. - Tesoriere, L., et al., Absorption, excretion, and distribution of dietary antioxidant betalains in LDLs: potential health effects of betalains in humans. <i>The American journal of clinical nutrition</i>, 2004. - Linarès, E., C. Thimonier, and M. Degre, The effect of neopuntia® on blood lipid parameters—Risk factors for the metabolic syndrome (Syndrome χ). <i>Advances in therapy</i>, 2007.
Καρκίνος
Palevitch, D., G. Earon, and I. Levin, <i>Treatment of benign prostatic hypertrophy with Opuntia ficus-indica (L.) Miller</i>. <i>Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants</i>, 1993.
Αντιοξειδωτική Ικανότητα
Avila-Nava, A., et al., <i>Extract of cactus (Opuntia ficus indica) cladodes scavenges reactive oxygen species in vitro and enhances plasma antioxidant capacity in humans</i>. <i>Journal of Functional Foods</i>, 2014.

5. Συζήτηση - Συμπεράσματα

Αν και η σύγχρονη ιατρική βοηθάει πολύ στις χρόνιες εκφυλιστικές ασθένειες, φαίνεται πως η παραδοσιακή ιατρική παραμένει αρκετά δημοφιλής ακόμα και στις μέρες μας. Όπως φάνηκε από τη χημική ανάλυση του φραγκόσυκου, είναι πλούσιο σε Βιτ. C, τα καροτενοειδή, τα φλαβονοειδή και στις βεταλαΐνες τα οποία φαίνεται να είναι υπεύθυνα για τα οφέλη στην υγεία και να ασκούν ευεργετικές δράσεις στις χρόνιες παθήσεις όπως: καρκίνος, καρδιαγγειακά, μεταβολικό σύνδρομο, διαβήτης κτλ [30, 31, 44].

Παρά το γεγονός ότι το φραγκόσυκο χρησιμοποιείται αρκετά σε πολλές χώρες, οι επιστήμονες υγείας, ωστόσο, χρειάζεται να συνυπολογίζουν αρκετούς παράγοντες όταν προτείνουν τη χρήση του στους ασθενείς. Πρώτον, υπάρχει έλλειψη εμπεριστατωμένων μελετών σχετικά με το μηχανισμό δράσης των δραστικών συστατικών του. Δεν είναι ξεκάθαρο αν η κατανάλωση φρέσκου κάκτου έχει τις ίδιες δράσεις με αυτές των εκχυλισμάτων που χρησιμοποιούνται στις μελέτες. Οι μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί μέχρι στιγμής είναι σχετικά σύντομες και αφορούν μικρό πληθυσμό ατόμων. Θα ήταν ωφέλιμο να δούμε εάν η κατανάλωση του φραγκόσυκου έχει χρόνια επίδραση στα άτομα που νοσούν. Ένα εξίσου σημαντικό ερώτημα είναι αν το φραγκόσυκο βοηθάει στην πρόληψη του ΣΔ στα άτομα με ισχυρή κληρονομικότητα. Επιπλέον, τα προϊόντα που υπάρχουν στα καταστήματα σε μορφή συμπληρώματος μπορεί να έχουν πολύ χαμηλή υπογλυκαιμική δράση σε σχέση με αυτά που χρησιμοποιούνται στις μελέτες. Η διάρκεια της δράσης των διαφόρων σκευασμάτων δεν είναι καλά καθορισμένη και είναι σημαντικό να διερευνηθεί εάν το δοσολογικό σχήμα πρέπει να συσχετίζεται με την πρόσληψη των υδατανθράκων. Ένας επιπλέον σημαντικός παράγοντας που πρέπει να αναλυθεί είναι η ποσότητα του προϊόντος. Οι περισσότερες μελέτες χρησιμοποιούν τουλάχιστον 500 γραμμάρια του νεπού προϊόντος ή την αντίστοιχη ποσότητα του αποξηραμένου. Ωστόσο, είναι κάτι το οποίο πρέπει να αναλυθεί περαιτέρω, διότι η ποσότητα για κάθε άνθρωπο μπορεί να διαφέρει. Επίσης είναι σημαντικό να γνωρίζουμε τις ποσότητες στις οποίες μπορεί ίσως να προκληθεί τοξικότητα, ώστε αυτά να μην υπερκαταναλώνονται από τους ασθενείς και μη [59].

