



ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΟΛΙΚΗΣ ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ
ΤΩΝ ΚΑΡΠΩΝ ΤΗΣ ΦΡΑΓΚΟΣΥΚΙΑΣ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ
DPPH**



ΝΤΟΥΛΙΑΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

Επιβλέπων καθηγητής : Καριπίδης Χαράλαμπος

Άρτα

Μάιος 2021

Δήλωση μη λογοκλοπής

Δηλώνεται υπεύθυνα και γνωρίζοντας τις κυρώσεις του Ν. 2121/1993 περί Πνευματικής Ιδιοκτησίας, ότι η παρούσα πτυχιακή εργασία είναι εξολοκλήρου αποτέλεσμα δικής μας ερευνητικής εργασίας, δεν αποτελεί προϊόν αντιγραφής ούτε προέρχεται από ανάθεση σε τρίτους. Όλες οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν (κάθε είδους μορφής και προέλευσης) για την συγγραφή της, περιλαμβάνονται στην βιβλιογραφία.

Ντούλιας Δημήτριος

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ολοκλήρωση της πτυχιακής εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους αξιότιμους καθηγητές της επιτροπής, κ.κ. Ζήση Κωνσταντίνο και Υφαντή Παρασκευή. Ιδιαίτερη μνεία για την πολύτιμη βοήθειά του και την αμέριστη συνεργασία του και υπομονή του σε όλα τα στάδια της εκπόνησης της παρούσας εργασίας θα ήθελα να κάνω στον επιβλέπων καθηγητή Δρ Καριπίδη Χαράλαμπο. Βέβαια δεν θα μπορούσα να μην αναφέρω και τους γονείς μου που στήριξαν όλα αυτά τα χρόνια τις επιλογές μου και ήταν σταθεροί αρωγοί στις σπουδές μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το φραγκόσυκο είναι ένα πολύ ιδιαίτερο, σχεδόν «εξωτικό» σύμφωνα με ορισμένους, φρούτο που φύεται σε όλη την Ελλάδα ακόμα και στις πιο αντίξοες συνθήκες. Πλούσιο σε φυτικές ίνες, βιταμίνες, μεταλλικά άλατα και με ευχάριστη γεύση τείνει να ενταχτεί στα αγαπημένα super foods των καταναλωτών. Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η ολική αντιοξειδωτική ικανότητα των καρπών αυτοφυών φυτών από την περιοχή του Λούρου Πρέβεζας, ούτως ώστε να προσδιοριστεί ποσοτικά και να αξιολογηθεί. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος DPPH σε εκχύλισμα της σάρκας ώριμων καρπών. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα φραγκόσυκα, στην αυτοφυή τους μορφή, έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε αντιοξειδωτικά.

Λέξεις κλειδιά: Φραγκόσυκα, Αντιοξειδωτικά, DPPH

ABSTRACT

Prickly pear is a very special, almost “exotic”, according to some people, fruit that grows up all over Greece even in the most adverse circumstances. Rich in fibers, vitamins, minerals and with a pleasant taste tends to become one of the favorite super foods of the consumers. In the present project was studied the total antioxidant capacity of the native fruit growing in the area of Louros Prevezas in order to be to be quantified and evaluated. For the purpose we used the DPPH method in extracts of the flesh of full matured fruit. The results showed that prickly pear, in their native form, are high containing in antioxidants.

Key words: Prickly pear, Antioxidants, DPPH

Πίνακας περιεχομένων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	4
ABSTRACT	5
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ.....	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	7
1.1. Opuntia Ficus Indica	7
1.1.1. Περιγραφή φυτού	7
1.1.2. Ιστορία	8
1.1.3. Συστηματική Ταξινόμηση	9
1.1.4. Χαρακτηριστικά.....	9
1.1.5. Χημική Ανάλυση	11
1.1.6. Αναπαραγωγή του φραγκόσκου	12
1.1.7. Οι καρποί	12
1.1.8. Οι βλαστοί	14
1.1.9. Τα φύλλα.....	14
1.1.10. Άνθη.....	15
1.1.11. Επιβίωση	15
1.1.12. Οφέλη για την κτηνοτροφία.....	16
1.1.13. Πρόσθετες μελέτες για το φραγκόσκου	17
1.2. Αντιοξειδωτικά.....	18
1.2.1. Οξειδωτικό στρες, Ιστορική αναδρομή- Ορισμός	18
1.2.2. Ελεύθερες ρίζες και δραστικά είδη O ₂	19
1.2.3. Σχηματισμός ελευθέρων ριζών.....	21
1.2.4. Επιπτώσεις οξειδωτικού στρες στα βιομόρια.....	22
1.2.5. Αντιοξειδωτική άμυνα.....	23
1.2.6. Πηγές αντιοξειδωτικών	23
1.2.7. Ο ρόλος των αντιοξειδωτικών	24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	26
2.1. Σκοπός της εργασίας	26
2.2. Η μέθοδος προσδιορισμού της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας DPPH.....	26
2.3. Υλικά, εξοπλισμός και αντιδραστήρια	27
2.4. Πειραματική διαδικασία	28
2.5. Αποτελέσματα - Συμπεράσματα.....	32
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΪΑ.....	34

1. Θεωρητικό Μέρος

1.1. OpuntiaFicus-indica

Εικόνα 1:
Εικονογράφηση της
Opuntia



1.1.1. Περιγραφή φυτού

Η Οπουντία ή ινδική συκή (*Opuntiaficus-indica*) ή κοινώς η φραγκοσυκιά είναι ένα είδος κάκτου που έχει εδώ καιρό γίνει ένα εξημερωμένο είδος, σημαντικό στον τομέα των γεωργικών οικονομιών των καλλιεργειών σε όλες τις άνυδρες και ημιάνυδρες περιοχές του κόσμου. Θεωρείται ότι ενδεχομένως προέρχεται από το Μεξικό.

Μερικές από τις κοινές Αγγλικές ονομασίες για το φυτό και τον καρπό του είναι το «Ινδικό σύκο οπουντία», το «σύκο βαρβαρίας», ο «κάκτος αχλάδι», ο «ασπόνδυλος κάκτος» και το «αγκαθωτό αχλάδι», αν και αυτή η τελευταία ονομασία, επίσης εφαρμόζεται και σε άλλα λιγότερο κοινά είδη Οπουντίας (*Opuntia*). Στο Ισπανόφωνο Μεξικό το φυτό ονομάζεται nopal ενώ ο καρπός του ονομάζεται tuna, ονομασίες που χρησιμοποιούνται επίσης και στα Αμερικανικά Αγγλικά, ιδίως στους όρους της μαγειρικής. Ο καρπός του ονομάζεται στην Ελλάδα φραγκόσυκο, στην Κύπρο παπουτσόσυκο, στην Αιθιοπία beles, στην Αλβανία fikdeti (που σημαίνει σύκο της θάλασσας), στο Ισραήλ sabra, στη Μάλτα bajtra και στην Τυνησία ElHindi. Στη Σικελία, ο καρπός της φραγκοσυκιάς «αγκαθωτό αχλάδι», είναι γνωστός ως ficudinnia (η Ιταλική του ονομασία είναι ficod'India, που σημαίνει «Ινδικό σύκο»)(El-Mostafa etal., 2014).

1.1.2. Ιστορία

Η πατρίδα της φραγκοσυκιάς είναι η Κεντρική Αμερική - Μεξικό. Εισήχθη στην Ευρώπη και στη συνέχεια σε όλο τον κόσμο από τους θαλασσοπόρους, οι οποίοι επέστρεψαν από την ανακάλυψη της Αμερικής κατά τον 15ο-16ο αιώνα. Η πρώτη περιγραφή της έγινε το 1535 από τον Ισπανό Gonçalo Hernández de Oviedo y Valdés στην «Ιστορία των Ανατολικών Ινδιών».

Η φραγκοσυκιά είναι το εθνικό φυτό του Μεξικού, τόσο που απεικονίζεται στη σημαία τους. Σύμφωνα με τον μύθο, οι θεοί είπαν στους Αζτέκους να χτίσουν την πρωτεύουσά τους εκεί που θα δουν έναν αετό να σκοτώνει ένα φίδι, καθισμένος πάνω σε μια φραγκοσυκιά (νοπάλ) και έτυχε να είναι πάνω σ' ένα βράχο σ' ένα νησί μέσα σε λίμνη κι εκεί έχτισαν το Τενοχτιτλάν, που σημαίνει «φραγκόσυκο πάνω στο βράχο» (στη γλώσσα Ναχουάτλ, το φραγκόσυκο λέγεται νόχτλι), που σήμερα είναι η πόλη του Μεξικού.



Εικόνα 2: Λεπτομέρεια της σημαίας του Μεξικό

Στις αρχές της δεκαετίας του 1900, στις Ηνωμένες Πολιτείες, ο καρπός της φραγκοσυκιάς, εισάγονταν από το Μεξικό και τις χώρες της Μεσογείου, για να ικανοποιήσει τον αυξανόμενο πληθυσμό των μεταναστών που έφταναν από την Ιταλία και την Ελλάδα. Ο καρπός έχασε τη δημοτικότητά του κατά τα μέσα της δεκαετίας του 1950, αλλά έχει αυξήσει τη δημοτικότητά του από τα τέλη της δεκαετίας του 1990, λόγω της εισροής των μεταναστών από το Μεξικό. Πρόσφατα, οι βιομηχανίες βοοειδών στις Ηνωμένες Πολιτείες, έχουν αρχίσει να καλλιεργούν την οπουντία την ινδική συκή (*Opuntia ficus-indica*), ως μια νέα

πηγή τροφής των βοοειδών των. Ο κάκτος καλλιεργείται τόσο ως πηγή τροφοδοσίας όσο και ως περίφραξη. Τα βοοειδή αποφεύγουν τα αιχμηρά αγκάθια του κάκτου περίφραξης και δεν περιπλανώνται εκτός των ορίων που περικλείονται από αυτήν. Τα σκευάσματα κάκτου, με τα οποία τρέφονται τα βοοειδή, είναι χαμηλά σε ξηρή ύλη και ακατέργαστη πρωτεΐνη, αλλά είναι χρήσιμα ως συμπλήρωμα σε συνθήκες ξηρασίας. Πέρα από την διατροφική αξία, η περιεκτικότητα σε υγρασία, ουσιαστικά περιορίζει την ανάγκη για το πότισμα των βοοειδών και την ανθρώπινη προσπάθεια για την επίτευξη αυτής της εργασίας. Η Οπουντία επίσης καλλιεργείται σε *noiralgies* για να χρησιμεύσει ως ένα φυτό ξενιστής για τα έντομα κοχενίλης, τα οποία παράγουν τις επιθυμητές κόκκινες και μωβ βαφές, πρακτική που χρονολογείται από την προ-Κολομβιανή εποχή.

