



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ**

**ΤΙΤΛΟΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

*«Μελέτη της επίδρασης υπέρυθρης ακτινοβολίας στη σύσταση των ολικών φαινολικών και στην αντιοξειδωτική τους δράση, σε θερμοκηπιακή καλλιέργεια μελιτζάνας»*

**Πτυχιακή εργασία της Ευγενίας Καππάτου**  
**Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Σινάνογλου Βασιλεία**

**Αθήνα, 2021**

## ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Καππάτου Ευγενία του Γερασίου με αριθμό μητρώου 14329 φοιτήτρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Η Δηλούσα Καππάτου Ευγενία



Τριμελής επιτροπή :

Βασιλεία Σινάνογλου, Καθηγήτρια

Ειρήνη Στρατή, Επίκουρος Καθηγήτρια

Σωτήρης Μπρατάκος, ΕΔΙΠ

## Περιεχόμενα

Περίληψη.....	4
Abstract .....	4
Κεφάλαιο 1: Γενικά χαρακτηριστικά μελιτζάνας .....	5
1.1 Εισαγωγή.....	5
1.2 Περιγραφή φυτού.....	6
1.3 Ποικιλίες μελιτζάνας.....	10
1.4 Θερμοκήπια.....	16
1.4.1 Θερμοκήπια με υπέρυθρη ακτινοβολία .....	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Χημική σύσταση μελιτζάνας.....	19
2.1 Παράγοντες από τους οποίους επηρεάζεται η χημική σύσταση της μελιτζάνας .....	19
2.2 Χημική σύσταση μελιτζάνας .....	21
2.2.1 Φαινολικές ενώσεις και αντιοξειδωτικά.....	23
Κεφάλαιο 3: Μέθοδοι & Υλικά .....	25
3.1 Μέθοδος Folin-Ciocalteu .....	25
3.1.1 Αρχή μεθόδου .....	25
3.1.2 Μέθοδος-Αντιδραστήρια .....	26
3.2 Εκτίμηση της ικανότητας δέσμωσης/ ανάσχεσης της σταθερής ελεύθερης ρίζας ABTS+ .....	27
3.2.1 Αρχή μεθόδου .....	27
3.2.2 Μέθοδος-Αντιδραστήρια .....	28
3.3 Μέθοδος FRAP .....	28
3.3.1 Αρχή μεθόδου .....	28
3.3.2 Μέθοδος-Αντιδραστήρια .....	29
Κεφάλαιο 4: Αποτελέσματα & Συζήτηση.....	30
4.1 Μέθοδος Folin-Ciocalteu .....	30
4.2 Εκτίμηση της ικανότητας δέσμωσης/ ανάσχεσης της σταθερής ελεύθερης ρίζας ABTS+ .....	32
4.3 Μέθοδος FRAP .....	34
4.4 Συμπεράσματα .....	35
Βιβλιογραφία.....	36

## Περίληψη

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία μελετήθηκε η επίδρασης υπέρυθρης ακτινοβολίας στη σύσταση των ολικών φαινολικών και στην αντιοξειδωτική τους δράση, σε θερμοκηπιακή καλλιέργεια μελιτζάνας (*Solanum melongena* L.). Λήφθηκαν δεκαέξι (16) δείγματα μελιτζάνας συμβατικού θερμοκηπίου και δεκαέξι (16) δείγματα μελιτζάνας θερμοκηπίου υπέρυθρης ακτινοβολίας. Τα δείγματα υπέστησαν ξήρανση με κατάψυξη (freeze drying) και στην συνέχεια ομαδοποιήθηκαν πρωτίστως με βάση το είδος του θερμοκηπίου και δευτερεύοντος με βάση την απόχρωση του κάθε δείγματος. Ο προσδιορισμός των ολικών φαινολικών συστατικών στα δείγματα πραγματοποιήθηκε με την μέθοδο Folin-Ciocalteu. Προσδιορίστηκε επίσης η ικανότητα δέσμευσης/ανάσχεσης της σταθερής ελεύθερης ρίζας ABTS+[2,2'-αζινο-δισ(3-αιθυλοβεζοθειαζολινο-6-σουλφονικό οξύ)] προκειμένου να προσδιοριστεί η αντιριζική δράση των δειγμάτων. Τέλος, πραγματοποιήθηκε μέτρηση της αντιοξειδωτικής ικανότητας μέσω της αναγωγής κατιόντος σιδήρου με τη μέθοδο FRAP. Τα αποτελέσματα έδειξαν μη σημαντικές διαφορές ως προς την περιεκτικότητα των δειγμάτων μελιτζάνας σε φαινολικές ενώσεις, όμως παρατηρήθηκε πολύ μικρότερη διακύμανση στην κατανομή των φαινολικών ενώσεων στα δείγματα των μελιτζανών που είχαν καλλιεργηθεί σε θερμοκήπιο υπέρυθρης ακτινοβολίας σε σχέση με τις μελιτζάνες που είχαν καλλιεργηθεί σε συμβατικό θερμοκήπιο.

## Abstract

In the present dissertation, the effect of infrared heating on the composition of total phenolics and their antioxidant activity on greenhouse eggplant cultivation was studied. Sixteen (16) samples of conventional greenhouse eggplant and sixteen (16) samples of infrared greenhouse eggplant were taken. The samples were freeze-dried and then grouped primarily by type of greenhouse and secondary by shade of each sample. Experiments for the determination of total phenols in the samples were performed by the Folin-Ciocalteu method. The experiment also assesses the binding / inhibitory capacity of the stable free radical ABTS + [2,2'-azino-bis (3-ethylbezothiazoline-6-sulfonic acid)] in order to determine the antioxidant power of the samples. The results showed a slightly higher content of phenolic compounds in aubergines

grown in a conventional greenhouse, but a better distribution of phenolic compounds was observed in samples of eggplants grown in a conventional greenhouse.

## Κεφάλαιο 1: Γενικά χαρακτηριστικά μελιτζάνας

### 1.1 Εισαγωγή

Η μελιτζάνα (*Solanum melongena* L.) προέρχεται από την Ινδία. Έχει καλλιεργηθεί στη νότια και ανατολική Ασία από την προϊστορία. Το πρώτο γνωστό γραπτό αρχείο της μελιτζάνας βρίσκεται στο Qī mǐn yào shù, μια αρχαία κινεζική γεωργική πραγματεία που ολοκληρώθηκε το 544 μ.Χ. ενώ όσο αφορά την Ελλάδα μελιτζάνα, ήταν άγνωστη και διαδόθηκε στον βαλκανικό χώρο μέσω της οθωμανικής αυτοκρατορίας στον 14-16ο αιώνα μ.Χ. Τα πολυάριθμα αραβικά και βορειοαφρικανικά ονόματα γι' αυτό, μαζί με την έλλειψη αρχαίων ελληνικών και ρωμαϊκών ονομάτων, δείχνουν ότι εισήχθη σε ολόκληρη την περιοχή της Μεσογείου από τους Άραβες στους πρώτους Μεσαίωνα. Η επιστημονική ονομασία *Solanum melongena* προέρχεται από έναν αραβικό όρο του 16ου αιώνα για ένα είδος μελιτζάνας.

Η ονομασία μελιτζάνα αναπτύχθηκε στις Ηνωμένες Πολιτείες, την Αυστραλία, τη Νέα Ζηλανδία και τον Καναδά, επειδή οι καρποί ορισμένων ευρωπαϊκών ποικιλιών του 18ου αιώνα ήταν κίτρινοι ή λευκοί και μοιάζουν με αυγά χήνας ή όρνιθας. Η ονομασία μελιτζάνα στη βρετανική αγγλική γλώσσα αναπτύχθηκε με βάση τη γαλλική μελιτζάνα (όπως προέρχεται από την καταλανική *alberginia*, από την αραβική *al-badinjan*, από τον περσικό *badin-gan*, από το σανσκριτικό *vatin-ganaḥ*). Στην ινδική και τη νοτιοαφρικανική αγγλική γλώσσα, ο καρπός είναι γνωστός ως "brinjal" με τα χαρακτηριστικά τους *br-jn* ή *brn-ji* πτυχές, προέρχονται από τα αραβικά και σανσκριτικά. Στην Καραϊβική νησί του Τρινιτάντ, πηγαίνει επίσης από το λατινικό παράγωγο "melongen" (HUI, 2006).

Η παραγωγή μελιτζάνας (*Solanum melongena*) ήταν περίπου 50,19 εκατομμύρια τόνους με την Κίνα ως κύρια παραγωγός με 29,5 εκατ. τόνοι ακολουθούμενη από την Ινδία με 13,5 εκατ. τόνους, την Αίγυπτο με 1,2 εκατομμύρια τόνοι, το Ιράν με 0,85 εκατομμύρια τόνοι και η Τουρκία 0,82 εκατομμύρια τόνοι (FAO, 2014).