Μια σημαντική ανησυχία υπάρχει στην πρόσληψη του φραγκόσυκου και την ύπαρξη των υπογλυκαιμικών επεισοδίων ιδιαίτερα σε ασθενείς που παίρνουν ινσουλίνη. Η υπογλυκαιμία μπορεί να οφείλεται στους εσωτερικούς μηχανισμούς οι οποίοι έχουν

αναφερθεί προηγουμένως, όπως είναι η διέγερση της απελευθέρωσης της ενδογενούς ινσουλίνης ή βελτίωση της ευαισθησίας στην ινσουλίνη. Είναι σημαντικό οι ασθενείς που προσλαμβάνουν το φραγκόσυκο σε συνδυασμό με τη φαρμακευτική αγωγή να παρακολουθούνται τακτικά για τυχόν υπογλυκαιμικά επεισόδια.

Ένας επιπλέον σημαντικός παράγοντας ο οποίος επηρεάζει αρκετά τα αποτελέσματα είναι η χρήση και η μελέτη διαφορετικών ειδών του κάκτου στις μελέτες. Για αυτόν τον λόγο υπάρχει μια επείγουσα ανάγκη για περαιτέρω έρευνες για τον προσδιορισμό των ακριβών μηχανισμών δράσης, ιδίως στον τομέα των χρόνιων ασθενειών [59].

Συμπερασματικά, η χρήση του φραγκόσυκου, όπως και άλλων φυτών, δεν πρέπει σε καμία περίπτωση να αντικαθιστά τις επίσημες ιατρικές θεραπείες για τις μακροχρόνιες ασθένειες, εφόσον δεν υπάρχουν κλινικές αποδείξεις οι οποίες να επιβεβαιώνουν την χρήση του. Επίσης ο ασθενείς δεν πρέπει να διακόπτει την θεραπεία που του δόθηκε από τον ιατρό για να ξεκινήσει την χρήση των βοτάνων. Στην περίπτωση όμως που το φραγκόσυκο καταναλώνεται παράλληλα με την φαρμακευτική αγωγή, πιθανά να έχει ευεργετικά αποτελέσματα. Εκτός από την χρήση του φραγκόσυκου σε μορφή εκχυλίσματος ή κάψουλας, επισημαίνεται από τις έρευνες ότι όταν καταναλώνεται ως τροφή, φαίνεται να αποτελεί αποτρεπτικό μέσο ασθενειών και ισχυρό αντιοξειδωτικό στήριγμα [6].