Η εκδοχή 1975–1988 του Οικοσήμου της Μάλτας, επίσης παρουσιάζει μια φραγκοσουκιά, μαζί με μια παραδοσιακή *dghajsa*, ένα φτυάρι και μια πιρούνα, με τον ανατέλλοντα ήλιο στον ορίζοντα. Στη Μάλτα, το λικέρ που ονομάζεται *bajtra* (η ονομασία του φραγκόσουκου στη Μάλτα), είναι παρασκευασμένο από αυτόν τον καρπό, ο οποίος μπορεί να βρεθεί να φύεται αγρίως, στα περισσότερα χωράφια. Στο νησί της Αγίας Ελένης, το φραγκόσουκο δίνει το όνομά του στο τοπικά αποσταγμένο λικέρ, *TungiSpirit*. Το φυτό θεωρείται επιβλαβές είδος, σε ορισμένα μέρη της Λεκάνης της Μεσογείου, λόγω της ικανότητάς του να εξαπλώνονται ταχέως πέρα από τις ζώνες όπου αρχικά καλλιεργείτο (Κόκκα 2017).

1.1.3. Συστηματική ταξινόμηση

Η Οπουντία ανήκει στο βασίλειο των φυτών (*Plantae*), στη συνομοταξία Αγγειόσπερμα (*Magnoliophyta*), στην ομοταξία Δικοτυλήδονα (*Magnoliopsida*), στην υποομοταξία Καρυοφυλλίδες (*Caryophyllidae*), στην τάξη Καρυοφυλλώδη (*Caryophyllales*), στην οικογένεια Κακτίδες (*Cactaceae*) και στο γένος Οπουντία (*Opuntia*) (Βικιπαίδεια).

1.1.4. Χαρακτηριστικά

Η φραγκοσουκιά είναι ένα κακτοειδές φυτό, με πολλά κλαδιά, το οποίο μπορεί να φτάσει σε ύψος μέχρι τα 3-5 μέτρα. Δεν έχει κορμό και αποτελείται από

σαρκώδη επίπεδα τμήματα («φύλλα») με μορφή ελλειπτικού δίσκου, ενωμένα μεταξύ τους. Ο καρπός της φραγκοσυκιάς είναι το φραγκόσυκο, ο οποίος είναι ένα από κίτρινο (πριν ωριμάσει πλήρως) προς ροδοκόκκινο (όταν ωριμάσει) φρούτο με μικρά αγκαθάκια, σαν χνούδι, στην επιφάνειά του. Τα φραγκόσυκα αναπτύσσονται περιμετρικά στην άκρη των επίπεδων τμημάτων της φραγκοσυκιάς και έχουν βάρος 150-400 γραμμάρια. Τα άνθη της είναι κίτρινα, χωρίς μίσχο. Γενικά είναι ένας πολυετής, δενδρόμορφος, πυκνόμορφος, αειθαλής θάμνος, με βλαστό όρθιο.



Εικόνα 3: Απεικόνιση του φυτού της φραγκοσυκιάς από τον Miller

Στην Ελλάδα απαντάται ημιαυτοφυής και πολλές φορές αυτοφυής. Ευδοκίμει σε θερμούς και ηλιόλουστους τόπους, χωρίς ιδιαίτερη προτίμηση στο έδαφος, αρκεί αυτό να μην είναι υγρό ή να στραγγίζεται καλώς, ήτοι σε βραχώδης, πετρώδεις, αμμώδεις ή ξηρές τοποθεσίες, σε αβαθή εδάφη ή μετρίου βάθους, φτωχά σε οργανική ύλη, οξέα ή ελαφρώς αλκαλικά ή σε βουνοπλαγιές. Στα αργιλώδη και ασβεστώδη εδάφη ευδοκίμει λιγότερο απ' όσο στα μεσαίας συστάσεως. Η ανάπτυξη της σε βραχώδη εδάφη επιτυγχάνεται χάριν του ισχυρού συστήματος ριζών το οποίο διαθέτει και σιγά – σιγά προκαλεί διάσπαση και αποσάθρωση αυτών. Το δυνατό ριζικό «οπλικό» σύστημα ίσως είναι μία από τις αιτίες που η φραγκοσυκιά δείχνει προτίμηση σε πρόποδες λοφίσκων, πετρώδεις εκτάσεις, ή επικλινή εδάφη παρά στους κάμπους. Ένας

άλλος λόγος που συνηγορεί σ' αυτήν την ιδιόρρυθμη προτίμηση, είναι το γεγονός ότι φοβάται την ασφυξία των ριζών, η οποία προέρχεται από άφθονα ή στάσιμα νερά. Είναι φυτό ανθεκτικό στην ξηρασία και προσπαθεί να αποθηκεύει νερό στους ιστούς του όταν το βρίσκει, για τις δύσκολες ημέρες που συχνά έρχονται. Είναι αξιοσημείωτο πως και την υγρασία αξιοποιεί αφού την απορροφά και την μετατρέπει σε νερό στους ιστούς του. Η προσφορά της φραγκοσυκιάς είναι τεράστια τόσο στον άνθρωπο όσο και στα ζώα τα οποία την επιδιώκουν μετά μανίας τόσο τους καλοκαιρινούς όσο και τους χειμερινούς μήνες.

Η επιφάνεια του καρπού, δηλαδή του φραγκόσυκου, καλύπτεται αφενός από σκούρα κομπάκια και αφετέρου από πολύ μικρά αγκαθάκια, τα οποία μοιάζουν με χνούδι και δε γίνονται άμεσα αντιληπτά. Είναι πιθανό να πιάνει κανείς τα φραγκόσυκα για κάποιο χρόνο (λεπτά) πριν αρχίσει να νιώθει την ενόχληση από τα αγκάθια. Για τη συλλογή του και το καθάρισμά του πριν την κατανάλωση, πρέπει να το πιάνει κανείς με κάποιο μέσο (π.χ. χαρτί, γάντι) ή εργαλείο (πιρούνι) ώστε να μην έρχεται σε επαφή με το δέρμα. Ο καρπός της οπουντίας της ινδικής συκής, εάν καταναλωθεί με τους σπόρους μπορεί να προκαλέσει δυσκοιλιότητα, ενώ, γίνεται καθαρτικό εάν καταναλωθεί χωρίς τους σπόρους. Τα φυτό ανθίζει σε τρία ευδιάκριτα χρώματα: λευκό, κίτρινο και κόκκινο. Τα άνθη εμφανίζονται για πρώτη φορά στις αρχές Μαΐου, από τις αρχές του καλοκαιριού στο βόρειο ημισφαίριο και οι καρποί ωριμάζουν από τον Αύγουστο μέχρι τον Οκτώβριο (Κόκκα 2017).

1.1.5. Χημική ανάλυση

Η χημική ανάλυση του εδώδιμου μέρους του φραγκόσυκου δημοσιεύτηκε σε έκδοση του Γενικού Χημείου του Κράτους της Κύπρου. Αυτό που βρέθηκε ήταν ότι τα 82 γραμμάρια από τα 100 ήταν νερό. Η περιεκτικότητα του σε θρεπτικά συστατικά παρατίθεται στον παρακάτω πίνακα 1 (Βικιπαίδεια).

Πίνακας 1:Περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά του φραγκόσουκου

Διατροφική αξία 100 g (3.5 oz)		Βιταμίνες		Ανόργανα στοιχεία	
Ενέργεια	172 kJ	Βιταμίνη Α	25 µg (3%)	Ασβέστιο	56 mg (6%)
Θερμίδες	41 kcal	Ριβοφλαβίνη (B₂)	0,1 mg (8%)	Σίδηρος	0,3 mg (2%)
Υδατάνθρακες	9,6 g	Νιασίνη (B₃)	0,5 mg (3%)	Μαγνήσιο	85 mg (24%)
Φυτικές ίνες	3,6 g	Βιταμίνη Β₆	0,1 mg (8%)	Φωσφόρος	24 mg (3%)
Λιπαρά	0,5 g	Φυλλικό οξύ (B₉)	6 µg (2%)	Κάλιο	220 mg (5%)
Πρωτεΐνες	2,5 g	Βιταμίνη C	14,0 mg (17%)	Ψευδάργυρος	0,1 mg (1%)
Μονάδεςμέτρησης µg = micrograms, mg = milligrams IU = International units					
Τα ποσοστά είναι χοντρικά χρησιμοποιώντας τις συστάσεις των ΗΠΑ για τους ενήλικες					

1.1.6.Αναπαραγωγή του φραγκόσουκου

Οποιοδήποτε μέρος του φυτού ριζοβολά, κάνοντας πολύ εύκολη την αναπαραγωγή του. Στην Αυστραλία δημιουργήθηκαν προβλήματα από τη ραγδαία εξάπλωση του φυτού και για την αντιμετώπισή του εισάχθηκε έντομο από την κεντρική Αμερική που περιόρισε σημαντικά την έκτασή του. Το φυτό χρησιμοποιείται συχνά ως φυτοφράκτης. Φράκτες από φραγκοσουκιές μπορούν να λειτουργήσουν αποτρεπτικά στην εξάπλωση δασικών πυρκαγιών διότι ο σαρκώδης κορμός περιέχει νερό και καίγεται δύσκολα. Ο καρπός του, το φραγκόσυκο καταναλώνεται ως φρούτο αλλά πριν το φάει κανείς θα πρέπει να το καθαρίσει προσεκτικά γιατί είναι γεμάτο μικροσκοπικά αγκάθια. Το φραγκόσυκο πολλαπλασιάζεται δύσκολα με σπέρματα, ευκολότερα όμως με μοσχεύματα, (αγενής γένεση ή αγενής πολλαπλασιασμός), δηλαδή κομμάτια των φυλλοκλαδίων, που αφήνονται μερικές ημέρες στην ύπαιθρο και κατόπιν φυτεύονται(Βικιπαίδεια).