Η μελιτζάνα (*Solanum melongena*) είναι φυτό που παράγεται τους καλοκαιρινούς μήνες. Χρειάζεται υψηλές θερμοκρασίες για να δώσει καρπούς καλής ποιότητας. Η ιδανική

θερμοκρασία κυμαίνεται από 20-22°C. Επίσης, είναι φυτό που χρειάζεται έντονο φωτισμό για να αναπτυχθεί ικανοποιητικά. Όσον αφορά στο έδαφος αυτό πρέπει να είναι μέσης μέχρι ελαφριάς σύστασης, γόνιμο με πολύ καλή αποστράγγιση. Δεν πρέπει να περιέχει άλατα και η άριστη τιμή pH κυμαίνεται από 5,5-7,0 (Καπώνη, 2014).

## 1.2 Περιγραφή φυτού

Γενικά, η *Solanum melongena* L. τόσο το κεντρικό στέλεχος όσο και οι πλάγιοι βλαστοί της μελιτζάνας ξυλοποιούνται μέσα στην ίδια βλαστική περίοδο που σχηματίζονται. Η μελιτζάνα (*Solanum melongena*) σχηματίζει πλάγιους βλαστούς σε όλες σχεδόν τις μασχάλες των φύλλων της, με συνέπεια υπό φυσιολογικές συνθήκες να λαμβάνει θαμνώδη μορφή. Σχηματίζουν φύλλα μεγάλου μεγέθους, ωοειδή έως καρδιοειδή με δερματώδη υφή. Τα άνθη της μελιτζάνας φέρονται είτε μονομερή είτε σε ομάδες αποτελούμενες από ένα κύριο και ένα ή περισσότερα δευτερεύοντα άνθη. Το χρώμα της στεφάνης είναι ιώδες. Το βρώσιμο τμήμα της μελιτζάνας είναι ο καρπός της, ο οποίος βοτανικά είναι ράγα. Υπάρχουν όμως και ποικιλίες που δίνουν καρπούς με διάφορα άλλα χρώματα επιδερμίδας ή και ο καρπός με ανομοιόμορφους χρωματισμούς (Σάββας, 2016).

Πρόκειται για ένα φυτό ετήσιο ή πολυετές στις τροπικές ζώνες με ανάπτυξη που φτάνει σε ύψος 20-200 cm με πολλές διακλαδώσεις και ευαίσθητους βλαστούς, ιδιαίτερα στο θερμοκήπιο που απαιτείται στήριξη των φυτών για να αντέξουν το βάρος της καρποφορίας. Ο πολλαπλασιασμός του γίνεται με σπόρο. Τα φυτά παράγονται σε σπορεία. Η σπορά γίνεται σε δίσκους πολλαπλών θέσεων ή στα πεταχτά, υπό την προϋπόθεση να γίνει μεταφύτευση των σπορόφυτων σε ατομικά δοχεία για ανάπτυξη πριν την μεταφορά τους στον αγρό ή το θερμοκήπιο. Η μεταφύτευση γίνεται μέσα σε 6-9 βδομάδες μετά την σπορά όταν το φυτό θα έχει ύψος περίπου 12-15 cm. (Doijode, 2001)

**Ριζικό σύστημα:** Είναι πασσαλώδες και αναπτύσσεται κυρίως σε βάθος των 60-100 cm, ενώ σε ορισμένες ποικιλίες μπορεί να φτάσει ακόμη και σε βάθος 120 cm Έχει κεντρική ρίζα που αντικαθίσταται από πολλές πλευρικές αν τραυματιστεί κατά τη μεταφύτευση. Οι πλευρικές ρίζες απλώνονται σε σχετικά μικρό βάθος. Τα άνθη εμφανίζονται μονήρη ή σε ταξιανθίες, 2-3 μαζί πάνω στους βλαστούς, είναι μεγάλα με ιώδη χρώμα (Εικόνα 1). (Dunlop, 2006)



**Εικόνα 1:** Στάδια ανάπτυξης φυτού μελιτζάνας

**Βλαστός:** Ο βλαστός είναι κυλινδρικός και τρυφερός. Στα πρώτα στάδια της ανάπτυξης του είναι πωώδης και στη συνέχεια, όταν σταματήσει η ανάπτυξη των φυτών, ξυλώδης. Φέρει αρκετές πλευρικές δευτερεύουσες διακλαδώσεις, οι οποίες σε καλλιέργεια θερμοκηπίου συνήθως αφαιρούνται και διατηρούνται οι 2-3 αρχικοί κεντρικοί βλαστοί. (Dunlop, 2006)

**Φύλλα:** Είναι απλά, εναλλασσόμενα και στις περισσότερες ποικιλίες καλύπτονται από πυκνά τριχίδια και χνούδι. Το σχήμα τους χαρακτηρίζεται ως απλό ελληψοειδές. Τα φύλλα είναι λεία ενώ πάνω στις νευρώσεις τους αναπτύσσονται συχνά αγκάθια (Εικόνα 2). (Lo, 2006)



**Εικόνα 2:** Φύλλα φυτού μελιτζάνας

**Άνθη:** Είναι τέλεια μονήρη ή φέρονται σε ομάδες 2-3 πάνω στους βλαστούς. Τα άνθη αυτογονιμοποιούνται, ωστόσο σε ορισμένες συνθήκες σχηματίζονται καρποί χωρίς γονιμοποίηση (παρθενοκάρπια). Ο κάλυκας είναι κυρίως πεντάλοβος, τριχωτός, αγκαθωτός και αναπτύσσεται μαζί με τον καρπό. Η στεφάνη είναι περικοκλάδα και φέρει συνήθως πέντε λοβούς (Εικόνα 3). (Doijode, 2001)





*Εικόνα 3: Άνθη μελιτζάνας*

Στη μελιτζάνα παρουσιάζεται έντονα το φαινόμενο της ετεροστυλίας. Ανάλογα με το μήκος του στύλου σε σχέση με τον κώνο των ανθέρων, τα άνθη της διακρίνονται σε 4 κατηγορίες:

- **Μακρόστυλα άνθη:** ο στύλος είναι αρκετά μακρύς (1 - 1,3cm) και το στίγμα προεξέχει του κώνου των ανθέρων.
- **Μεσαία – μακρόστυλα άνθη:** ο στύλος είναι μακρύς (0,8 - 1cm), αλλά ίσος σε μήκος με αυτό του κώνου των ανθέρων και επομένως το στίγμα δεν προεξέχει.
- **Ψευδοκοντόστυλα άνθη:** ο στύλος έχει μήκος περίπου 0,5 - 0,7cm και είναι μικρότερος σε μήκος από το μήκος του κώνου των ανθέρων και κατά συνέπεια, το στίγμα είναι σε χαμηλότερο σημείο από την θέση των ανθέρων.
- **Πραγματικά κοντόστυλα άνθη:** ο στύλος έχει μήκος 0,1 - 0,3cm είναι δηλαδή πολύ μικρός και επίσης η ωσθήκη του άνθους αυτού είναι συνήθως μικρή. (Ολύμπιου, 2001)
- **Καρπός:** Όσον αφορά το σχήμα της μελιτζάνας προσδιορίζετε από τον καρπό της και υπάρχουν πολλά είδη όπως η επιμήκης κύλινδρος με αντιπροσωπευτικές ποικιλίες του «Άργους» και την «Τσακωνική». Επιπλέον, ο προσδιορισμός που μπορεί να έχει ο καρπός είναι σφαιρικό ή απιοειδές σχήμα γνωστό ως φλάσκα και μια εξειδικευμένη μορφή του είναι της «Σύρου». Οι αποχρώσεις που μπορεί να έχει ένας καρπός είναι βαθύ μέχρι ανοιχτό ιώδες, επιπροσθέτως υπάρχουν και ποικιλίες καρπών με απόχρωση άσπρο ή πράσινο χρώμα. Ο καρπός μπορεί να έχει αποχρώσεις μοβ, βαθύ μοβ, μοβ με

άσπρες γραμμές ,βαθύ γαλάζιο, κόκκινο ,κίτρινο με ποικίλες ραβδώσεις ενώ η επιφάνια του είναι λεία και γυαλιστερή . Οι αποχρώσεις που παίρνει ο καρπός αποδίδονται στην ύπαρξη δύο ομάδων χρωστικών ουσιών. Η πρώτη ομάδα είναι οι ανθοκύανινες ,όπου το μόριο τους μεταβάλλεται με την προσθήκη της φυσικής σακχαρικής ομάδας στις αποχρώσεις κόκκινο , βιολετί ή μαύρο ανάλογα με την συγκέντρωση τους. Η δεύτερη ομάδα ουσιών είναι οι χλωροφύλλες Α και Β που με βάση την ωρίμανση του καρπού διαφοροποιείται το χρώμα του καρπού. Κάτι που πρέπει να επισημανθεί είναι ότι ο καρπός φέρει αγκάθια, επομένως αυτό υποδηλώνει ιδιαίτερη προσοχή κατά την συγκομιδή ώστε να μην προκληθεί κάποιος τραυματισμός στον καρπό. (Εικόνα 4). (Ολύμπιου, 2001)