Βιβλιογραφία

1. Qureshi, S.A., W. Asad, and V. Sultana, *The effect of Phyllanthus emblica Linn on type-II diabetes, triglycerides and liver-specific enzyme*. Pakistan Journal of Nutrition, 2009. **8**(2): p. 125-128.
2. Atlas, I.D., *The global burden*. International Diabetes Federation. 4th Edition Brussels, 2009: p. 21-7.
3. Vats, V., J. Grover, and S. Rathi, *Evaluation of anti-hyperglycemic and hypoglycemic effect of Trigonella foenum-graecum Linn, Ocimum sanctum Linn and Pterocarpus marsupium Linn in normal and alloxanized diabetic rats*. Journal of ethnopharmacology, 2002. **79**(1): p. 95-100.
4. Hensrud, D.D., D.D. Engle, and S.M. Scheitel. *Underreporting the use of dietary supplements and nonprescription medications among patients undergoing a periodic health examination*. in *Mayo Clinic Proceedings*. 1999. Elsevier.
5. Brown, C.M., *Use of alternative therapies and their impact on compliance: perceptions of community pharmacists in Texas*. Journal of the American Pharmaceutical Association (1996), 1998. **38**(5): p. 603-608.
6. Feugang, J.M., et al., *Nutritional and medicinal use of Cactus pear (Opuntia spp.) cladodes and fruits*. Front Biosci, 2006. **11**(1): p. 2574-2589.
7. Shedbalkar, U.U., et al., *Opuntia and other cacti: applications and biotechnological insights*. Tropical plant biology, 2010. **3**(3): p. 136-150.
8. Barbera, G., F. Carimi, and P. Inglese, *Past and present role of the Indian-fig prickly-pear (Opuntia ficus-indica (L.) Miller, Cactaceae) in the agriculture of Sicily*. Economic botany, 1992. **46**(1): p. 10-20.
9. Davenport, L. and U. Quattrocchi, *CRC World Dictionary of Plant Names: Common Names, Scientific Names, Eponyms, Synonyms, and Etymology*. 2002, JSTOR.
10. Benson, L., *The cacti of the United States and Canada*. 1982: Stanford (Calif.), Stanford University Press.
11. Russell, C.E. and P. Felker, *The prickly-pears (Opuntia spp., Cactaceae): a source of human and animal food in semiarid regions*. Economic Botany, 1987. **41**(3): p. 433-445.
12. Wallace, R.S. and A.C. Gibson, *Evolution and systematics*. Cacti: biology and uses. University of California Press, Berkeley, 2002: p. 1-21.
13. Valiente-Banuet, A. and H. Godínez-Alvarez, *Population and community ecology*. Cacti: Biology and uses, 2002: p. 91-108.
14. Koch, K. and R. Kennedy, *Effects of seasonal changes in the Midwest on Crassulacean acid metabolism (CAM) in Opuntia humifusa Raf*. Oecologia, 1980. **45**(3): p. 390-395.
15. Duru, B. and N. Turker, *Changes in physical properties and chemical composition of cactus pear (Opuntia ficus-indica) during maturation*. Journal of the Professional Association for Cactus Development, 2005. **7**: p. 22-33.
16. Mohamed-Yasseen, Y., S.A. Barringer, and W.E. Splittstoesser, *A note on the uses of Opuntiaspp. in Central/North America*. Journal of Arid Environments, 1996. **32**(3): p. 347-353.
17. Barbera, G., P. Inglese, and E. Pimienta-Barrios, *Agro-ecology, cultivation and uses of cactus pear*. Vol. 132. 1995: FAO.
18. El Kossori, R.L., et al., *Composition of pulp, skin and seeds of prickly pears fruit (Opuntia ficus indica sp.)*. Plant Foods for Human Nutrition, 1998. **52**(3): p. 263-270.