1.1.7.Οι καρποί

Ο καρπός της φραγκοσουκιάς είναι ράγα, έχει σχήμα ωοειδές, ή υποσφαιρικό πεπλατυσμένο στην κορυφή και σχηματίζει το βοθρίο. Είναι γεμάτος γλωχίνες

(αγκάθια) στο περίβλημα, (επικάρπιο), φυόμενα καθ' ομάδας σε μικρές αποστάσεις επί της επιφανείας του, καθώς και στην στεφάνη (κορυφή) του καρπού. Πρόκειται για ένα μέσο αυτοπροστασίας από τους εχθρούς. Είναι σαρκώδης, κίτρινος ή κοκκινωπός, εδώδιμος. Έχει σάρκα γλυκιά, χρώματος πορτοκαλί έως υποκίτρινο στην αρχή της ωριμάνσεως και κοκκινωπό προς κοκκινόμαυρο κατά την υπερωρίμανση. Καταναλώνεται νωπός, αφού αποφλοιωθεί. Έχει γεύση ευχάριστη, γλυκιά, δροσιστική, εξαιρετικώς εύγευστη και εύχυμη.



Εικόνα 4: Ο καρπός της φραγκοσουκιάς σε τομή

Ο καρπός περιέχει βιταμίνη C και ήταν μία από τις πρώτες θεραπείες για το σκορβούτο. Το κόκκινο χρώμα του χυμού οφείλεται στις μπεταλαΐνες (Albano et al., 2015). Το φυτό περιέχει επίσης φλαβονοειδή, όπως κερκετίνη, ισοραμεντίνη και καμπφερόλη. Άλλα συστατικά του πολτού του καρπού, είναι οι υδατάνθρακες (γλυκόζη, φρουκτόζη και άμυλο), πρωτεΐνες και ίνες πλούσιες σε πηκτίνη (Sumaya-Martinez et al., 2011). Οι καρποί συνήθως τρώγονται, αφού προηγουμένως αφαιρεθεί ο παχύς εξωτερικός τους φλοιός και μετά από την ψύξη τους για μερικές ώρες, σε ένα ψυγείο. Έχουν παρόμοια γεύση με ένα ζουμερό, γλυκό καρπούζι. Η έντονη κόκκινη - μωβ ή λευκό - κίτρινη σάρκα, περιέχει πολλούς μικρούς σκληρούς σπόρους που συνήθως καταπίνονται (Esatbeyoglu, Wagner, Schini-Kerth, & Rimbach, 2015).

Οι καρποί χρησιμεύουν ως τονωτικά στην καρδιά λόγω της ουσίας κακτίνη που περιέχουν, αντίδοτο κατά της μέθης, απομακρύνουν πονοκεφάλους, ναυτία ξηροστομία και άλλα. Στην μαγειρική παράγουν δεκάδες φαγητά με κρέας και λαχανικά για τον άνθρωπο. Επίσης γίνονται σαλάτες, επιδόρπια, μεζέδες ακόμη και ψωμί. Δεν έχουν καμία απολύτως τοξικότητα κι έτσι μπορούμε να τα

συνηθίσουμε ως γεύμα. Οι ασθένειες οι οποίες προλαμβάνονται από τη χρήση του φραγκόσκου είναι τα φλεγμονώδη αποστήματα, η διόγκωση της σπλήνας, η ελονοσία, η υπερλιπιδαιμία και η παχυσαρκία, η υπερτροφία του προστάτη, η φλεβίτιδα, οι πνευμονικές παθήσεις. Αποτελεί επίσης πιθανό παράγοντα για την καταπολέμηση ορισμένων μορφών καρκίνου (στήθους, προστάτου, στομάχου, πνευμόνων, παγκρέατος) λόγω των φλαβονοειδών συστατικών που περιέχει. Είναι ένα δυναμωτικό για το ανοσοποιητικό σύστημα ενώ τα άνθη και τα κλαδώδια («φύλλα») χρησιμοποιούνται ως διουρητικά, αντισπασμωδικά, αντιδιαρροϊκά, αιμολυτικά, καθώς για καταπολέμηση της νεφρίτιδας (Kim etal., 2015).

1.1.8. Οι βλαστοί

Οι βλαστοί της φραγκοσυκιάς είναι φυλλοειδώς πεπλατυσμένοι, ενώ στους κάκτους παρατηρούνται διαφοροποιήσεις σε σφαιρικούς ή κυλινδρικούς ή αρθρωτούς, με πολλά φυλλοκλάδια. Έχουν σχήμα ελλειψοειδές, τριγωνικό ή άλλα παρόμοια και χρησιμεύουν ως αποθηκευτικοί χώροι. Περιέχουν μεγάλες ποσότητες νερού για να αντέχουν στις ξηρασίες. Μοιάζουν δηλαδή με σαρκώδη φύλλα, εξ ου και ο όρος βλαστοπαχύφυτα, αλλά είναι βλαστοί με λειτουργικές ιδιότητες φύλλων, μήκους 20 - 50 εκατοστών, πλάτους 10 - 20 εκατοστών και καλύπτονται από κηρώδες στρώμα. Αρχικώς είναι άκρως ευαίσθητοι, προοδευτικώς όμως αυξάνουν και τελικώς αποκτούν ινώδη (ξυλώδη) υπόσταση, για να καταλήξουν στον σχηματισμό του κορμού ο οποίος είναι το κεντρικό μέρος του φυτού απ' το οποίο γίνονται οι διακλαδώσεις, αλλά και το γηραιότερο. Επίσης έχουν στην επιφάνειά τους πολλές και σκληρές ίνες, τα αγκάθια, κέντρα, ακίδες ή γλωχίνες. Ασκούν δε και την φωτοσυνθετική λειτουργία του φυτού (Κόκκα 2017).

1.1.9. Φύλλα

Η φραγκοσυκιά δεν έχει φύλλα. Τα φύλλα της έχουν υποστεί «ισχυράνπρήρωσιν» και έχουν μετατραπεί σε ακάνθας, ή φυλλακάνθας, όπως ευρίσκομε τον όρον στο «Περί φυτών ιστορία» έργο του αρχαίου Έλληνα βοτανολόγου Θεοφράστου. Είναι μικρά, βελονοειδή, εύπτωτα, σκληρά, μυτερά όργανα και επιτυγχάνουν δύο στόχους. Πρώτον, μειώνουν την διαπνοή ώστε να

μη χάνεται το αποταμιευμένο νερό, και δεύτερον προστατεύουν από την επιδρομή των φυτοφάγων ζώων.

1.1.10. Άνθη

Τα άνθη είναι μεγάλα και φύονται κατά κανόνα στην κορυφή των φυλλοκλαδίων, συνήθως των ανωτέρων ή εξωτερικών και πολύ σπανία στα πλευρικά μέρη. Έχουν χρώμα ζωηρό κιτρινωπό, πορτοκαλί ή χρυσίζον. Είναι ένας θαυμάσιος συνδυασμός που δίνει ιδιαίτερο χρώμα κατά την περίοδο της ανθοφορίας στους χώρους όπου υπάρχουν συστοιχίες από φραγκοσυκιές. Τα άνθη είναι μονήρη, δηλαδή βρίσκονται μεμονωμένα στον βλαστό, αλλά πολλές φορές είναι και ερμαφρόδιτα, κανονικά, ακτινόμορφα ή ζυγόμορφα ή έχουν αμφίπλευρη συμμετρία. Η ωοθήκη είναι υποφυής ή βρίσκεται κάτω από το πεπλατυσμένο τμήμα της βάσεως και δέχεται πολλές σπερματικές βλάστες (ωάρια). Το περιάνθιο είναι διπλό και τα μέλη του βρίσκονται σε σπειροειδή διάταξη με μεταβατικές μορφές από σέπαλα σε πέταλα. Τα σέπαλα και τα πέταλα δεν έχουν πλήρη διαφοροποίηση. Και τα δύο είναι πολυάριθμα, όρθια ή αποκλίνουντα. Οι στήμονες είναι σπειροειδώς τοποθετημένοι ή ενίοτε κατά ομάδες. Ο ύπερος είναι ένας και απαρτίζεται από τρία ή και περισσότερα καρπόφυλλα. Τα πέταλα και τα σέπαλα με τα έντονα χρώματά τους και την γύρη προσελκύουν τα έντομα κι έτσι επιτυγχάνεται η επικονίαση στο φυτικό βασίλειο. Μένουν ανοικτά 36- 48 ώρες για τον σκοπό αυτό(Ammar etal., 2015).

1.1.11. Η επιβίωση

Η φραγκοσυκιά ζει, όπως προαναφέρθηκε σε αμμώδη, πετρώδη ξηρά ή άνυδρα εδάφη. Αποτελεί με λίγα λόγια ένα ξηρόφυτο. Για τον σκοπό αυτό έχει δημιουργήσει ένα δικό της αμυντικό σύστημα, ώστε να δύναται να επιβιώνει και σε περιόδους παρατεταμένης ανομβρίας.



Εικόνα 5: Αυτοφυές φυτό φραγκοσουκιάς σε έρημο του Τέξας

Η προσαρμογή της στηρίζεται στα πιο κάτω χαρακτηριστικά:

- ✓ **Αποταμίευση νερού.** Μαζί με τις θρεπτικές ουσίες η φραγκοσουκιά αποθηκεύει μεγάλες ποσότητες νερού μέσα στους ιστούς της, οι οποίοι συνήθως βρίσκονται στον κορμό. Αποτέλεσμα της μεγάλης αποθήκευσης νερού στους ιστούς είναι η αρκετή εξόγκωση. Όταν τους κόψουμε σε κάποιο σημείο ρέει νερό. Τα φυλλοκλάδια είναι οι δεξαμενές νερού της φραγκοσουκιάς (El-Mostafa et al., 2014).
- ✓ **Μείωση διαπνοής.** Ο δεύτερος λόγος με τον οποίον εξασφαλίζει η φραγκοσουκιά την διαφύλαξη νερού είναι η μείωση της διαπνοής και αυτό επιτυγχάνεται με την «εξαφάνιση» των φύλλων. Από πλευράς μακροβιότητας, ζει άνω από 200έτη.