*Εικόνα 4: Καρποί μελιτζάνας*

- **Σάρκα:** Η σάρκα του καρπού είναι λευκή , συμπαγής ,σπογγώδης και περιέχει πολλά σπόρια.
- **Γεύση:** Η πικρή γεύση της μελιτζάνας οφείλεται στην παρουσία δύο ειδών στεροειδών σαπωνίνων. Το πρώτο στεροειδές ανήκει στα γλυκοαλκαλοειδή ενώ το δεύτερο στις μελογκοσίνες και δομικά αποτελείται απο μια μη νιτρογενή ετεροκυκλική ένωση που πεσοδένεται σε στεροειδή πυρήνα. Και οι δύο αυτές ουσίες ανήκουν στις ομάδες χημικών ενώσεων με αντιμικροβιακή και αντικαρκινική ιδιότητα ενώ , ταυτόχρονα μειώνουν την χοληστερίνη στο αίμα. Η ένταση της χαρακτηριστικής πικρής γεύσης εξαρτάται απ την συγκέντρωση των γλυκοαλκαλοειδών εφόσον υπάρχουν σε συγκεντρώσεις 20 mg/100 g νωπού βάρους. Επιπλέον παράγοντες που επηρεάζουν το

ποσό έντονη είναι η γεύση είναι η ποικιλία, ο τρόπος που καλλιεργείται και η μέθοδος συγκομιδής. (Ολύμπιου, 2001)

### 1.3 Ποικιλίες μελιτζάνας

Ο καρπός της μελιτζάνας διαφοροποιείται σε σχέση με την ποικιλία, το σχήμα, το χρώμα, την υφή και την γεύση και ως κατ' επέκταση διαμορφώνονται και σε ωοειδές, σφαιρικό, μακρόστενο επίμηκες και κυλινδρικό σχήμα, και το πιο διαδεδομένο σχήμα είναι το κυλινδρικό σχήμα. Η γεύση που μπορεί να έχει μια μελιτζάνα είναι είτε γλυκιά είτε πικρή, επιπλέον καλλιεργείται ολοχρονικά σε περιοχές πιο θερμές είτε σε θερμοκήπια είτε σε κανονικούς ρυθμούς καλλιέργειας. Μια επισήμανση για την καλλιέργεια των μελιτζανών είναι ότι απαιτείται συχνά πότισμα ώστε το αποτέλεσμα της μελιτζάνας να είναι γλυκό αλλιώς το αποτέλεσμα είναι πικρό. Κατά την διάρκεια της καλλιέργειας των μελιτζανών απαιτείται να καλλιεργείται με φασόλια ώστε να τις προστατεύουν από το σκαθάρι που συναντάμε στην πατάτα και σύγχρονος να συνυπάρχει βασιλικός λόγω ότι τονίζει την γλυκιά γεύση της μελιτζάνας. Οι χώρες που συναντάμε τα μεγαλύτερα ποσοστά καλλιέργεια μελιτζανών είναι πρώτη η Κίνα, στην συνέχεια ακολουθεί η Ινδία και έπειτα ακολουθούν η Ελλάδα, η Ιταλία, και η Ισπανία. Όσον αφορά την Ελλάδα, το μεγαλύτερο ποσοστό παραγωγής απευθύνετε για εγχώρια κατανάλωση και το υπόλοιπο ποσοστό προωθείται στο εξωτερικό. Αξίζει ακόμη να σημειώσουμε πως λόγω της απαίτησής της σε θερμά κλίματα, ευδοκίμει περισσότερο στις νότιες περιοχές και για αυτό δεν είναι καθόλου τυχαίο που η Κρήτη μας δίνει το 50% της εγχώριας παραγωγής. Οι κατηγορίες μελιτζανών που καλλιεργούνται στην Ελλάδα είναι του Λαγκάδα, η Τσακωνική μελιτζάνα Λεωνιδίου και Σύρου.

Οι κυριότερες ποικιλίες μελιτζάνας είναι : ( Dunlop F. 2006)

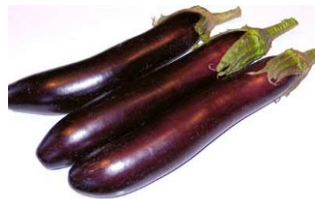
**Τσακωνική:** Είναι ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα ποικιλίας που παράγει καρπούς με ταινιωτή εξωτερική επιφάνεια. Εγχώρια ποικιλία προερχόμενη από την ποικιλία Άργους, με την οποία έχει μεγάλη ομοιότητα. Το σχήμα του καρπού μπορεί να είναι είτε επίμηκες με

ελαφρά πεπλατυσμένη κορυφή, είτε ωσειδές, είτε στρογγυλό και το μήκος που φθάνει μέχρι τα 25 cm και διάμετρο 6 cm. Ποικιλία ανθεκτική στις ασθένειες, με κυλινδρικό σχήμα καρπού, λευκές γραμμές κατά μήκος και λίγο πιο χοντρή στη μέση. Ο φλοιός είναι μοβ , λείος και γυαλιστερός. Είναι κατάλληλη για νωπή κατανάλωση μιας και είναι η μοναδική με γλυκιά γεύση και από το 1996 συγκαταλέγεται στα προϊόντα Π.Ο.Π. με τους παραγωγούς από το Λεωνίδιο να έχουν την αποκλειστικότητα της παραγωγής. Το βάρος της κυμαίνεται από 200-500g αλλά μπορεί να φτάσει μέχρι και τα 800g. Η Τσακώνικη μελιτζάνα έχει γλυκιά γεύση με αποτέλεσμα να χρησιμοποιείται και στην ζαχαροπλαστική (γλυκό μελιτζανάκι του κουταλιού) (Κτηνοτροφία, 2005) (Edward F. Domino, August 5, 1993 Number 6)



*Εικόνα 5: Μελιτζάνα Τσακώνικη*

**Λαγκαδά:** Ιδιαίτερα διαδεδομένη ποικιλία στη Θεσσαλονίκη, κατάλληλη για υπαίθρια καλλιέργεια και επίσης ανθεκτική στις ασθένειες. Οι καρποί είναι μεγάλοι, επιμήκεις και άριστης ποιότητας. Το χρώμα τους είναι σκοτεινό ώδες και το περίβλημα λείο και γυαλιστερό. Επίμηκες σχήμα με διαστάσεις 20-25 επί 4 cm με ύψος 80-90 cm και βάρος 150-200g. είναι μεσοπρόθεσμη ποικιλία για υπαίθρια καλλιέργεια. (Κτηνοτροφία, 2005)



*Εικόνα 6: Μελιτζάνα Λαγκαδά*

**Σύρου:** Χοντροί στρόγγυλοι καρποί, σκούρου χρώματος μωβ και ίσως οι μεγαλύτεροι του είδους. Ποικιλία εγχώρια ανθεκτική σε ασθένειες. Καρπός μαύρου χρώματος, οβάλ σχήμα, βάρος καρπού 300g. (Κτηνοτροφία, 2005)



*Εικόνα 7: Μελιτζάνα Σύρου*

**Black Beauty:** Ποικιλία μελιτζάνας τύπου φλάσκας, η πιο διαδεδομένη, κατάλληλη για υπαίθρια καλλιέργεια. Το σχήμα της είναι στρογγυλό ή οβάλ και οι καρποί μεγάλοι και χοντροί, σκοτεινού χρώματος. Έχει καρπό χοντρό διαστάσεων 15\*12 cm περίπου και καλής ικανότητας διατήρησης. Έχει καλή ομοιομορφία στους καρπούς και κρατά τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της μετά το κόψιμο. Παρουσιάζει καλή συμπεριφορά στις μεταφορές. Ενδείκνυται για τηγάνισμα. (Edward F. Domino, August 5, 1993 Number 6)



*Εικόνα 8: Μελιτζάνα Black Beauty*

**Long Purple:** Μεγάλου μήκους καρποί, μακρόστενοι με χρώμα μαύρο-βιολετί, μακρόστενους μήκους 22-24cm και ιδιαίτερης καλής γεύσης. Ποικιλία παραγωγική και με σφρίγος. Ιδανική για υπαίθρια καλλιέργεια και σε θερμοκήπιο. Ωριμάζει περίπου στις 70 ημέρες. (Κτηνοτροφία, 2005)



**Εικόνα 9:** Μελιτζάνα Long Purple

**Rosa Bianca:** Ιταλική ποικιλία μέσης εποχής. Είναι ίσως η καλύτερη ποικιλία σε γεύση. Έχει διακριθεί σε διαγωνισμούς για την υπέροχη κρεμώδη σάρκα της. Οι καρποί της είναι εύγευστοι και άριστης ποιότητας. Το σχήμα της είναι ωσειδές με λευκό χρώμα στη βάση μήκους 10-15 cm και ακανόνιστες ανοιχτές μωβ-ροζ λωρίδες στο πάνω μέρος. Η περίοδος ωρίμανσής της υπολογίζεται σε περίπου 83 ημέρες από την περίοδο της μεταφύτευσης\_ (Κτηνοτροφία, 2005)\_ (Edward F. Domino, August 5, 1993 Number 6)