19. Saenz, C., *Processing technologies: an alternative for cactus pear (Opuntia spp.) fruits and cladodes*. Journal of Arid Environments, 2000. **46**(3): p. 209-225.
20. Inglese, P., F. Basile, and M. Schirra, *Cactus pear fruit production*. Cacti Biology and Uses. University of California Press, USA, 2002: p. 163-183.
21. G., A.V. and L. Portillo, *Uses of Opuntia species and the potential impact of Cactoblastis cactorum (Lepidoptera: Pyralidae) in Mexico*. Florida Entomologist, 2001: p. 493-498.
22. Flores-Valdez, C., *"Nopalitos" production, processing and marketing*. FAO Plant Production and Protection Paper (FAO), 1995.
23. Le Houérou, H.N., *The role of cacti (Opuntiaspp.) in erosion control, land reclamation, rehabilitation and agricultural development in the Mediterranean Basin*. Journal of Arid Environments, 1996. **33**(2): p. 135-159.
24. Mellink, E. and M.E. Riojas-López, *Consumption of platyopuntias by wild vertebrates*. Cacti: Biology and uses, 2002: p. 109-123.
25. Donkin, R.A., *Spanish red: An ethnogeographical study of cochineal and the opuntia cactus*. Transactions of the American Philosophical Society, 1977. **67**(5): p. 1-84.
26. DeFELICE, M.S., *Prickly Pear Cactus, Opuntia spp.—A Spine-Tingling Tale*¹. Weed Technology, 2004. **18**(3): p. 869-877.
27. Anaya-Pérez, M.A., *History of the use of Opuntia as forage in Mexico*. FAO Plant Production and Protection Paper (FAO), 2001.
28. Mondragón-Jacobo, C. and S. Pérez-González, *Cactus (Opuntia spp.) as forage*. Vol. 169. 2001: Food & Agriculture Org.
29. Stintzing, F.C., A. Schieber, and R. Carle, *Phytochemical and nutritional significance of cactus pear*. European Food Research and Technology, 2001. **212**(4): p. 396-407.
30. M Jimenez-Aguilar, D., H. Mújica-Paz, and J. Welte-Chanes, *Phytochemical characterization of prickly pear (Opuntia spp.) and of its nutritional and functional properties: a review*. Current Nutrition & Food Science, 2014. **10**(1): p. 57-69.
31. Abdelkarim, G. and N. Boukhatem, *Betalains, polyacetylenes and tocopherols as biocompoundactives: a concise review for enriching the bioactivity concept*. International Journal of Nutrition and Food Sciences, 2014. **3**(4): p. 230-237.
32. Tiwari, B.K., N.P. Brunton, and C. Brennan, *Handbook of plant food phytochemicals: Sources, stability and extraction*. 2013: John Wiley & Sons.
33. Azeredo, H., *Betalains: properties, sources, applications, and stability—a review*. International Journal of Food Science & Technology, 2009. **44**(12): p. 2365-2376.
34. Gandía-Herrero, F. and F. García-Carmona, *Biosynthesis of betalains: yellow and violet plant pigments*. Trends in plant science, 2013. **18**(6): p. 334-343.
35. Loughton, M.J., et al., *Inhibition of mammalian 5-lipoxygenase and cyclo-oxygenase by flavonoids and phenolic dietary additives: relationship to antioxidant activity and to iron ion-reducing ability*. Biochemical pharmacology, 1991. **42**(9): p. 1673-1681.
36. Yen, G.-C., P.-D. Duh, and H.-L. Tsai, *Antioxidant and pro-oxidant properties of ascorbic acid and gallic acid*. Food Chemistry, 2002. **79**(3): p. 307-313.
37. You, B.R. and W.H. Park, *Gallic acid-induced lung cancer cell death is related to glutathione depletion as well as reactive oxygen species increase*. Toxicology in Vitro, 2010. **24**(5): p. 1356-1362.
38. De Leo, M., et al., *Profiling the chemical content of Opuntia ficus-indica flowers by HPLC–PDA-ESI-MS and GC/EIMS analyses*. Phytochemistry Letters, 2010. **3**(1): p. 48-52.
39. Ahmed, M., et al., *Antiinflammatory flavonoids from Opuntia dillenii (Ker-Gawl) Haw. flowers growing in Egypt*. Phytotherapy Research, 2005. **19**(9): p. 807-809.