1.11.12. Οφέλη για την κτηνοτροφία

Στον τομέα των ζωοτροφών η φραγκοσουκιά είναι από τα πλέον προτιμώμενα φυτά λόγω του νερού που περιέχει αλλά και λόγω των πολλών θρεπτικών συστατικών. Αρκεί να σημειωθεί ότι στην Αμερική είναι η βασική τροφή των γαλακτοφόρων αγελάδων, αφού τα συστατικά των φύλλων είναι εξαιρετικά πλούσια σε βιταμίνες, νερό, υδατάνθρακες, και σε μεταλλικά στοιχεία όπως σίδηρο, κάλιο, μαγνήσιο και ασβέστιο. Επίσης σε ανάμειξη με βαμβακόπιτα παράγεται μια σπουδαία τροφή. Επομένως στον τομέα της κτηνοτροφίας, η συμβολή της είναι σημαντική, ωστόσο άγνωστη στην Ελλάδα.

1.1.12. Πρόσθετες μελέτες για το φραγκόσυκο.

Σε μία μελέτη η οποία πραγματοποιήθηκε στη Μεσσήνα της Ιταλίας, το 2003, από τους Galati et al. αναλύθηκε το περιεχόμενο του χυμού του *Opuntia ficus indica* και συγκεκριμένα το περιεχόμενο σε ασκορβικό οξύ, σε συνολικές πολυφαινόλες και σε φλαβονοειδή. Αυτό που βρέθηκε ήταν υψηλή συγκέντρωση σε φερουλικά οξέα, ρουτίνη και ισοχαρμετίνη και κατά συνέπεια μεγάλη αντιοξειδωτική δράση του χυμού. Επίσης, ο χυμός αυτός ανέστειλε την ελκογόνο δράση της αιθανόλης στο στόμαχο κουνελιών (Galati et al., 2003). Μία παρόμοια μελέτη η οποία διενεργήθηκε στο Μαρόκο και στη Λιλ της Γαλλίας το 2014 από τους Karym El-Mostafa et al., έδειξε ότι οι βιοενεργές ενώσεις του *Opuntia ficus indica* σε συνδυασμό με την υψηλή περιεκτικότητά του σε μπεταλαΐνες, αποτελούν μία πιθανή θεραπευτική προσέγγιση για τον διαβήτη τύπου 2, την παχυσαρκία, τους ρευματισμούς, την ισχαιμία, τους καρκίνους και τις ιικές και βακτηριακές μολύνσεις, τα καψίματα, τις πληγές, τα οιδήματα, την υπερλιπιδαιμία και την γαστρίτιδα (El-Mostafa et al., 2014). Μία τρίτη μελέτη η οποία πραγματοποιήθηκε στις ΗΠΑ, το 2003, από τους Joseph O. Kuti et al., έδειξε ότι ο κάκτος αυτός ήταν πλούσιος σε κερκετίνη, καμπεφερόλη, ισοχαρμετίνη και ασκορβικό οξύ, με την κερκετίνη να αποτελεί την πολυφαινόλη που βρισκόταν σε μεγαλύτερη ποσότητα σε σχέση με όλες τις υπόλοιπες. Το ίδιο υποστήριξαν και οι ερευνητές Clara Albano et al. στην Ιταλία το 2015, λέγοντας πως η μωβ ποικιλία του κάκτου φάνηκε να έχει υψηλότερη συγκέντρωση μπετανίνης, βιταμίνης C και συνεπώς αντιοξειδωτικής δράσης σε σχέση με την πορτοκαλί ποικιλία θεωρώντας τις χρωστικές μπεταλαΐνες μια ενδιαφέρουσα πηγή βιοενεργών ενώσεων (Albano et al., 2015). Το ασκορβικό οξύ αρχίζει να παράγεται στους 4 μήνες στα ανώριμα φρούτα. Αξιοσημείωτο ήταν το γεγονός πως στους 7 μήνες μετά την άνθηση βρέθηκε υψηλότερη περιεκτικότητα σε μπετακυανίνες σε σχέση με τους 8 μήνες γεγονός που υποδεικνύει πως οι ενζυματικές δράσεις τείνουν να μειώνονται όσο προχωράει το τελικό στάδιο ωρίμανσης (Castellar, Obon, Alacid, & Fernandez-Lopez, 2003).

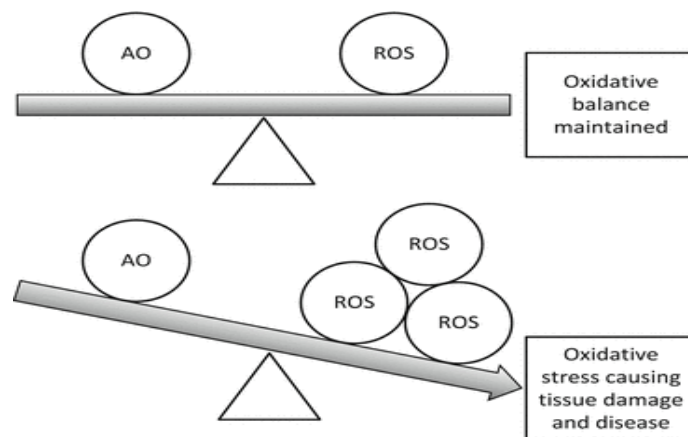
1.2. Αντιοξειδωτικά

1.2.1. Οξειδωτικό στρες, Ιστορική αναδρομή - Ορισμός

Το 1775 ο Priestley ανέφερε ότι «η συνεχής έκθεση στο οξυγόνο μπορεί να σβήσει το κερί της ζωής πολύ γρήγορα». Η προφητική αυτή παρατήρηση από τον άνθρωπο που ανακάλυψε το οξυγόνο, έδωσε το έναυσμα για τη λύση ενός από τα σημαντικότερα προβλήματα της σύγχρονης επιστήμης: του «παράδοξου του οξυγόνου». Το O₂ είναι πολύ σημαντικό στοιχείο για τη διατήρηση της ζωής, αλλά κάτω από κάποιες περιπτώσεις μπορεί να γίνει τοξικό, καθώς η έκθεση του οργανισμού σε αυξημένες συγκεντρώσεις οξυγόνου προκαλεί ανεπιθύμητες αντιδράσεις για την υγεία.

Τα αίτια των δηλητηριωδών ιδιοτήτων του οξυγόνου ήταν άγνωστα πριν τη δημοσίευση της θεωρίας των Gershanetal το 1954, σύμφωνα με την οποία η τοξικότητα του οξυγόνου οφειλόταν σε μερικώς αναχθείσες μορφές οξυγόνου. Λίγο αργότερα, ο DenhamHarman το 1956 διατύπωσε την υπόθεση ότι οι δραστικές μορφές οξυγόνου (ΔΜΟ – ROS) μπορεί να παίζουν ρόλο στην κυτταρική βλάβη, τη μεταλλαξιγένεση, τον καρκίνο και τις εκφυλιστικές διεργασίες της βιολογικής γήρανσης. Η ανακάλυψη του ενζύμου υπεροξειδική δισμουτάση (SOD) το 1969 σήμανε μια νέα εποχή για τη διερεύνηση των δράσεων των ελευθέρων ριζών στους ζώντες οργανισμούς. Μια τρίτη εποχή της έρευνας σχετικά με τις δράσεις των ελευθέρων ριζών ξεκίνησε όταν το 1977 εμφανίστηκαν οι πρώτες αναφορές που περιέγραφαν τις ευεργετικές βιολογικές δράσεις των ελευθέρων ριζών οξυγόνου. Έκτοτε, είναι πλέον σαφές ότι οι ζωντανοί οργανισμοί έχουν προσαρμοστεί στη συνύπαρξη με τις ελεύθερες ρίζες και έχουν αναπτύξει διάφορους μηχανισμούς για τη χρησιμοποίηση αυτών σε φυσιολογικές λειτουργίες. Είναι πλέον γνωστό, ότι οι ελεύθερες ρίζες αποτελούν προϊόντα του φυσικού κυτταρικού μεταβολισμού και παίζουν διπλό ρόλο: άλλοτε είναι ευεργετικές για τα κύτταρα και τους οργανισμούς και άλλοτε βλαπτικές.

Ο όρος οξειδωτικό στρες ορίστηκε για πρώτη φορά το 1985 ως «η διαταραχή της ισορροπίας των προ-οξειδωτικών και αντιοξειδωτικών μηχανισμών υπέρ των πρώτων».



Εικόνα 6: Οξειδωτικό στρες και ισορροπία

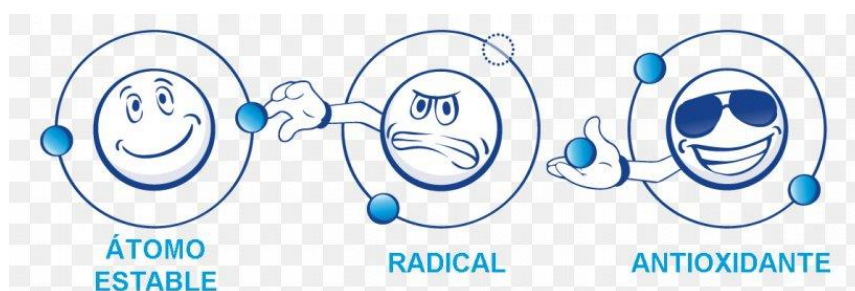
Τα τελευταία χρόνια ο ρόλος των ελευθέρων ριζών οξυγόνου στην παθογένεση πολλών ασθενειών κίνησε το ενδιαφέρον της επιστημονικής κοινότητας, με αποτέλεσμα να πληθαίνουν οι έρευνες για την κατανόηση των επιβλαβών δράσεων τους, αλλά και την επίλυση αυτών με τη μελέτη των αντιοξειδωτικών συστατικών του οργανισμού και των τροφίμων, τα οποία παρουσιάζουν σημαντική προστατευτική δράση(Κόκκα 2017).