**Εικόνα 10:** Μελιτζάνα Rosa Bianca

**Λευκή Σαντορίνης:** Καλλιεργείται στην νήσο Θήρα (παράγεται στις νότιες κυρίως περιοχές) με πολύ καλή γεύση και λιγότερο πικρή από τις μωβ και έχει πολύ λίγους σπόρους στο εσωτερικό της. Οι καρποί είναι μεγάλοι, σχήματος οβάλ και λευκού χρώματος. Επειδή απορροφά πολύ λίγο λάδι είναι κατάλληλη για τηγάνισμα\_ (Κτηνοτροφία, 2005)



**Εικόνα 11:** Λευκή Σαντορίνης

**Tasca F1 (φλάσκα, ενδιάμεση):** Μεσοπρώιμο υβρίδιο (70-80 ημερών) γαλλικής προέλευσης, ιδανικό για χειμερινή (υπό κάλυψη) καλλιέργεια. Φυτό δυνατό, ύψους 85-95 cm, με μικρά μεσογονάτια. Παράγει καρπούς διαστάσεων 16x11cm , μέσου βάρους 330-350 g. (Κτηνοτροφία, 2005)



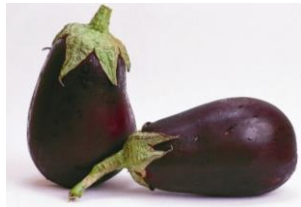
**Εικόνα 12:** Tasca F1

**Bonica F1:** Είναι πρώιμο, ανθεκτικό στο μωσαϊκό του καπνού (TMV) και στο μωσαϊκό του αγγουριού (CMV 1). Ο καρπός είναι ωοειδής, απιοειδής, μέσου μήκους 15-18cm και μέσης διάμετρου 7-10cm, βάρους 250-350g και το χρώμα του είναι βαθύ ιώδες. Δίνει υψηλές αποδόσεις (14-15 τόνους/στρέμμα). (Κτηνοτροφία, 2005)



**Εικόνα 13:** Bonica F1

**Delica F1:** Παρόμοιο υβρίδιο με το προηγούμενο, πρώιμο αλλά όχι τόσο παραγωγικό. Ανθεκτικό στις χαμηλές θερμοκρασίες και στο μωσαϊκό του καπνού. Ο καρπός είναι εξαιρετικής ποιότητας. (Κτηνοτροφία, 2005)



*Εικόνα 14: Delica F1*

**Galine F1:** Φυτό πολύ πρώιμο με ανοικτή πλάγια ανάπτυξη. Κατάλληλο για καλλιέργεια κατά τον χειμώνα στα θερμοκήπια διότι έχει την ικανότητα να αναπτύσσει καρπούς παρθενοκαρπικά. Καλλιεργείται επίσης το φθινόπωρο και την άνοιξη υπό κάλυψη και σε υπαίθριες καλλιέργειες. Ο καρπός είναι απιοειδούς σχήματος, με γυαλιστερούς ιώδεις χρωματισμούς, μέσου βάρους 350 g. Διατηρείται σε καλή κατάσταση για μεγάλο χρονικό διάστημα μετά τη συγκομιδή. (Κτηνοτροφία, 2005)



*Εικόνα 15: Galine F1*

**Listada de Gandia:** Ποικιλία από τη Γαλλία από το 1850. Έχει σχήμα αυγού και μωβ χρώματος, με λευκές λωρίδες και οι καρποί της φθάνουν σε μήκος 12-15cm. Δεν γίνονται μεγάλοι όσο σε άλλες ποικιλίες, αλλά τα ώριμα φυτά αντέχουν τις υψηλές θερμοκρασίες και την ξηρασία. Ταίριαζει στις περιοχές με μακρά θερμή καλλιεργητική περίοδο. Οι φλούδες τους δεν χρειάζεται να ξεφλουδιστούν για να μαγειρευτούν. (Κτηνοτροφία, 2005)





**Εικόνα 16:** *Listada de Gandia*

Υπάρχουν και πιο γενικοί διαχωρισμοί με βάση το σχήμα των καρπών, η μελιτζάνα ταξινομείται σε τρεις βοτανικές ποικιλίες ή τύπους που περιλαμβάνουν σχήμα αυγού (*S. melongena var. esculentum*), μακρύ και λεπτό σε σχήμα (*S. melongena var. serpentinum*) και τύποι νάνων (*S. melongena var. Depressum*) (Structure and content of phenolics in eggplant) .

#### 1.4 Θερμοκήπια

Το θερμοκήπιο είναι ένας στεγασμένος και περιφραγμένος χώρος, που σκοπό του έχει να προφυλάξει τα φυτά από τις χειμερινές περιόδους . Τα θερμοκήπια μπορεί να είναι κατασκευασμένα πάνω σε μόνιμους σιδερένιους σκελετούς από γυαλί ή μπορεί να είναι από πλαστικό, που στηρίζεται πάνω σε ξύλινο σκελετό. Σημαντικό ρόλο στα θερμοκήπια έχουν οι κλιματικές αλλαγές που επικρατούν κυρίως τους χειμώνατικούς μήνες σε μια περιοχή και εξαρτάται και από το είδος των φυτών που πρόκειται να καλλιεργηθούν. Τα θερμοκήπια των βόρειων χωρών έχουν πιο ειδικές κατασκευές και, πολλές φορές αποτελούνται από διπλά τζάμια και διπλή οροφή λόγω περισσότερου κρύου . Η λειτουργία των θερμοκηπίων στηρίζεται στο κάλυμμα από γυαλί, το οποίο πρέπει να είναι τέλεια μονωτικό και διάφανο. Ανάλογα με την προέλευση των φυτών που καλλιεργούνται, διακρίνεται σε θερμοκήπιο εύκρατης, τροπικής, χαμηλής θερμοκρασίας κτλ. Επίσης ανάλογα με τη θέση τους, διακρίνονται σε επίγεια και υπέργεια. Αντίθετα, στις νότιες περιοχές της Ελλάδος, όπως π.χ. στη νότια Μεσσηνία και στην Κρήτη, οι κατασκευές είναι πολύ ελαφριές, αποτελούνται από πλαστικό απλωμένο πάνω σε ξύλινο σκελετό, χωρίς να θερμαίνεται. (Muijzenberg E. v., 1980).Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα εσωτερικά θερμοκήπια στα οποία καλλιεργούνται φυτά κατά τη διάρκεια του χειμώνα, που δεν είναι δυνατό να ευδοκιμήσουν στον ανοιχτό χώρο. Τα τελευταία χρόνια η τεχνική της καλλιέργειας μέσα στα θερμοκήπια έχει

αναπτυχθεί σε σημαντικό βαθμό. Έτσι, όλο το χρόνο παράγονται προϊόντα τέτοια όπως π.χ. ντομάτες, μελιτζάνες, κολοκύθια κλπ., που καλύπτουν τις ανάγκες της αγοράς, ενώ ένα μεγάλο μέρος προορίζεται για εξαγωγή. (Muijzenberg E. W., 1980). Τα τελευταία χρόνια αναπτύσσεται ένας καινοτόμος τύπος θερμοκηπίων, τα λεγόμενα χημικά θερμοκήπια. Στα συγκεκριμένα θερμοκήπια υπάρχει μια χημική ουσία που μοιάζει με αφρό, με την οποία ραντίζουν τα φυτά σε πολύ μεγάλες εκτάσεις. Η χημική ουσία καλύπτει τελείως τα φυτά και τα προστατεύει από το κρύο. Λειτουργεί δηλαδή με τον ίδιο τρόπο που λειτουργούν και τα θερμοκήπια από πλαστικό. Ο τρόπος αυτός βρίσκεται στο στάδιο των ερευνών και δοκιμάζουν ακόμη τις δυνατότητες του και σύμφωνα με τις απόψεις των ερευνητών θα λύσει το πρόβλημα της μαζικής καλλιέργειας των εκτός εποχής φυτών (Vleeschouwer, 2001)

#### 1.4.1 Θερμοκήπια με υπέρυθρη ακτινοβολία

Με την εφαρμογή θέρμανσης με υπέρυθρη ακτινοβολία στα θερμοκήπια σε αντιδιαστολή με τα συστήματα θερμού αέρα εξαναγκασμένης συναγωγής, η θερμότητα στέλνεται απ' ευθείας από την πηγή με τη μορφή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στο δέκτη, δηλαδή τον ρόλο τον έχουν τα φυτά και το έδαφος που γίνονται η πρωταρχική πηγή θερμότητας μέσα στο θερμοκήπιο. Στην θέρμανση του αέρα πέρα από την ακτινοβολία σημαντικό ρόλο έχει η συναγωγή λόγω της επαφής του με τα φυτά και το έδαφος που θερμαίνονται άμεσα. Η στρωματοποίηση του εσωτερικού αέρα, σε διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας εδάφους και θερμοκρασίας οροφής, είναι σημαντικά χαμηλότερη από συστήματα θερμού αέρα εξαναγκασμένης συναγωγής. Οι ενεργειακές απώλειες από την δομή του θερμοκηπίου μειώνονται σημαντικά λόγω μείωσης των απωλειών εξαιτίας συναγωγής από το κάλυμμα και μείωσης των διαφυγών, καταλήγοντας σε μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση, επιπροσθέτως υπάρχει πτώση της υγρασίας στην επιφάνεια των φυτών και ως επέκταση είναι χρήσιμο για την μείωση στην εξάπλωση ασθενειών, που πρέπει να αποφεύγεται ως πρόβλημα στα θερμοκήπια. Τα συστήματα θέρμανσης με υπέρυθρη ακτινοβολία χρησιμοποιήθηκαν αρκετά στα θερμοκήπια στις μεγάλες πετρελαϊκές κρίσεις της δεκαετίας του '70 (κυρίως στις ΗΠΑ), εν συνεχεία όμως η χρήση τους εγκαταλείφτηκε. Γι' αυτόν τον λόγο δεν υπάρχουν πολλές δημοσιευμένες μελέτες, από τις αρχές της δεκαετίας του '80, όπου διερευνούσαν την

καταλληλότητα της IR για θέρμανση του θερμοκηπίου. Το σύστημα Gas - Fired Infrared Heating ήταν η πρώτη προσπάθεια εφαρμογής της υπέρυθρης ακτινοβολίας στα θερμοκήπια.