40. Bensadón, S., et al., *By-products of Opuntia ficus-indica as a source of antioxidant dietary fiber*. Plant foods for human nutrition, 2010. **65**(3): p. 210-216.
41. Fernández-López, J.A., et al., *Determination of antioxidant constituents in cactus pear fruits*. Plant Foods for Human Nutrition, 2010. **65**(3): p. 253-259.
42. Galati, E.M., et al., *Effect of Opuntia ficus-indica (L.) Mill. cladodes in the wound-healing process*. Journal of the Professional Association for Cactus Development, 2003. **5**: p. 1-16.
43. Ramadan, M.F. and J.-T. Mörsel, *Recovered lipids from prickly pear [Opuntia ficus-indica (L.) Mill] peel: a good source of polyunsaturated fatty acids, natural antioxidant vitamins and sterols*. Food Chemistry, 2003. **83**(3): p. 447-456.
44. Psomiadou, E. and M. Tsimidou, *Pigments in Greek virgin olive oils: occurrence and levels*. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2001. **81**(7): p. 640-647.
45. Piga, A., *Cactus pear: a fruit of nutraceutical and functional importance*. Journal of the Professional Association for Cactus Development, 2004. **6**: p. 9-22.
46. Ramadan, M.F. and J.-T. Moersel, *Lipid profile of prickly pear pulp fractions*. Journal of Food, Agriculture and Environment, 2003. **1**: p. 66-70.
47. Nassar, A., *Chemical composition and functional properties of prickly pear (Opuntia ficus indica) seeds flour and protein concentrate*. World Journal of Dairy & Food Sciences, 2008. **3**(1): p. 11-16.
48. Stintzing, F.C. and R. Carle, *Cactus stems (Opuntia spp.): A review on their chemistry, technology, and uses*. Molecular nutrition & food research, 2005. **49**(2): p. 175-194.
49. Abidi, S., et al., *Supplementation with barley or spineless cactus (Opuntia ficus indica f. inermis) cladodes on digestion, growth and intramuscular fatty acid composition in sheep and goats receiving oaten hay*. Small Ruminant Research, 2009. **87**(1): p. 9-16.
50. Ennouri, M., et al., *Fatty acid composition and rheological behaviour of prickly pear seed oils*. Food Chemistry, 2005. **93**(3): p. 431-437.
51. Filip, S., J. Hribar, and R. Vidrih, *Influence of natural antioxidants on the formation of trans-fatty-acid isomers during heat treatment of sunflower oil*. European journal of lipid science and technology, 2011. **113**(2): p. 224-230.
52. Lee, Y.-C., et al., *Food functionality of Opuntia ficus-indica var. cultivated in Jeju Island*. Preventive Nutrition and Food Science, 2005. **10**(1): p. 103-110.
53. Jana, S., *Nutraceutical and functional properties of catus pear (Opuntia spp.) and its utilization for Food Applications*. JERS, 2012. **3**(2): p. 60-66.
54. De Smet, P.A., *Herbal remedies*. New England Journal of Medicine, 2002. **347**(25): p. 2046-2056.
55. Kleiner, O., Z. Cohen, and A. Mares, *Low colonic obstruction due to Opuntia ficus indica seeds: the aftermath of enjoying delicious cactus fruits Sir*. Acta Paediatrica, 2002. **91**(5): p. 606-607.
56. Gagnier, J.J., et al., *Quality of reporting of randomized controlled trials of herbal medicine interventions*. The American journal of medicine, 2006. **119**(9): p. 800. e1-800. e11.
57. Berraaouan, A., et al., *Evaluation of protective effect of cactus pear seed oil (Opuntia ficus-indica L. MILL.) against alloxan-induced diabetes in mice*. Asian Pacific journal of tropical medicine, 2015. **8**(7): p. 532-537.
58. Kevers, C., et al., *Antioxidant capacity of small dark fruits: Influence of cultivars and harvest time*. Journal of Berry Research, 2014. **4**(2): p. 97-105.