1.2.2. Ελεύθερες ρίζες και δραστικά είδη O_2

Τα μόρια αποτελούνται από έναν ή περισσότερους ατομικούς πυρήνες, οι οποίοι περιβάλλονται από ηλεκτρόνια, τα οποία περιφέρονται γύρω από τον πυρήνα. Τα ηλεκτρόνια είναι διευθετημένα σε έναν αριθμό τροχιακών, τα οποία βρίσκονται σε διαφορετικές αποστάσεις από τον πυρήνα. Στα περισσότερα μόρια, τα ηλεκτρόνια που βρίσκονται σε κάθε τροχιακό, ζευγαρώνουν με ένα άλλο ηλεκτρόνιο. Τα δύο ηλεκτρόνια κάθε ζεύγους περιστρέφονται γύρω από τον εαυτό τους (spin) σε αντίθετες κατευθύνσεις. Τα ζευγαρωμένα ηλεκτρόνια διατηρούν το μόριο σχετικά σταθερό εμφανίζοντας μικρότερη ενεργειακή κατάσταση, με αποτέλεσμα να είναι λιγότερο δραστικό.

Όταν ένα ή περισσότερα ηλεκτρόνια, ιδιαίτερα αυτά που βρίσκονται στα εξωτερικά τροχιακά του ατόμου, είναι ασύζευκτα, δεν έχουν δηλαδή ζευγάρι,

τότε το μόριο γίνεται ασταθές, εμφανίζοντας μεγαλύτερη ενεργειακή κατάσταση, με αποτέλεσμα να είναι πιο δραστικό από άλλα μόρια. Ένα ασύζευκτο ηλεκτρόνιο έχει τεράστια έλξη στα ηλεκτρόνια γειτονικών ατόμων με αποτέλεσμα την πρόκληση χημικών αντιδράσεων μεταξύ ατόμων ή μορίων, κατά τις οποίες έχουμε μεταφορά ηλεκτρονίων. Τέτοιες αντιδράσεις ονομάζονται οξειδοαναγωγικές (redox), εκ των οποίων κατά την οξείδωση έχουμε απώλεια ηλεκτρονίων, ενώ κατά την αναγωγή έχουμε απόκτηση ηλεκτρονίων από ένα άτομο.



Εικόνα 7: Η συμπεριφορά των ελευθέρων ριζών και των αντιοξειδωτικών στην μεταφορά ηλεκτρονίων

Ένα άτομο ή μόριο με ένα ή περισσότερα ασύζευκτα ηλεκτρόνια και ανεξάρτητη παρουσία λέγεται ελεύθερη ρίζα και συμμετέχει πολύ εύκολα σε αντιδράσεις οξειδοαναγωγής με γειτονικά μόρια (Gilbert, 2000, Halliwell&Gutteridge, 1990). Η πολύ μεγάλη βλαπτική επίδραση των ελευθέρων ριζών οφείλεται στον πολλαπλασιασμό των μεταβολών που προκαλούνται από παρόμοιες αλυσιδωτές αντιδράσεις. Αποτελούν προϊόντα του φυσικού κυτταρικού μεταβολισμού και έχουν διπλό ρόλο αφού ανάλογα με το ρυθμό παραγωγής τους μπορεί να είναι είτε ευεργετικές είτε επιβλαβείς. Οι πλέον σημαντικές ελεύθερες ρίζες είναι μοριακά είδη με κέντρο το οξυγόνο και μερικές φορές το άζωτο, το θείο ή τον άνθρακα. Το ίδιο το οξυγόνο που αναπνέουμε αποτελεί μία ελεύθερη ρίζα, αφού περιέχει δύο ασύζευκτα ηλεκτρόνια, που βρίσκονται σε δύο διαφορετικά τροχιακά. Η μορφή όμως αυτή του O_2 , που λέγεται οξυγόνο τριπλής κατάστασης (tripletstate) και συμβολίζεται με 3O_2 , δεν είναι ιδιαίτερα δραστική. Συνολικά, όλα τα μοριακά είδη που περιλαμβάνουν οξυγόνο, είτε είναι ελεύθερες ρίζες είτε όχι, ονομάζονται δραστικά είδη οξυγόνου (ΔΕΟ).

Τα κυριότερα ΔΕΟ είναι:

- Η ρίζα σουπεροξειδίου ($O_2^{\bullet-}$)

- Η ρίζα υδροξυλίου ($\text{OH}\cdot$)
- Υπεροξειδικές ρίζες ($\text{ROO}\cdot$)
- Ρίζα Υδροϋπεροξειδίου ($\text{HO}_2\cdot$)
- Υπεροξείδιο του υδρογόνου (H_2O_2)
- Υποχλωριώδες οξύ (HOCl)
- Υποβρωμιώδες Οξύ (HOBr)
- Όζον (O_3)
- Μονήρες οξυγόνο ($^1\text{O}_2$)

Οι ευεργετικές δράσεις των ΔΜΟ παρατηρούνται σε χαμηλές ή μέτριες συγκεντρώσεις και αφορούν σε φυσιολογικές διαδικασίες όπως στην κυτταρική απόκριση στο στρες, στη μεταγωγή σήματος, στην κυτταρική διαφοροποίηση, στη μεταγραφή γονιδίων, στον κυτταρικό πολλαπλασιασμό, στη φλεγμονή, στην απόπτωση, στη φαγοκυττάρωση κυττάρων του ανοσοποιητικού και στη σηματοδότηση για την πήξη του αίματος.

Όπως συνάγεται από τις αντιδράσεις τους, οι ελεύθερες ρίζες και κυρίως οι πολύ δραστικές όπως η ρίζα υδροξυλίου μπορούν να προσβάλλουν μεγάλη ποικιλία μορίων όπως σάκχαρα, αμινοξέα, φωσφολιπίδια και γενικά λιπίδια, βάσεις DNA και οργανικά οξέα. Οι λιγότερο δραστικές ελεύθερες ρίζες μπορούν να οδηγήσουν στην παραγωγή δραστικότερων καταλήγοντας τελικά στο ίδιο αποτέλεσμα. Η παρουσία ασύζευκτου ηλεκτρονίου, προσδίδει στις ΔΜΟ ιδιαίτερη δραστικότητα, αφού μπορούν είτε να δώσουν είτε να λάβουν ένα ηλεκτρόνιο σε/από άλλα μόρια, συμπεριφερόμενες έτσι ως αναγωγικά ή οξειδωτικά μέσα αντίστοιχα(Βικιπαίδεια).

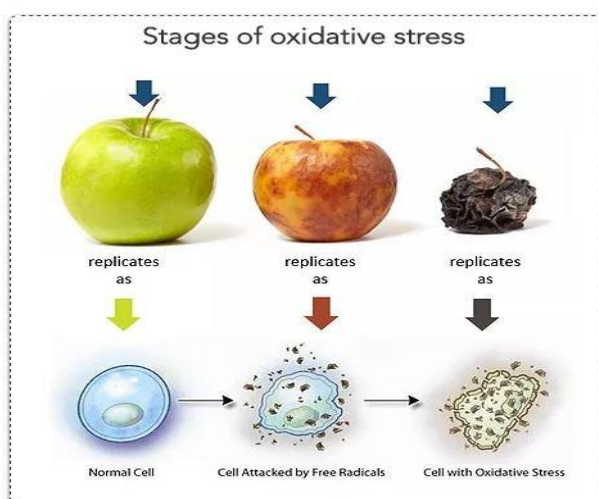
1.2.3. Σχηματισμός ελευθέρων ριζών

Παράγονται μέσα από διάφορες εσωτερικές φυσιολογικές λειτουργίες του σώματος καθώς αποτελούν προϊόντα της φυσιολογικής λειτουργίας του μεταβολισμού του κυττάρου (ενδοκυτταρικές πηγές). Επίσης παράγονται και όταν το σώμα εκτίθεται σε συγκεκριμένης τοξικότητας περιβάλλον (εξωκυτταρικές πηγές). Οι ελεύθερες ρίζες είναι πολύ δραστικά μόρια και μπορούν να προκαλέσουν βλάβες σε διάφορα βιολογικά μακρομόρια και κατά συνέπεια σε κυτταρικές λειτουργίες. Μάλιστα, εκτός από τις επιβλαβείς

συνέπειες που έχουν για το κύτταρο, έχουν σημαντική λειτουργία και στη μεταγωγή σήματος, τόσο ενδοκυτταρικά, όσο και διακυτταρικά. Σε γενικές γραμμές, δραστικές μορφές οξυγόνου παράγονται κατά: τις αντιδράσεις της αναπνευστικής αλυσίδας, τα προοξειδωτικά ενζυμικά συστήματα, τη λιπιδική οξείδωση, την ακτινοβολία, τη φλεγμονή, το κάπνισμα(Βικιπαίδεια).

1.2.4. Επιπτώσεις οξειδωτικού στρες στα βιομόρια

Σε κυτταρικό επίπεδο, το οξειδωτικό στρες προκαλεί βλάβες σε όλα τα μακρομόρια (DNA, πρωτεΐνες και λιπίδια). Παράλληλα οι ελεύθερες ρίζες μπορούν να αλληλεπιδράσουν με σηματοδοτικά μονοπάτια του κυττάρου, αλλοιώνοντας έτσι τη σηματοδότηση, ενώ αν οι βλάβες είναι εκτεταμένες οδηγεί σε κυτταρικό θάνατο, είτε με απόπτωση είτε με νέκρωση. Ως προς τον κυτταρικό θάνατο το κύτταρο οδηγείται εκεί σε περίπτωση εκτεταμένων βλαβών είτε μέσω της νέκρωσης είτε μέσω της απόπτωσης. Κατά τη νέκρωση, το κύτταρο διογκώνεται και διαρρηγνύεται απελευθερώνοντας το περιεχόμενό του στο περιβάλλον επηρεάζοντας και τα γειτονικά κύτταρα. Στην απόπτωση τα κύτταρα δεν απελευθερώνουν το περιεχόμενό τους και δεν προκαλούν βλάβες στα γειτονικά κύτταρα.