Έρευνες δείχνουν ότι τα φυτά μελιτζάνας που καλλιεργούνται σε θερμοκήπιο με 0% μετάδοση σε υπεριώδη ακτινοβολία είναι περίπου 21% ψηλότερα και έχουν περίπου 17% περισσότερα φύλλα από τα φυτά που καλλιεργούνται σε θερμοκήπιο με 5% μετάδοση σε υπεριώδη ακτινοβολία φως (Kittas, Tchamitchian, Katsoulas, Karaiskou, & Papaioannou, 2006).



*Εικόνα 17: Το πρώτο θερμοκήπιο στην Ελλάδα που θερμαίνεται με κάτοπτρα υπέρυθρης ακτινοβολίας (2011-2012).*

Συγκεντρώνοντας τα πλεονεκτήματα της θέρμανσης με κάτοπτρα υπέρυθρης ακτινοβολίας, συνειδητοποιούμε ότι είναι:

- Χαμηλότερο κόστος ενέργειας κατά 40-60%.
- Δυνατότητα τμηματικής θέρμανσης θερμοκηπίου χωρίς την εγκατάσταση χωρισμάτων.
- Ανάπτυξη ζωνών διαφορετικών θερμοκρασιών στο ίδιο ενιαίο θερμοκήπιο.
- Ομοιόμορφη κατανομή θερμοκρασίας
- Περιορισμός στην ανάπτυξη και διάδοση ασθενειών χάρη στον περιορισμό της υγρασίας των φυτών και του χώρου με παράλληλο περιορισμό των εντόμων
- Υψηλής ποιότητας προϊόντα και αύξηση της παραγωγής

- Περιορισμός των περιβαλλοντικών επιπτώσεων λόγω μείωσης της κατανάλωσης καυσίμου
- Γρήγορη τοποθέτηση των κατόπτρων υπέρυθρης ακτινοβολίας
- Ελάχιστη συντήρηση
- Εγκατάσταση εξοπλισμού που θα αποσβεστεί σε διάστημα 2-4 ετη (Καυγά, 2010)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Χημική σύσταση μελιτζάνας

### 2.1 Παράγοντες από τους οποίους επηρεάζεται η χημική σύσταση της μελιτζάνας

Υπάρχουν παράγοντες που επηρεάζουν τη σύσταση πριν και μετά την συγκομιδή. Πριν την συγκομιδή κυρίως επηρεάζονται από κλιματολογικούς παράγοντες που είναι η θερμοκρασία, το φως και ο αέρας που παίζουν σημαντικό ρόλο στα θρεπτικά χαρακτηριστικά και τη διατροφική ποιότητα της μελιτζάνας (*Solanum melongena*). Ακόμα, πριν την συγκομιδή παίζουν σημαντικό ρόλο και οι καλλιεργητικές συνθήκες και συγκεκριμένα ο τύπος του εδάφους, η σύστασή του και τα αποθέματα νερού, το κλάδεμα και το αραίωμα των καρπών και ο έλεγχος για επιβλαβή έντομα επηρεάζουν γενικά την ποιότητα. Η προσθήκη λιπασμάτων μπορεί να επηρεάσει σημαντικά την περιεκτικότητα σε ανόργανα συστατικά ενώ το κλάδεμα και το αραίωμα επηρεάζουν την διατροφική ποιότητα των καρπών μεταβάλλοντας το φορτίο και το μέγεθος παραγωγής. Το ιδανικό έδαφος για τη μελιτζάνα πρέπει να είναι ελαφρώς αμμώδες, πλούσιο σε οργανική ουσία, καλά αποστραγγιζόμενο και με χαμηλή περιεκτικότητα αλάτων, ενώ το pH του, πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 5,5-6,8. Η συγκομιδή αρχίζει 60-80 ημέρες μετά τη φύτευση και ανάλογα με την ποικιλία (Αναγνωστοπούλου & Ταλλέλη, 2008), (Παπαχατζής & Καλορίζου, 2019) & (Αγροσύμβουλος, 2014).

Η μελιτζάνα (*Solanum melongena*) είναι φυτό που για να καλλιργηθεί και να μπορέσει να δώσει καρπούς έχει ανάγκη σε με υψηλή θερμοκρασία απ' ότι άλλα φυτά. Άριστη θερμοκρασία ανάπτυξης είναι οι 21-29°C. Αντέχει σε υψηλές θερμοκρασίες αλλά όταν αυτές ξεπεράσουν τους 30 °C παρατηρείται ανάσχεση της ανάπτυξης του φυτού, ενώ σε χαμηλές θερμοκρασίες επηρεάζεται η απόδοση της καλλιέργειας. Πιο συγκεκριμένα σε θερμοκρασίες κάτω των 16°C προκαλείται ανθοφορία όμως οι καρποί που θα σχηματισθούν είναι υποβαθμισμένης ποιότητας (Παπαχατζής & Καλορίζου, 2019).

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την σύσταση μετά την συγκομιδή είναι περιβαλλοντικοί, βιολογικοί, η μετασυλλεκτική μεταχείριση και το χρονικό διάστημα μεταξύ συγκομιδής και κατανάλωσης. Οι περιβαλλοντικοί παράγοντες είναι η θερμοκρασία, η σχετική υγρασία και η ατμοσφαιρική σύσταση. Η υποβάθμιση των φαινολικών ενώσεων σε μωβ μελιτζάνα αποθηκευμένη στους 10°C μειώνεται (Massolo, Concellón, Chaves, & Vicente, 2011)

Ο έλεγχος της θερμοκρασίας είναι ο πιο σημαντικός για παράταση του χρόνου συντήρησης και διατήρησης της ποιότητας των φρέσκων λαχανικών. Συγκεκριμένα η μεταφορά πρέπει να γίνει τις πρώτες πρωινές ώρες που η θερμοκρασία είναι χαμηλότερη. Η υγρασία επηρεάζει την απώλεια νερού ενώ η ατμοσφαιρική σύνθεση (O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> και C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) μπορεί να επηρεάσει σε σημαντικό βαθμό το ποσοστό αναπνοής και τη διάρκεια αποθήκευσής. Οι βιολογικοί παράγοντες περιλαμβάνουν την αναπνοή και την διαπνοή. Κατά την αναπνοή, το ποσοστό αλλοίωσης των λαχανικών είναι ανάλογο με το ποσοστό αναπνοής του, και κατά την διαπνοή ή απώλεια υγρασίας, λόγω του ότι είναι ένα επιφανειακό φαινόμενο που εξαρτάται απ το μέγεθος της εκτιθέμενης επιφάνειας, αποτελεί σημαντική αιτία αλλοίωσης, επειδή δεν προκαλεί μόνο ποσοτικές απώλειες αλλά και απώλειες στην εμφάνιση, στην ποιότητα της υφής και απώλειες στην θρεπτική αξία. Η μετασυλλεκτική μεταχείριση, η διακύμανση της θερμοκρασίας και η επεξεργασία μπορούν να οδηγήσουν σε απώλειες. Τέλος, το χρονικό διάστημα μεταξύ συγκομιδής και κατανάλωσης μπορεί να οδηγήσει σε απώλεια της θρεπτικής αξίας της μελιτζάνας (Αναγνωστοπούλου & Ταλλέλη, 2008) (Αγροσύμβουλος, 2014).

Ένα επιπλέον πρόβλημα το οποίο παρατηρείται κατά την μακροχρόνια αποθήκευση των μελιτζανών σε χαμηλές θερμοκρασίες είναι το καφέτισμα της σάρκας. Μετά από αποθήκευση 5 ημερών στους 0°C, η σάρκα των καρπών σκουραίνει πολύ περισσότερο σε σχέση με την σάρκα των καρπών οι οποίοι αποθηκεύονται στους 10 °C για ίσο χρονικό διάστημα (Concellón, Zaro, Chaves, & Vicente, 2012).