59. Shapiro, K. and W.C. Gong, *Natural products used for diabetes*. Journal of the American Pharmaceutical Association (1996), 2002. **42**(2): p. 217-226.
60. Taddei-Bringas, G.A., et al., *Acceptance and use of medicinal plants in family medicine*. Salud publica de Mexico, 1999. **41**(3): p. 216-220.
61. Bastyr, E.J., et al., *Therapy focused on lowering postprandial glucose, not fasting glucose, may be superior for lowering HbA1c*. IOEZ Study Group. Diabetes care, 2000. **23**(9): p. 1236-1241.
62. Tesoriere, L., et al., *Biothiols, taurine, and lipid-soluble antioxidants in the edible pulp of Sicilian cactus pear (Opuntia ficus-indica) fruits and changes of bioactive juice components upon industrial processing*. Journal of agricultural and food chemistry, 2005. **53**(20): p. 7851-7855.
63. RIACHI, F. and Y.H. PACHA, *Antihyperglycemic activity of prickly pear (Opuntia ficus-indica) aqueous extract*. 2012.
64. Leem, K.-H., et al., *Hypoglycemic effect of Opuntia ficus-indica var. saboten is due to enhanced peripheral glucose uptake through activation of AMPK/p38 MAPK pathway*. Nutrients, 2016. **8**(12): p. 800.
65. Nuñez-López, M.A., O. Paredes-López, and R. Reynoso-Camacho, *Functional and hypoglycemic properties of nopal cladodes (O. ficus-indica) at different maturity stages using in vitro and in vivo tests*. Journal of agricultural and food chemistry, 2013. **61**(46): p. 10981-10986.
66. Rodríguez-García, M., et al., *Physicochemical characterization of nopal pads (Opuntia ficus indica) and dry vacuum nopal powders as a function of the maturation*. Plant Foods for Human Nutrition, 2007. **62**(3): p. 107-112.
67. Pinos-Rodríguez, J., et al., *Effects of cladode age on biomass yield and nutritional value of intensively produced spineless cactus for ruminants*. South African Journal of Animal Science, 2010. **40**(3): p. 245-250.
68. Sánchez, D., et al., *Highly methoxylated pectin improves insulin resistance and other cardiometabolic risk factors in Zucker fatty rats*. Journal of agricultural and food chemistry, 2008. **56**(10): p. 3574-3581.
69. Andrade-Cetto, A. and H. Wiedenfeld, *Anti-hyperglycemic effect of Opuntia streptacantha Lem.* Journal of ethnopharmacology, 2011. **133**(2): p. 940-943.
70. Cani, P.D., et al., *Improvement of glucose tolerance and hepatic insulin sensitivity by oligofructose requires a functional glucagon-like peptide 1 receptor*. Diabetes, 2006. **55**(5): p. 1484-1490.
71. Butterweck, V., et al., *Comparative evaluation of two different Opuntia ficus-indica extracts for blood sugar lowering effects in rats*. Phytotherapy research, 2011. **25**(3): p. 370-375.
72. Hahm, S.-W., J. Park, and Y.-S. Son, *Opuntia humifusa stems lower blood glucose and cholesterol levels in streptozotocin-induced diabetic rats*. Nutrition Research, 2011. **31**(6): p. 479-487.
73. Frati-Munari, A., et al., *Hypoglycemic action of Opuntia streptacantha Lemaire: study using raw extracts*. Archivos de investigación médica, 1989. **20**(4): p. 321-325.
74. Frati, A.C., et al., *Acute hypoglycemic effect of Opuntia streptacantha Lemaire in NIDDM*. Diabetes Care, 1990. **13**(4): p. 455-456.
75. Frati-Munari, A.C., et al., *Hypoglycemic effect of Opuntia streptacantha Lemaire in NIDDM*. Diabetes Care, 1988. **11**(1): p. 63-66.