Εικόνα 8: Επίδραση οξειδωτικού στρες στα κύτταρα

1.2.5. Αντιοξειδωτική άμυνα

Σε κάθε βιολογικό σύστημα, πρέπει να διατηρείται η ισορροπία μεταξύ του σχηματισμού και της απομάκρυνσης των ΔΕΟ. Η αύξηση των οξειδώσεων από τα ΔΕΟ οδηγεί τα κύτταρα σε μία κατάσταση που λέγεται οξειδωτικό στρες, ο οποίος όρος περιγράφει την κατάσταση ανισορροπίας, ανάμεσα στις συγκεντρώσεις των δραστικών μορφών οξυγόνου Reactive Oxygen Species - (ROS) και των αντιοξειδωτικών αμυντικών μηχανισμών ενός οργανισμού. Λόγω της συνεχούς έκθεσης σε ΔΕΟ και για την πρόληψη του οξειδωτικού στρες, ο οργανισμός μας, όπως όλα τα φυτά και τα ζώα, έχει αναπτύξει για προστασία διάφορους αντιοξειδωτικούς μηχανισμούς στους οποίους παίρνουν μέρος αντιοξειδωτικές ουσίες.

Γενικά χαρακτηρίζουμε ως αντιοξειδωτική ουσία κάθε ουσία η οποία βρίσκεται σε μικρές συγκεντρώσεις σε σύγκριση με το υπόστρωμα που οξειδώνεται και η οποία καθυστερεί σημαντικά ή αποτρέπει την οξείδωση του υποστρώματος αυτού(Βικιπαίδεια).

1.2.6. Πηγές Αντιοξειδωτικών

Τα αντιοξειδωτικά γενικά λειτουργούν με δύο τρόπους: Είτε παρεμποδίζουν τη δημιουργία ΔΕΟ, είτε σταματούν τη διάδοση των ελεύθερων ριζών που προκαλείται από τις αλυσιδωτές αντιδράσεις. Ο ανθρώπινος οργανισμός διαθέτει αντιοξειδωτικά συστήματα (ενδογενή αντιοξειδωτικά) τα οποία μπορεί να είναι ενζυμικά ή μη ενζυμικά ή τα λαμβάνει εξωγενώς (εξωγενή αντιοξειδωτικά).

- Τα ενζυμικά αντιοξειδωτικά είναι το κυτόχρωμα C, η υπεροξειδικήδισμουτάση (SOD), η υπεροξειδάση της γλουταθειόνης, η τρανσφεράση-S της γλουταθειόνης και η καταλάση.
- Στα μη ενζυμικά αντιοξειδωτικά συμπεριλαμβάνονται η α-τοκοφερόλη, το β-καροτένιο και το συνένζυμο Q10 τα οποία είναι προσαρμοσμένα στις μεμβράνες ενώ, υπάρχουν και το ασκορβικό οξύ, το ουρικό οξύ, η τρανσφερίνη, η χολερυθρίνη, η γλουταθειόνη, η λακτοφερίνη κ.α. τα οποία βρίσκονται έξω από τις μεμβράνες.

Εικόνα 9: Τα φρούτα και τα λαχανικά αποτελούν σημαντικές πηγές εξωγενούς λήψης αντιοξειδωτικών



Το οξειδωτικό στρες προκαλείται συνήθως από:

- Μειωμένη δράση των αντιοξειδωτικών μηχανισμών. Αυτό μπορεί να συμβεί είτε εξαιτίας μεταλλάξεων ή τοξικών παραγόντων που επηρεάζουν τη δραστηριότητα των αντιοξειδωτικών ενζύμων είτε από τη μείωση των διατροφικών αντιοξειδωτικών ουσιών.
- Αυξημένη παραγωγή ελευθέρων ριζών (ROS). Αυτό συμβαίνει είτε λόγω της έκθεσης των κυττάρων σε υψηλά επίπεδα ROS, λόγω της ύπαρξης παραγόντων που οδηγούν στην αυξημένη παραγωγή σε ROS.

1.2.6. Ο Ρόλος Των Αντιοξειδωτικών

Τα αντιοξειδωτικά παίρνουν μέρος σε μια σειρά από θετικές λειτουργίες στον ανθρώπινο οργανισμό, μερικές από τις οποίες αναφέρονται:

- ✓ Προστατεύουν τις κυτταρικές μεμβράνες, και συνεπώς το κύτταρο, εξουδετερώνοντας τις ελεύθερες ρίζες οξυγόνου.
- ✓ Δρουν καρδιοπροστατευτικά, αυξάνοντας την ανθεκτικότητα των αγγείων, περιορίζοντας τους φλεγμονώδεις παράγοντες, αποτρέποντας την οξείδωση της LDL χοληστερίνης και συμβάλλοντας στον έλεγχο των επιπέδων της αρτηριακής πίεσης και της ομοκυστεΐνης.
- ✓ Ασκούν αντικαρκινική δράση με το να μπλοκάρουν ή να εμποδίζουν την προσκόλληση επικίνδυνων ενζύμων στους ιστούς, αδρανοποιούν καρκινογόνες ουσίες που προκαλούν μεταλλάξεις σε υγιή κύτταρα κι επιβραδύνουν τους μηχανισμούς καρκινογένεσης.

- ✓ Βελτιώνουν τις πνευματικές ικανότητες και την ψυχική διάθεση, προστατεύοντας τους νευροδιαβιβαστές από την οξειδωση και βελτιώνοντας την εγκεφαλική μικροκυκλοφορία.
- ✓ Διατηρούν το δέρμα ελαστικό και το προφυλάσσουν από την πρόωρη γήρανση, περιορίζοντας τη διάσπαση του κολλαγόνου.
- ✓ Προστατεύουν οστά και αρθρώσεις, περιορίζοντας οιδήματα, φλεγμονές και εκφυλιστικές αλλοιώσεις.
- ✓ Βελτιώνουν τη λειτουργική κατάσταση του αμφιβληστροειδούς χιτώνα των ματιών και ενισχύουν την όραση.
- ✓ Δρουν αντιαλλεργικά σε μεγάλο φάσμα αλλεργιών.
- ✓ Διαφυλάσσουν τα αποθέματα άλλων απαραίτητων θρεπτικών ουσιών στον οργανισμό, αποτρέπουν την καταστροφή τους και, σε ορισμένες περιπτώσεις, ενισχύουν τη δράση τους.

Φαίνεται λοιπόν ότι ο σχηματισμός των ελεύθερων ριζών στον οργανισμό είναι βασικός υπεύθυνος, ή τουλάχιστον συμμετέχει, στην παθοφυσιολογία κάποιων σοβαρότατων ασθενειών, ενώ φαίνεται ότι είναι η κύρια αιτία γήρανσης των κυττάρων. Τα αντιοξειδωτικά είναι αυτά που μέσα στον οργανισμό ανταγωνίζονται τη δράση των ελευθέρων ριζών και στην ουσία προστατεύουν τα κύτταρα. Για κάποια συνθετικά αντιοξειδωτικά που έχουν χρησιμοποιηθεί μέχρι σήμερα, κυρίως για την προστασία των τροφίμων από την υπεροξειδωση των λιπών (π.χ. BHA, BHT) σταδιακά περιορίζεται η χρήση τους σήμερα, γιατί για μερικά από αυτά, έχει αναφερθεί στην βιβλιογραφία ότι θα μπορούσαν να δράσουν και ως καρκινογόνα. Για αυτό το λόγο, τα τελευταία χρόνια οι έρευνες έχουν στραφεί στην αναζήτηση ασφαλών αντιοξειδωτικών φυτικής προέλευσης(Βικιπαίδεια).

2. Πειραματικό μέρος

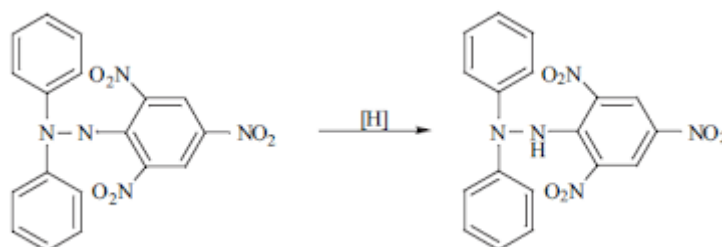
2.1. Σκοπός της εργασίας

Όπως διαπιστώνεται από τα παραπάνω ο ρόλος των φρούτων και των λαχανικών, ως πηγή αντιοξειδωτικών, στην ανθρώπινη διατροφή, ενέχει πολλά οφέλη για την ανθρώπινη υγεία. Στην παρούσα μελέτη σκοπός είναι να εξεταστεί το φραγκόσυκο ως προς τον προσδιορισμό της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας που παρουσιάζει. Ιδιαίτερη σημασία έχει το γεγονός ότι τα φυτά που επιλέγηκαν δεν πρόκειται για προϊόντα καλλιέργειας αλλά για αυτοφυή φυτά στα οποία καμία καλλιεργητική τεχνική δεν έχει εφαρμοστεί.

Η μέθοδος που επιλέχθηκε είναι η DPPH, μια μέθοδος που είναι αναγνωρισμένη για τις σταθερή ρίζα που χρησιμοποιείται ενώ παράλληλα είναι ευαίσθητη, γρήγορη, απλή και με χαμηλό κόστος. Γενικά, χρησιμοποιείται ευρέως για την εκτίμηση της αντιοξειδωτικής δράσης προϊόντων από φυτικά εκχυλίσματα.

2.2. Η μέθοδος προσδιορισμού ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας DPPH

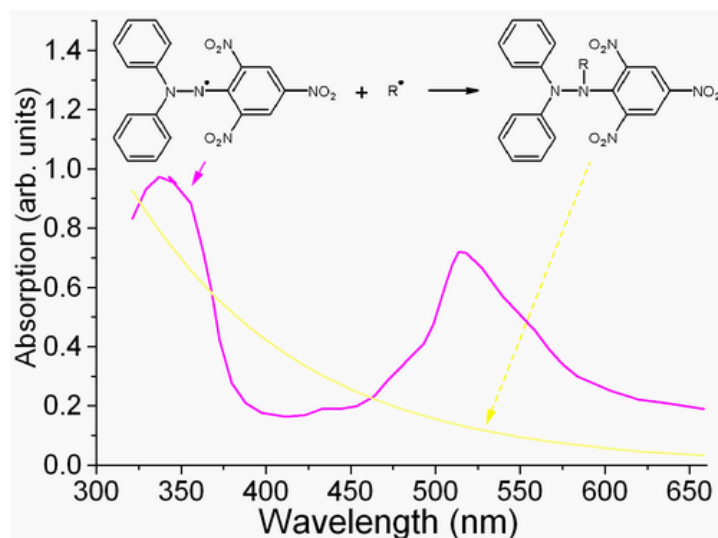
Η μέθοδος στηρίζεται στην αντίδραση του αντιοξειδωτικού με μεθανολικό (MeOH) ή αιθανολικό (EtOH) διάλυμα της σταθερής 1,1-διφαινυλ-2-πικρυλυδραζυλικής ρίζας (DPPH), η οποία απορροφά έντονα στα 515 nm. Με την προσφορά υδρογόνου/ηλεκτρονίου ανάγεται σε 1,1-διφαινυλ-2-πικρυλυδραζίνη με αποτέλεσμα τον αποχρωματισμό του διαλύματος.