Η χημική σύσταση της μελιτζάνας, μεταβάλλεται κατά το μαγείρεμα και επηρεάζεται και από τον τρόπο μαγειρέματος. Η νωπή μελιτζάνα που παρήχθη υπό συμβατική καλλιέργεια έχει πολύ μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε ανθοκυανίνες σε σύγκριση με αυτήν που έχει υποστεί κάποια μέθοδο θερμικής επεξεργασίας. Γενικά, η μελιτζάνα που έχει υποστεί θερμική επεξεργασία με ατμό περιέχει υψηλότερα ολικά επίπεδα πολυφαινολικών συστατικών και

φλαβονοειδών και παρουσιάζει μεγαλύτερη αντιοξειδωτική ικανότητα σε σύγκριση με την επίδραση άλλων θερμικών επεξεργασιών. Οι μελιτζάνες όμως συνήθως καταναλώνονται μετά το τηγάνισμα, το βρασμό στο νερό ή το ψήσιμο στη σχάρα. Μερικές πρόσφατες μελέτες έχουν δείξει ότι η θερμική επεξεργασία αυξάνει το αντιοξειδωτικό της περιεχόμενο (Das, et al., 2011). Οι (Lo Scalzo, et al., 2010) ανέφεραν υψηλότερη αντιοξειδωτική ικανότητα σε ξηρό βάρος σε μαγειρεμένους καρπούς μελιτζάνας σε σύγκριση με ωμούς καρπούς.

Η αντιοξειδωτική δράση της μελιτζάνας μειώνεται κατά το ψήσιμο στην σχάρα σε θερμοκρασίες κάτω από 65°C, αλλά αυξάνεται μετά από ψήσιμο σε υψηλότερες θερμοκρασίες έως 95°C. Ωστόσο, οι άλλες μέθοδοι μαγειρέματος αυξάνουν την αντιοξειδωτική ικανότητα της μελιτζάνας. Το τηγάνισμα προκαλεί απώλειες 50% στην αντιοξειδωτική δράση. Το βαθύ τηγάνισμα είναι μια εκτεταμένη μέθοδος μαγειρέματος η οποία βελτιώνει τις οργανοληπτικές ιδιότητες, αλλά μειώνει την θρεπτική αξία και το αντιοξειδωτικό περιεχόμενο των τροφίμων (Scalzo, et al., 2016). Ωστόσο, τα φυσικά αντιοξειδωτικά που απελευθερώνονται κατά το μαγείρεμα μπορούν να βοηθήσουν στην προστασία του ελαίου από την οξείδωση των λιπιδίων. Έτσι, η μελιτζάνα έχει ερευνηθεί ως πηγή φυσικών αντιοξειδωτικών η οποία επεκτείνει την χρησιμότητα του λαδιού τηγανίσματος. Τα επίπεδα πολυφαινόλης του χυμού της φλούδας της μελιτζάνας συμβάλλουν στην ενίσχυση της οξειδωτικής σταθερότητας του ελαίου τηγανίσματος (Zambrano, Chávez, Lurdes Plaza, & Wessel, 2015), (Gürbüz, Uluişik, Frary, Frary, & Doğanlar, 2018)

## 2.2 Χημική σύσταση μελιτζάνας

Ο τύπος μελιτζάνας *Solanum melongena* είναι πλούσιος σε μέταλλα όπως ασβέστιο, κάλιο και σίδηρο, που χάρη στην σύσταση του είναι αυτό που κάνει το χρώμα της να αλλάζει όταν εκτίθεται στον αέρα αλλά και σε νάτριο, πρωτεΐνη, βιταμίνη Α και διαιτητικές φυτικές ίνες, που την καθιστούν μια πολύ υγιεινή τροφή.

**Πίνακας 1:** Σύνθεση μελιτζάνας ανά 100gr (Παπαχατζής & Καλορίζου, 2019)

<b>Θερμίδες</b>	25 kcal	<b>Νάτριο</b>	3,0mg
<b>Υδατάνθρακες</b>	5.88 g	<b>Κάλιο</b>	229,0mg
<b>Νερό</b>	92,7 g	<b>Φώσφορος</b>	24,0mg
<b>Πρωτεΐνες</b>	0,98g	<b>Ψευδάργυρος</b>	0,16mg
<b>Ολικές διαλυτές φαινόλες</b>	1700mg	<b>Θείο</b>	44mg

<b>Λιπίδια</b>	0,18 g	<b>Χλώριο</b>	52mg
<b>Φυτικές ίνες</b>	3,0 g	<b>Ασβέστιο</b>	9.0mg
<b>Ζάχαρη</b>	3,53 g	<b>Σίδηρο</b>	0,9mg
<b>Θειαμίνη</b>	0,04 mg	<b>Ριβοφλαβίνη</b>	0,11mg
<b>Νιασίνη</b>	0,6mg	<b>Β-καροτένιο</b>	0,74mg
<b>Πυριδοξίνη</b>	0,1mg	<b>Βιταμίνη Α</b>	124IU
<b>Χαλκός</b>	0,17mg	<b>Βιταμίνη C</b>	2,20mg
<b>Μαγνήσιο</b>	28,96	<b>Βιταμίνη Β</b>	0,1mg

Η σύσταση της μελιτζάνας περιλαμβάνει πολλά μέταλλα και βιταμίνες , επιπλέον περιλαμβάνει θρεπτικά συστατικά που ανήκουν στον κύκλο των φαινολών , όπως το καφεϊκό και το χλωρογενικό οξύ. Μερικά ακόμη στοιχεία που αποτελείται η μελιτζάνα είναι η φλαβονοειδή ,και εξειδικευμένα την νασουνίνη ,η οποία λόγω της ισχυρής αντιοξειδωτικής της δράσης βοηθάει στην καταστροφή των ελευθέρων ριζών, και ως αποτέλεσμα απομακρύνει τις βλαβερές επιδράσεις από την καταστροφή των ελεύθερων ριζών και τις επιδράσεις του στα κύτταρα , καθώς προστατεύει τα λιπίδια στις μεμβράνες των κυττάρων. Οι μεμβράνες αυτές, που δημιουργούνται από τα λιπίδια, είναι οι μεταφορείς ζωτικών πληροφοριών για κάθε εγκεφαλικό κύτταρο και η προστασία που τους προσφέρει η νασουνίνη είναι ιδιαίτερως πολύτιμη. Γενικότερα , τα φυτά πρέπει να σχηματίζουν την νασουνίνη για να προστατεύονται από την οξειδωση που προκαλούν τα βακτήρια και τους μύκητες . Ένα πολύ ισχυρό αντιοξειδωτικό της μελιτζάνας είναι το χλωρογενικό οξύ που αντιμετωπίζει τις ελεύθερες ρίζες ,και σε ίδιο χρόνο έχει αντιμικροβιακή δράση και ελαχιστοποιεί την χοληστερίνη ( LDL ) . Σε μια μελέτη , που πραγματοποιήθηκε από την Υπηρεσία Γεωργικών Ερευνών των Η.Π.Α ( ARS ) , αποδεικνύεται ότι όσα είδη μελιτζάνας περιλαμβάνουν έως και 13 φαινολικές ενώσεις είναι πολύ χρήσιμες για της υγεία του ανθρώπου ,αφού έχει αντιοξειδωτική δράση στον οργανισμό. Η μελιτζάνα έχει υψηλό δείκτη περιεκτικότητας σε φυτικές ίνες και αυτό φέρνει το αποτέλεσμα να ανακουφίζει εντερικά προβλήματα υγείας ( δυσκοιλιότητα ) και ταυτόχρονα εμποδίζει την δημιουργία αιμορροΐδων και κολίτιδας. Επιπλέον ,η μελιτζάνα προσφέρει αρκετά πράγματα ακόμη στον άνθρωπο όπως ότι έχει ελάχιστη περιεκτικότητα σε λίπους και κατά την διάρκεια της πέψης αιχμαλωτίζει ένα ποσοστό λίπους από άλλα τρόφιμα και κατ' επέκταση βοηθάει στην απώλεια βάρους. Η μελιτζάνα ανάλογα με τον τρόπο μαγειρέματος της , σε συνδυασμό και με τις υπόλοιπες τροφές, μπορεί να ανακουφίσει το φούσκωμα , να

αντιμετωπίσει την ύπαρξη φλεμάτων , να βελτίωση την πέψη και να απομακρύνει τα προβλήματα αϋπνίας. Ακόμα η μελιτζάνα έχει χρησιμοποιηθεί επίσης σε παραδοσιακά φάρμακο για τη θεραπεία πολλών ασθενειών. Για παράδειγμα, σε μέρη της Ασίας παραδοσιακά χρησιμοποιούνται για την θεραπεία των δερματικών προβλημάτων και ως καθαριστικό, για να διευκολύνουν την ούρηση και να αυξήσουν τη σεξουαλική ορμή (Gütbüz, Uluişik, Frary, Frary, & Doğanlar, 2018), (Τζιράρκας, 2020).