76. Frati, A.C., E. Jiménez, and C.R. Ariza, *Hypoglycemic effect of Opuntia ficus indica in non insulin-dependent diabetes mellitus patients*. Phytotherapy research, 1990. **4**(5): p. 195-197.
77. Godard, M.P., et al., *Acute blood glucose lowering effects and long-term safety of OpunDia™ supplementation in pre-diabetic males and females*. Journal of ethnopharmacology, 2010. **130**(3): p. 631-634.
78. López-Romero, P., et al., *The effect of nopal (Opuntia ficus indica) on postprandial blood glucose, incretins, and antioxidant activity in Mexican patients with type 2 diabetes after consumption of two different composition breakfasts*. Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics, 2014. **114**(11): p. 1811-1818.
79. Shane-McWhorter, L., *Botanical dietary supplements and the treatment of diabetes: what is the evidence?* Current Diabetes Reports, 2005. **5**(5): p. 391-398.
80. Tall, A.R. and L. Yvan-Charvet, *Cholesterol, inflammation and innate immunity*. Nature Reviews Immunology, 2015. **15**(2): p. 104.
81. Katsube, T., et al., *Screening for antioxidant activity in edible plant products: comparison of low-density lipoprotein oxidation assay, DPPH radical scavenging assay, and Folin–Ciocalteu assay*. Journal of agricultural and food chemistry, 2004. **52**(8): p. 2391-2396.
82. Keller, J., et al., *Antiatherogenic and antitumoral properties of Opuntia cladodes: inhibition of low density lipoprotein oxidation by vascular cells, and protection against the cytotoxicity of lipid oxidation product 4-hydroxynonenal in a colorectal cancer cellular model*. Journal of physiology and biochemistry, 2015. **71**(3): p. 577-587.
83. Garoby-Salom, S., et al., *Dietary cladode powder from wild type and domesticated Opuntia species reduces atherogenesis in apoE knock-out mice*. Journal of physiology and biochemistry, 2016. **72**(1): p. 59-70.
84. Budinsky, A., et al., *Regular ingestion of Opuntia robusta lowers oxidation injury. Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids (PLEFA)*, 2001. **65**(1): p. 45-50.
85. Osuna-Martínez, U., J. Reyes-Esparza, and L. Rodríguez-Fragoso, *Cactus (Opuntia ficus indica): a review on its antioxidants properties and potential pharmacological use in chronic diseases*. Natural Products Chemistry & Research, 2014.
86. Fernandez, M.L., A. Trejo, and D.J. McNamara, *Pectin isolated from prickly pear (Opuntia sp.) modifies low density lipoprotein metabolism in cholesterol-fed guinea pigs*. The Journal of nutrition, 1990. **120**(11): p. 1283-1290.
87. Cárdenas, M.M., S.S. Serna, and J. de la Garza Velazco, *Effect of raw and cooked nopal (Opuntia ficus indica) ingestion on growth and profile of total cholesterol, lipoproteins, and blood glucose in rats*. Archivos latinoamericanos de nutrición, 1998. **48**(4): p. 316-323.
88. Galati, E., et al., *Biological activity of Opuntia ficus indica cladodes II: Effect on experimental hypercholesterolemia in rats*. Pharmaceutical biology, 2003. **41**(3): p. 175-179.
89. Wolfram, R.M., et al., *Effect of prickly pear (Opuntia robusta) on glucose-and lipid-metabolism in non-diabetics with hyperlipidemia--a pilot study*. Wiener Klinische Wochenschrift, 2002. **114**(19-20): p. 840-846.
90. Allegra, M., L. Tesoriere, and M.A. Livrea, *Betanin inhibits the myeloperoxidase/nitrite-induced oxidation of human low-density lipoproteins*. Free radical research, 2007. **41**(3): p. 335-341.