Εικόνα 10: Αναγωγή της ρίζας DPPH

Λόγω της παρουσίας του μονήρους ηλεκτρονίου, το DPPH έχει υψηλή απορρόφηση σε αιθανολικό ή μεθανολικό διάλυμα στα 515 nm. Όσο το

ηλεκτρόνιο αυτό δεσμεύεται, η απορρόφηση μειώνεται και ο βαθμός αποχρωματισμού είναι στοιχειομετρικά ο αριθμός των ηλεκτρονίων που έχουν δεσμευτεί. Η κατανάλωση του DPPH από τα αντιοξειδωτικά, έχει ως αποτέλεσμα την εξασθένηση του πορφυρού χρώματος του διαλύματός του, η οποία παρακολουθείται στα 515 nm, όπου παρατηρείται το μέγιστο του φάσματος της ρίζας.



Διάγραμμα 1: Καμπύλη απορρόφησης δ/τος DPPH στα διάφορα μήκη κύματος του ορατού φάσματος. Η ιώδης καμπύλη αφορά την μη δεσμευμένη ρίζα του DPPH από τα αντιοξειδωτικά. Η κίτρινη καμπύλη αφορά την δεσμευμένη ρίζα του DPPH (Βικιπαιδεία)

2.3. Υλικά, εξοπλισμός και αντιδραστήρια

Τα δείγματα τα οποία ελήφθησαν για την εκτέλεση του πειράματος προέρχονται από την περιοχή του Λούρου Πρέβεζας. Προέρχονται από δύο φραγκοσυκιές αυτοφυείς που βρίσκονται στην περιοχή για τουλάχιστον 30 έτη και πιθανολογείται ότι προέκυψε η μία από την άλλη μέσω της αναπαραγωγής με μοσχεύματα με τρόπο τυχαίο. Επομένως μιλάμε για φυτά της ίδιας ποικιλίας. Η συλλογή των δειγμάτων έγινε στο τέλος του Σεπτεμβρίου 2019 και συλλέχθηκαν περίπου 50 δείγματα πλήρως ωριμασμένων καρπών. Από αυτά επιλέχθηκαν 20 που αξιολογήθηκαν ως έχοντα την βέλτιστη κατάσταση και μελετήθηκαν. Τα δείγματα αφού πλύθηκαν με άφθονο νερό για την απομάκρυνση των γλαχίνων, μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο για την άμεση περεταίρω επεξεργασία τους.

Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε για την επεξεργασία των δειγμάτων αποτελείται από:

- ✓ Μαχαίρι
- ✓ Σπάτουλα εργαστήριου
- ✓ Αλουμινόχαρτο
- ✓ Ηλεκτρονική ζυγαριά
- ✓ Δοκιμαστικοί σωλήνες
- ✓ Αναδευτήρας στροβιλισμού Vortex
- ✓ Ελαστική ταινία (parafilm)
- ✓ Κυψελίδες 2ml
- ✓ Φασματοφωτόμετρο UV-VIS
- ✓ Πουάρ και αυτόματες πιπέττες διαφόρων χωρητικότητας

Κατά την διεξαγωγή του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν επίσης:

- ✓ Αντιδραστήριο DPPH συγκέντρωσης 60μM
- ✓ Καθαρή Μεθανόλη

2.4. Πειραματική διαδικασία

Η διαδικασία ξεκινά με την παρασκευή του βασικού διαλύματος DPPH. Η επιθυμητή συγκέντρωση του διαλύματος είναι 60 μM και επιτυγχάνεται με την διάλυση σε 100 ml καθαρής μεθανόλης, ποσότητας 2.36mg σκόνης DPPH. Στην συγκεκριμένη συγκέντρωση το διάλυμα αυτό παρουσιάζει τιμές απορρόφησης 0,7 στο μήκος κύματος των 515 nm και έχει ένα έντονο ιώδη χρωματισμό. Το διάλυμα τοποθετήθηκε σε σκοτεινό χώρο και σε θερμοκρασία 25 °C καλυμμένο με ελαστική μεμβράνη για την αποφυγή της εξάτμισης.

Ακολούθησε η εκχύλιση των δειγμάτων. Στο κάθε ένα από τα 20 δείγματα έγινε εγκάρσια τομή στο μέσο του καρπού με το μαχαίρι και από εκεί ελήφθη ποσότητα 100mg από το βρώσιμο τμήμα του καρπού με την εργαστηριακή σπάτουλα, αφού ζυγίστηκε σε αλουμινόχαρτο εντός της ζυγαριάς. Στην συνέχεια η ποσότητα αυτή αναμίχθηκε σε δοκιμαστικό σωλήνα μαζί με 1000μl καθαρής μεθανόλης με την βοήθεια του αναδευτήρα για 1min. Οι σωλήνες σκεπάστηκαν με ελαστική μεμβράνη και αφέθηκαν σε σκοτεινό μέρος για να ολοκληρωθεί η εκχύλιση για 30 min. Στο σημείο αυτό παρασκευάζεται και το «τυφλό» δείγμα με

την ανάμιξη 50 μμεθανόλης σε 1950μl διαλύματος DPPH το οποίο τοποθετήθηκε σε κυψελίδα χωρητικότητας 2ml.

Στην συνέχεια από τον κάθε σωλήνα μεταφέρθηκε αντιστοίχως σε κυψελίδα ποσότητα 50 μl από το αραιωμένο δείγμα και συμπληρώθηκε με 1950μl διαλύματος DPPH, μέχρι δηλαδή πληρώσεως και σκεπάστηκαν με μεμβράνη εκ νέου. Οι κυψελίδες τοποθετήθηκαν σε σκοτεινό μέρος με θερμοκρασία 25 °C για άλλα 30 min, χρόνος απαραίτητος ώστε να ολοκληρωθεί η αντίδραση του DPPH με τα υπάρχοντα αντιοξειδωτικά του εκάστοτε δείγματος.

Στην τελική φάση της διαδικασίας με την χρήση του φασματοφωτόμετρου καταγράφουμε τις τιμές απορρόφησης του κάθε δείγματος, ξεκινώντας από το «τυφλό», στα 515nm αφού πρώτα μηδενίσουμε το όργανο χρησιμοποιώντας καθαρή μεθανόλη.

Οι μετρήσεις εκφράζονταν σε ποσοστό (%) μείωσης της απορρόφησης του αρχικού διαλύματος του DPPH (λόγω της παρουσίας των αντιοξειδωτικών που περιέχονταν στο εκχύλισμα των ιστών των φυτών) και μπορεί να θεωρηθεί ως ποσοστό αντιοξειδωτικής ικανότητας ($\Delta A_{\%}$). Οι τιμές αυτές προσδιορίζονται από την σχέση:

$$\Delta A_{\%} = \left(\frac{A_0 - A_{30}}{A_0} \right) \times 100$$

Όπου :

$\Delta A_{\%}$: Ποσοστό μείωση της απορρόφησης του αρχικού διαλύματος του DPPH.

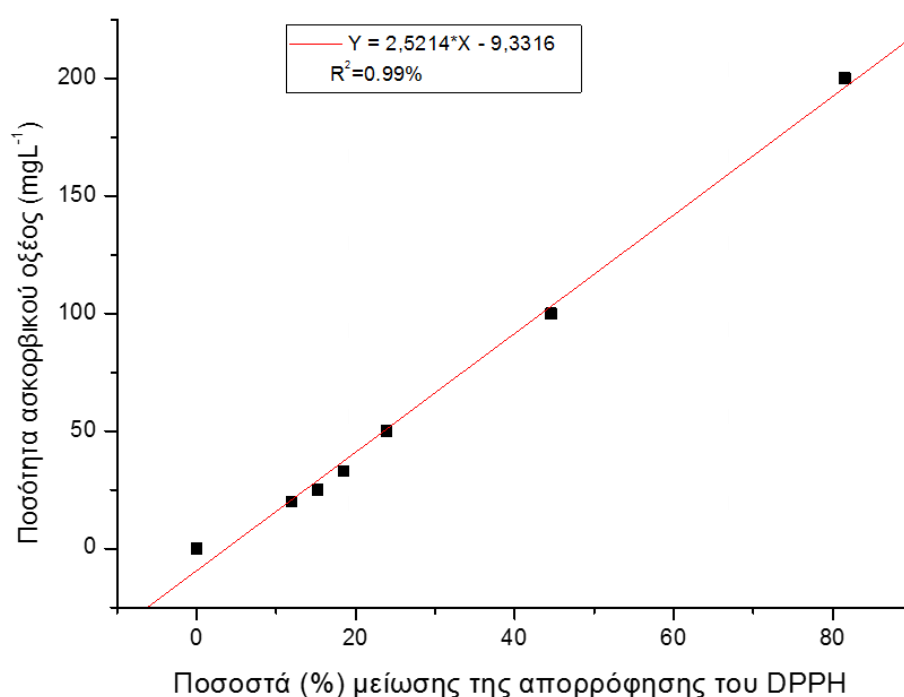
A_0 : Αρχική τιμή απορρόφησης του διαλύματος DPPH (μάρτυρας) ή αλλιώς απορρόφηση σε χρόνο 0.

A_{30} : Τιμή απορρόφησης του DPPH μετά από την προσθήκη ποσότητας εκχυλίσματος των νωπών ιστών, μετά από 30 min.

Οι τιμές αυτές, αν και μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την στατιστική ανάλυση και σύγκριση των διαφόρων πειραματικών μεταχειρίσεων, συνήθως εκφράζονται σε «ισοδύναμες ποσότητες» κάποιων ισχυρών αντιοξειδωτικών ουσιών αναφοράς, όπως είναι το trolox (ανάλογο της βιταμίνης E) ή το ασκορβικό οξύ (βιταμίνη C), ή το Γαλλικό Οξύ. Οι ποσότητες αυτές αφορούν την ποσότητα του αντιοξειδωτικού αναφοράς, η οποία έχει το ίδιο αποτέλεσμα (ως ποσοστό %) αποχρωματισμού στο βασικό διάλυμα DPPH (μάρτυρα).