### 2.2.1 Φαινολικές ενώσεις και αντιοξειδωτικά

Οι ενώσεις αυτές αποτελούνται από μεταβολίτες που χαρακτηρίζονται από την ύπαρξη ενός τουλάχιστον αρωματικού δακτυλίου (C6) με ένα ή περισσότερα υδροξύλια και συντίθενται κυρίως μέσω των βιοσυνθετικών οδών του σικιμικού ή/και του μαλονικού οξέος. Οι φαινολικές ενώσεις προέρχονται από την φαινυλαλανίνη. Σε αρκετές πολυφαινόλες έχει αποδειχτεί ότι έχουν αντιοξειδωτική δράση σε μεγαλύτερο βαθμό από τις αντιοξειδωτικές βιταμίνες. Για να οριστούν οι αντιοξειδωτικές ουσίες αντιλαμβανόμαστε ότι παρεμποδίζουν την οξείδωση πρώτων υλών όπως τα λίπη , τα έλαια , τα αρώματα , τις βιταμίνες κ.α. Για να θεωρηθεί καλό ένα αντιοξειδωτικό πρέπει να είναι σταθερό , δηλαδή οι ουσίες που περιλαμβάνει να εμποδίζουν την οξείδωση ( καταστροφή) των κυττάρων. (Θεοτόκη, 2016).

Αρκετά συστατικά των φρούτων και λαχανικών παρουσιάζουν αντιοξειδωτική δράση . Τέτοια είναι το ασκορβικό οξύ, οι τοκοφερόλες, το β-καροτίνιο και άλλα φλαβοειδή. Το β-καροτίνιο έχει αντιοξειδωτικές ιδιότητες που χρησιμεύει στην εξουδετέρωση των ελεύθερων ριζών, οι οποίες είναι χημικά ενεργά και υψηλής δραστηριότητας μόρια που σχηματίζονται δια μέσου κανονικών βιοχημικών αντιδράσεων ή μέσω εξωτερικών παραγόντων, όπως η ατμοσφαιρική ρύπανση. Το β-καροτίνιο δρα κυρίως ως ανασχετικό της δράσης του ατομικού οξυγόνου το οποίο μπορεί να διεγείρει προκαρκινικές αλλαγές στα κύτταρα (Αναγνωστοπούλου & Ταλλέλη, 2008).

Τα τελευταία χρόνια η μελιτζάνα έλαβε μεγάλο ενδιαφέρον ως λειτουργικό τρόφιμο, με κατάταξη ανάμεσα στα δέκα πρώτα λαχανικά με αντιοξειδωτική ικανότητα λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς του σε φαινόλες. Ο φλοιός της και η σάρκα της είναι πλούσια σε ανθοκυανίνες που είναι παράγωγα δελφινιδίνης και ισομερή χλωρογενικού οξέος αντίστοιχα.(



Structure and content of phenolics in eggplant Review φαινολικες ενωσεις) Οι πολυφαινόλες έχουν λάβει μεγάλη προσοχή τα τελευταία χρόνια λόγω των ισχυρών αντιοξειδωτικών ιδιοτήτων τους. Οι πολυφαινόλες υπάρχουν σε υψηλές συγκεντρώσεις σε ποικιλία φρούτων και λαχανικών. Σε κάθε ποικιλία, η συνολική περιεκτικότητα σε φαινόλες και η αντιοξειδωτική δράση είναι υψηλότερη στον φλοιό, σε σχέση με ολόκληρο το φρούτο και τον πολτό. Ο φλοιός μελιτζάνας με σκούρο μωβ έχει το υψηλότερο συνολικά φαινολικό περιεχόμενο και υψηλότερη αντιοξειδωτική δράση. Η ποσότητα και η ποιότητα των φαινολών που υπάρχουν στα φρούτα και τα λαχανικά επηρεάζονται σημαντικά από την ποικιλία, το περιβάλλον, τον τύπο του εδάφους, την καλλιέργεια, τις συνθήκες αποθήκευσης και το μαγείρεμα. Ωστόσο δεν παρατηρούνται σημαντικές διαφορές στο συνολικό περιεχόμενο σε φαινόλες των δειγμάτων μελιτζάνας (*Solanum melongena*) στα εκχυλίσματα πριν ή μετά το ψήσιμο και το βρασμό. Σημαντικό ρόλο παίζει και η περίοδος και μία ακόμα διαπίστωση που έχει γίνει είναι ότι οι περισσότερες φαινολικές ενώσεις μειώνονται από την άνοιξη στο καλοκαίρι, γεγονός που υποδηλώνει ότι οι υψηλές θερμοκρασίες έχουν αρνητική επίδραση στο φαινολικό περιεχόμενο. Επιπλέον το μέγεθος των καρπών συσχετίζεται με την περιεκτικότητα σε αντιοξειδωτικά. Μικροί μωβ καρποί έδειξαν υψηλότερη περιεκτικότητα σε φαινολικές ενώσεις και ανθοκυανίνες και υψηλότερη αντιοξειδωτική ικανότητα από άλλους τύπους μελιτζάνας (Kandoliya, Bajaniya, Bhadja, Bodar, & Golakiya, 2015), (Gürbüz, Uluişik, Frary, Frary, & Doğanlar, 2018), (Djouadi, Lanez, & Boubekri, 2016)

### **2.3 Σκοπός της εργασίας**

Σκοπός της εργασίας είναι η μελέτη των δύο ομάδων δειγμάτων μελιτζανών θερμοκηπίου με και χωρίς ακτινοβολία και να παρατηρηθούν οι διαφορές στην συγκέντρωση των φαινολικών ενώσεων και των αντιοξειδωτικών.

## Κεφάλαιο 3: Μέθοδοι & Υλικά

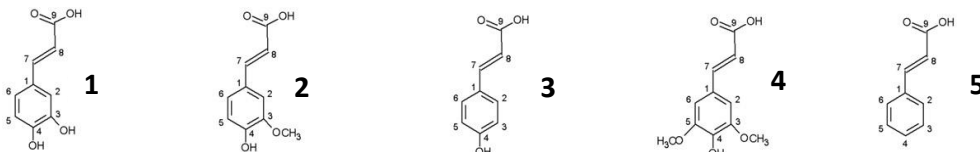
### 3.1 Μέθοδος Folin-Ciocalteu

Τα πειράματα για τον προσδιορισμό ολικών φαινολών στα δείγματα πραγματοποιήθηκαν με την μέθοδο Folin-Ciocalteu. Το αντιδραστήριο Folin-Ciocalteu αποτελείται από άλατα του μολυβδαινίου (Mo) και του βολφραμίου (W) λόγω των οποίων σε αλκαλικό περιβάλλον, η φαινολική ένωση οξειδώνεται, και το αντιδραστήριο ανάγεται προς οξείδια που έχουν το χαρακτηριστικό κυανό χρώμα του πεντασθενούς μολυβδαινίου. Η ένταση του χρώματος είναι ανάλογη του φαινολικού περιεχομένου, η συγκέντρωση του οποίου εκφράζεται σε ισοδύναμα ενός επιλεγμένου προτύπου. Η μέθοδος που προσδιορίζετε είναι απλή, πρακτική και με παραγωγικά αποτελέσματα. Η χρωματομετρική δοκιμή Folin-Ciocalteu (F-C) είναι αυτή που χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά για τον προσδιορισμό του φαινολικού περιεχομένου φυτικών εκχυλισμάτων.

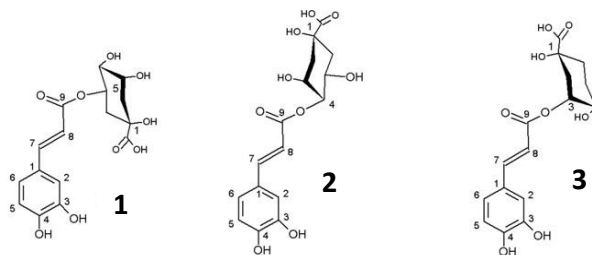
#### 3.1.1 Αρχή μεθόδου

Η χημεία αυτής της αντίδρασης συνεπάγεται την μεταφορά ηλεκτρονίων από φαινολικές ενώσεις σε φωσφομολυβδιφωσφοβραμμωνικά συμπλέγματα σε αλκαλικές συνθήκες και παράγει μειωμένα σύμπλοκα σε κυανό χρώμα τα οποία προσδιορίζονται φασματοφωτομετρικά σε μήκος κύματος 765 nm. (Structure and content of phenolics in eggplant) Οι πολυφαινολικές ενώσεις και η αντιοξειδωτική δράση στις μελιτζάνες (*Solanum melongena* L.) εξαρτώνται από την ποικιλία, το στάδιο ωρίμανσης, τις περιβαλλοντικές συνθήκες και το μέρος του καρπού (Djouadi, Lanez, & Boubekri, 2016). Η μελιτζάνα (*Solanum melongena*) έχει δείξει υψηλή συγκέντρωση υδρόφιλης ρίζας οξυγόνου απορρόφησης (ORAC 538,90 BmolTE g), η οποία έχει συσχετιστεί με την παρουσία φαινολικών ενώσεων, συμπεριλαμβανομένης της δελφινιδίνης ως κύριο συστατικό του φλοιού (NIÑO-MEDINA, et al., 2014). Τα φαινολικά οξέα ταξινομούνται σε δύο κατηγορίες στα υδροξυβενζοϊκά οξέα και υδροξυκιναμικά οξέα, τα πιο κοινά υδροξυκιναμικά οξέα στο φυτικό βασίλειο είναι το καφεϊκό και το φερουλικό, ενώ το p-κουμαρικό, το σιναπικό και το κινναμικό είναι λιγότερο συχνά. Αυτές οι ενώσεις σπάνια βρίσκονται σε ελεύθερη μορφή και γενικά σχηματίζουν εστέρες όπως το χλωρογενικό οξύ που αποτελεί τον πλέον συνηθισμένο εστέρα φαινολικού

οξέος που βρίσκεται στις μελιτζάνες, ενώ τα ισομερή του όπως το κρυπτοχλωρογενικό οξύ και το νεοχλωρογενές οξύ βρίσκονται σε μικρότερες ποσότητες (Niño-Medina, Uriás-Orgona, Muγ-Rangel, & Heredia, 2017).