91. Tesoriere, L., et al., *Absorption, excretion, and distribution of dietary antioxidant betalains in LDLs: potential health effects of betalains in humans*. The American journal of clinical nutrition, 2004. **80**(4): p. 941-945.
92. Linarès, E., C. Thimonier, and M. Degre, *The effect of neopuntia® on blood lipid parameters—Risk factors for the metabolic syndrome (Syndrome X)*. Advances in therapy, 2007. **24**(5): p. 1115-1125.
93. Subramoniam, A. and P. Pushpangadan, *Development of phytomedicines for liver disease*. Indian journal of Pharmacology, 1999. **31**(3): p. 166.
94. Galati, E., et al., *Opuntia ficus indica (L.) Mill. fruit juice protects liver from carbon tetrachloride-induced injury*. Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives, 2005. **19**(9): p. 796-800.
95. Ncibi, S., et al., *Opuntia ficus indica extract protects against chlorpyrifos-induced damage on mice liver*. Food and chemical toxicology, 2008. **46**(2): p. 797-802.
96. Karbach, S., et al., *Hyperglycemia and oxidative stress in cultured endothelial cells—a comparison of primary endothelial cells with an immortalized endothelial cell line*. Journal of diabetes and its complications, 2012. **26**(3): p. 155-162.
97. Zou, D.-m., et al., *Cactus pear: a natural product in cancer chemoprevention*. Nutrition journal, 2005. **4**(1): p. 25.
98. Sreekanth, D., et al., *Betanin a betacyanin pigment purified from fruits of Opuntia ficus-indica induces apoptosis in human chronic myeloid leukemia Cell line-K562*. Phytomedicine, 2007. **14**(11): p. 739-746.
99. Palevitch, D., G. Earon, and I. Levin, *Treatment of benign prostatic hypertrophy with Opuntia ficus-indica (L.) Miller*. Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants, 1993. **2**(1): p. 45-49.
100. Zayachkivska, O., et al., *Gastroprotective effects of flavonoids in plant extracts*. Journal of Physiology and Pharmacology. Supplement, 2005. **56**(1): p. 219-231.
101. Chao, J.C.-J., et al., *Effects of Ginkgo biloba extract on cytoprotective factors in rats with duodenal ulcer*. World journal of gastroenterology, 2004. **10**(4): p. 560.
102. Tadić, V.M., et al., *Anti-inflammatory, gastroprotective, free-radical-scavenging, and antimicrobial activities of hawthorn berries ethanol extract*. Journal of agricultural and food chemistry, 2008. **56**(17): p. 7700-7709.
103. Galati, E.M., et al., *Chemical characterization and biological effects of Sicilian Opuntia ficus indica (L.) Mill. fruit juice: antioxidant and antiulcerogenic activity*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2003. **51**(17): p. 4903-4908.
104. Ito, S., et al., *Rapid repair of injured gastric mucosa*. Scandinavian journal of gastroenterology. Supplement, 1984. **101**: p. 87-95.
105. Brieger, K., et al., *Reactive oxygen species: from health to disease*. Swiss medical weekly, 2012. **142**: p. w13659.
106. Tesoriere, L., et al., *Supplementation with cactus pear (Opuntia ficus-indica) fruit decreases oxidative stress in healthy humans: a comparative study with vitamin C*. The American journal of clinical nutrition, 2004. **80**(2): p. 391-395.
107. Alimi, H., et al., *Protective effect of Opuntia ficus indica f. inermis prickly pear juice upon ethanol-induced damages in rat erythrocytes*. Alcohol, 2012. **46**(3): p. 235-243.
108. Avila-Nava, A., et al., *Extract of cactus (Opuntia ficus indica) cladodes scavenges reactive oxygen species in vitro and enhances plasma antioxidant capacity in humans*. Journal of Functional Foods, 2014. **10**: p. 13-24.

109. Wiese, J., et al., *Effect of Opuntia ficus indica on symptoms of the alcohol hangover*. Archives of Internal Medicine, 2004. **164**(12): p. 1334-1340.
110. Jonas, A., et al., *Cactus flower extracts may prove beneficial in benign prostatic hyperplasia due to inhibition of 5 α reductase activity, aromatase activity and lipid peroxidation*. Urological research, 1998. **26**(4): p. 265-270.
111. Galati, E., et al., *Biological effect of Opuntia ficus indica (L.) Mill.(Cactaceae) waste matter: Note I: diuretic activity*. Journal of Ethnopharmacology, 2002. **79**(1): p. 17-21.