Στην παρούσα εργασία ως αντιοξειδωτικό αναφοράς χρησιμοποιήθηκε το ασκορβικό οξύ μέσω του οποίου καταρτίστηκε καμπύλη αναφοράς που σχετίζει τα ποσοστά μείωσης της απορρόφησης του DPPH με τις συγκεντρώσεις του ασκορβικού οξέος.

Για την κατάρτιση της καμπύλης αναφοράς χρησιμοποιήθηκαν συγκεντρώσεις ασκορβικού οξέος της τάξεως των 0, 20, 25, 35, 50, 100 και 200 mgL⁻¹ (χιλιοστογραμμάρια ανά λίτρο ή ppm). Από τα ανωτέρω διαλύματα ασκορβικού οξέος ελήφθησαν ποσότητες των 50 μl, οι οποίες αντέδρασαν με 1950 μl από το βασικό διάλυμα των 60 μMol του DPPH. Η καμπύλη αναφοράς που προέκυψε από τις μετρήσεις αυτές παρουσιάζεται στο γράφημα της παρακάτω εικόνας.



Σχέση μεταξύ ποσότητας ασκορβικού οξέος και μείωσης του ποσοστού απορρόφησης του διαλύματος των 60 μMol του DPPH.

Σύμφωνα με την παραπάνω καμπύλη αναφοράς, μεταξύ των δύο μεταβλητών (ποσότητα ασκορβικού οξέος στο λίτρο και ποσοστών ελάττωσης της απορρόφησης στο φασματοφωτόμετρο) υπάρχει μία γραμμική σχέση που αποδίδεται με την παρακάτω εξίσωση πρώτου βαθμού:

$$Y = 2,5214 * X - 9,3316 \quad (R^2=0,99)$$

Όπου X , τα ποσοστά μείωσης της απορρόφησης του φασματοφωτόμετρου στα 515 nm και Y η συγκέντρωση του ασκορβικού οξέος (mgL^{-1}).

Η παραπάνω εξίσωση παλινδρόμησης αποδίδει την μαθηματική σχέση μεταξύ των ποσοστών μείωσης της απορρόφησης του διαλύματος των 60 μMol του DPPH και των τιμών της ποσότητας του ασκορβικού οξέος που αντιστοιχούν σε αυτές.

Δεδομένου για την παραγωγή 1L μεθανολικού εκχυλίσματος δυνητικά θα έπρεπε να χρησιμοποιηθούν 100 g νωπών ιστών, η παραπάνω γραμμική σχέση αποδίδει την ισοδύναμη ποσότητα σε ασκορβικό οξύ που περιέχεται σε 1 λίτρο εκχυλίσματος, που δυνητικά προκύπτει από 100 g νωπών φυτικών ιστών (σάρκα του καρπού).

2.5. Αποτελέσματα - Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα των ενδείξεων του φασματοφωτόμετρου παρουσιάζονται στον Πίνακα 2 που ακολουθεί. Στην τρίτη στήλη του πίνακα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των ποσοστών της Ολικής Αντιοξειδωτικής Ικανότητας του κάθε δείγματος και στην τέταρτη στήλη οι ποσότητες σε ολικά αντιοξειδωτικά εκφρασμένες σε ισοδύναμη ποσότητα σε ασκορβικό οξύ.

Πίνακας 2: Ενδείξεις μετρήσεων φασματοφωτόμετρου, ποσοστά Ολικής Αντιοξειδωτικής Ικανότητας (TAC) και ισοδύναμη ποσότητα σε Ασκορβικό Οξύ που αντιστοιχούν σε κάθε δείγμα καρπών φραγκοσυκιάς.

Αρ. Δείγματος	Ένδειξη Φασματοφωτόμετρου	Ολική αντιοξειδωτική ικανότητα (%)	Ισοδύναμη ποσότητα σε ασκορβικό οξύ (mg / 100 g νωπών ιστών)
Blank	0,7	-	-
1	0,6	14,29	26,7
2	0,6	14,29	26,7
3	0,56	20,00	41,0
4	0,58	17,14	33,9
5	0,6	14,29	26,7
6	0,61	12,86	23,2
7	0,55	21,43	44,6
8	0,58	17,14	33,9
9	0,58	17,14	33,9
10	0,57	18,57	37,4
11	0,55	21,43	44,6
12	0,56	20,00	41,0
13	0,57	18,57	37,4
14	0,57	18,57	37,4
15	0,56	20,00	41,0
16	0,55	21,43	44,6
17	0,54	22,86	48,2
18	0,5	28,57	62,4
19	0,53	24,29	51,7
20	0,5	28,57	62,4
M.O.		19,57	39,9

Από τις τιμές της ισοδύναμης περιεκτικότητας σε Ασκορβικό οξύ προκύπτει μια μέση τιμή της τάξης των 40 mg ανά 100 g νωπής σάρκας των καρπών της φραγκοσουκιάς ($39,9 \pm 2,4$ mg/100 gn.β.). Η μικρότερη τιμή που καταγράφηκε ήταν 23,15 και η μεγαλύτερη ήταν 62,42 mg / 100 gn.β.

Αν και με πρώτη ματιά το εύρος αυτό φαίνεται αρκετά μεγάλο, η πλειονότητα των παρατηρήσεων κυμάνθηκε μέσα σε ένα εύρος τιμών \pm μίας μονάδας τυπικής απόκλισης γύρω από την μέση τιμή. Η τυπική απόκλιση του δείγματος ήταν 10,8 και δεκαεπτά δείγματα καρπών (επαναλήψεις) παρουσίασαν TAC μεταξύ των τιμών 21,1 και 50,74 (μέση τιμή \pm 1 τυπική απόκλιση). Για τον λόγο αυτό ο συντελεστής παραλλακτικότητας των παρατηρήσεων στην παρούσα εργασία ήταν 27 %, τιμή αποδεκτή για πειράματα αγρού. Ο συντελεστής παραλλακτικότητας υπολογίσθηκε από την παρακάτω σχέση:

$$CV=(StDev/\bar{Y})\times 100$$

Όπου

StDev: Τυπική απόκλιση

\bar{Y} : μέσος

Από τα παραπάνω ευρήματα μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η ολική αντιοξειδωτική ικανότητα των καρπών της φραγκοσουκιάς δεν παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις μεταξύ τους και στην περιοχή του Λούρου Πρέβεζας προσδιορίζεται στα 40 περίπου mg ισοδύναμης ποσότητας σε ασκορβικό οξύ ανά 100 g. Η τιμή αυτή μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι αρκετά υψηλή για φρούτο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Κόκκα Ε. (2017). Μελέτη της αντιοξειδωτικής και αντιμεταλλαξογόνου δράσης των φυτικών εκχυλισμάτων *Rosa Sempervirens*, *Opuntia Ficus Indica*, *Lycium Barbarum* με in vitro μοριακές μεθόδους. Διπλωματική Εργασία. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Σχολή Επιστημών Υγείας, Τμήμα Βιοχημείας και Βιοτεχνολογίας.
2. Albano, C., Negro, C., Tommasi, N., Gerardi, C., Mita, G., Miceli, A., ... Blando, F. (2015). Betalains, Phenols and Antioxidant Capacity in Cactus Pear [*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.] Fruits from Apulia (South Italy) Genotypes. *Antioxidants* (Basel, Switzerland), 4(2), 269–280. <https://doi.org/10.3390/antiox4020269>
3. Ammar, I., Bardaa, S., Mzid, M., Sahnoun, Z., Rebaï, T., Attia, H., & Ennouri, M. (2015). Antioxidant, antibacterial and in vivo dermal wound healing effects of *Opuntia* flower extracts. *International Journal of Biological Macromolecules*, 81, 483–490. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2015.08.039>
4. Castellar, M. R., Solano, F., & Obon, J. M. (2012). Betacyanin and other antioxidants production during growth of *Opuntia stricta* (Haw.) fruits. *Plant Foods for Human Nutrition* (Dordrecht, Netherlands), 67(4), 337–343. <https://doi.org/10.1007/s11130-012-0316-y>
5. El-Mostafa, K., El Kharrassi, Y., Badreddine, A., Andreoletti, P., Vamecq, J., El Kebbaj, M. S., ... Cherkaoui-Malki, M. (2014). Nopal cactus (*Opuntia ficusindica*) as a source of bioactive compounds for nutrition, health and disease. *Molecules* (Basel, Switzerland), 19(9), 14879–14901. <https://doi.org/10.3390/molecules190914879>
6. Esatbeyoglu, T., Wagner, A. E., Schini-Kerth, V. B., & Rimbach, G. (2015). Betanin- -a food colorant with biological activity. *Molecular Nutrition & Food Research*, 59(1), 36–47. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201400484>

7. Galati, E. M., Mondello, M. R., Giuffrida, D., Dugo, G., Miceli, N., Pergolizzi, S., & Taviano, M. F. (2003). Chemical characterization and biological effects of Sicilian *Opuntia ficus indica* (L.) mill. Fruit juice: antioxidant and antiulcerogenic activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(17), 4903–4908. <https://doi.org/10.1021/jf030123d>
8. Kim, J., Soh, S. Y., Shin, J., Cho, C.-W., Choi, Y. H., & Nam, S.-Y. (2015). Bioactives in cactus (*Opuntia ficus-indica*) stems possess potent antioxidant and pro-apoptotic activities through COX-2 involvement. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(13), 2601–2606. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6968>
9. Sumaya-Martinez, M. T., Cruz-Jaime, S., Madrigal-Santillan, E., Garcia-Paredes, J. D., Carino-Cortes, R., Cruz-Cansino, N., ... Alanis-Garcia, E. (2011). Betalain, Acid ascorbic, phenolic contents and antioxidant properties of purple, red, yellow and white cactus pears. *International Journal of Molecular Sciences*, 12(10), 6452–6468. <https://doi.org/10.3390/ijms12106452>

Ιστοσελίδες

<https://el.wikipedia.org/>