**Σχήμα 1:** Φαινολικά οξέα: Καφεϊκό (1), Φερουλϊκο (2), ρ-κουμαρϊκό (3), σϊναπϊκό (4) και κϊνναμϊκό (5)



**Σχήμα 2:** Οι εστέρες που σχηματϊζονται απ τις φαινόλες: χλωρογενϊκό οξύ (1) (5-καφεοϋλκϊνϊκό οξύ), κρυπτοχλωρογενϊκό οξύ (2) (4-καφεοϋλκϊνϊκό οξύ) και νεοχλωρογενές οξέος (3) (3-καφεοϋλκϊνϊκό οξύ)

### 3.1.2 Μέθοδος-Αντιδραστήρια

Αρχικά , για ένα πείραμα λήφθηκαν δεκαέξι (16) δείγματα μελιτζάνας (*Solanum melongena*) θερμοκηπίου και δεκαέξι (16) δείγματα μελιτζάνας θερμοκηπίου με ακτινοβολία. Τα δείγματα υπέστηκαν ξήρανση με κατάψυξη (freeze drying) και στην συνέχεια ομαδοποιήθηκαν πρωτίστως με βάση το είδος του θερμοκηπίου και σε συνέχεια με βάση την απόχρωση του κάθε δείγματος. Τα δείγματα ζυγίστηκαν και αναμείχθηκαν με διάλυμα μεθανόλης 80% v/v σε αναλογία δείγματος/διαλύτη 2/40 g/ml. Έπειτα, τα δείγματα αφαιρέθηκαν από την κατάψυξη για 24 ώρες ,και παρέμειναν σε θερμοκρασία περιβάλλοντος όπου και εκχυλίστηκαν.

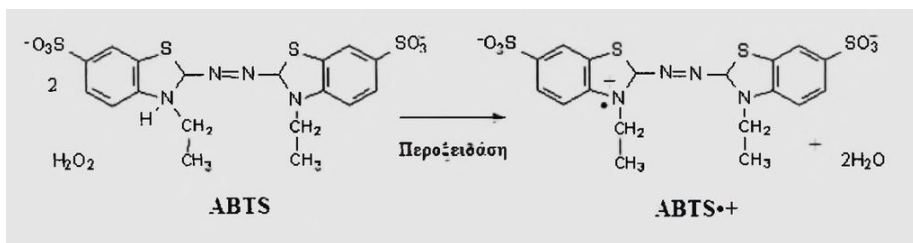
Ως πρότυπη φαινολική ουσία για την κατασκευή της καμπύλης συσχέτισης επιλέχθηκε το γαλλικό οξύ (gallic acid, GA). Η μετέπειτα πειραματική πορεία για τα δείγματα και τα πρότυπα διαλύματα περιγράφεται ακολούθως. Σε πλαστικές κυψελίδες των 4.0 mL, τοποθετήθηκαν 10,0 mL προτύπου ή αραιωμένου δείγματος, 2500,0 mL απεσταγμένου νερού και 200,0 mL αντιδραστήριου F-C (βιομηχανικά παρασκευασμένο). Στην συνέχεια ακολούθησε ισχυρή

ανάδευση και μετά την αναμονή 8 λεπτών προστέθηκαν 500,0 mL κορεσμένου διαλύματος  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  και το μείγμα αναδεύτηκε. Στην πορεία, οι κυψελίδες τοποθετήθηκαν για 30 λεπτά σε υδρόλουτρο σταθερής θερμοκρασίας  $40^\circ\text{C}$ , σε συνθήκες σκότους, αφού αναπτύχθηκε το επιθυμητό κυανό χρώμα, το περιεχόμενο των κυψελίδων απέκτησε την θερμοκρασία του περιβάλλοντος, και η μέτρηση πραγματοποίησε την απορρόφηση σε φασματοφωτόμετρο στα 750 nm ( $A_{750\text{nm}}$ ) για κάθε δείγμα ή πρότυπο. Συνοψίζοντας, η διόρθωση στο σφάλμα της τιμής της απορρόφησης εξαιτίας του διαλύτη των δειγμάτων και των προτύπων πραγματοποιήθηκε με “τυφλό” δείγμα.

### 3.2 Εκτίμηση της ικανότητας δέσμησης/ ανάσχεσης της σταθερής ελεύθερης ρίζας $\text{ABTS}^+$

#### 3.2.1 Αρχή μεθόδου

Με βάση το πείραμα συμπεραίνουμε ότι, η εκτίμηση για της ικανότητες δέσμησης/ ανάσχεσης της σταθερής ελεύθερης ρίζας  $\text{ABTS}^+$  [2,2'-αζινο-δισ(3-αιθυλοβενζοθιαζολινο-6-σουλφονικό οξύ)], είναι μια σχετικά πρόσφατα αναπτυγμένη δοκιμή στην οποία χρησιμοποιείται η ρίζα  $\text{ABTS}^+$  και εφαρμόζεται εξίσου σε λιπόφιλα και υδρόφιλα αντιοξειδωτικά. Η μεθοδολογία που ακολουθείται για την εκτίμηση της αντιοξειδωτικής ισχύος των φαινολικών ουσιών, βασίζεται σε μια αντίδραση αποχρωματισμού, και η σάρωση της ρίζας  $\text{ABTS}^+$  πραγματοποιείται είτε με τη μεταφορά ενός υδρογόνου, είτε με τη μεταφορά ενός ηλεκτρονίου από μια αντιοξειδωτική ένωση (AH) (Σχήμα 3). Είναι μια αντιληπτή λειτουργικά διαδικασία και γρήγορη για τη συστηματική εκτίμηση της ικανότητας σάρωσης ελευθέρων ριζών διάφορων εκχυλισμάτων.



**Σχήμα 3:** Αντίδραση ελεύθερης ρίζας  $\text{ABTS}^+$  (εικόνα από docplayer)

### 3.2.2 Μέθοδος-Αντιδραστήρια

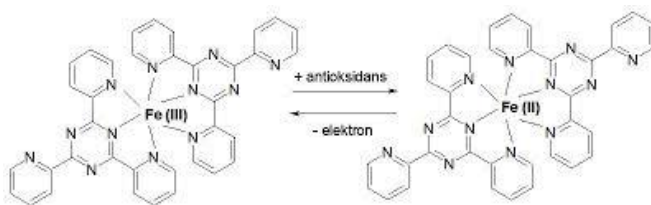
Το αρχικό στάδιο του πειράματος ABTS+ περιλαμβάνει την δημιουργία της ρίζας ABTS+. Παρασκευάζεται υδατικό διάλυμα της ρίζας ABTS+ συγκέντρωσης 7,00 mM και υπερθειικό νάτριο ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ ) σε συγκέντρωση 2,45 mM. Το επόμενο στάδιο είναι να αφεθεί το μείγμα για 16 ώρες σε θερμοκρασίες δωματίου υπό συνθήκες σκότους. Η οξειδωση της ABTS+ ,από τα υπερθειικά ιόντα, επεμβαίνει στην στοιχειομετρία της αντίδρασης όπου είναι 1,0:0,5, οπότε η οξειδωση σαν αποτέλεσμα θα είναι ατελής. Τα στοιχεία που υπάρχουν για την ρίζα υπό την μορφή του μονού κατιόντος είναι σταθερή , με χρονομέτρηση πάνω από 2 ημέρες και αποθηκευμένη στο σκοτάδι σε θερμοκρασία δωματίου. Για κάθε πείραμα απαιτούνται κάποια συγκεκριμένα βήματα όπως το διάλυμα της ρίζας ,όπου αραιώνετε κατάλληλα με την αιθανόλη , ώστε να παίρνει την τιμή απορρόφησης  $A_{734\text{nm}} = 0,70 \pm 0,02$ . Το επόμενο βήμα είναι να τοποθετούνται σε πλαστικές κυψελίδες των 20  $\mu\text{L}$  του δείγματος ή του πρότυπου με 3000,0  $\mu\text{L}$  αραιωμένου διαλύματος ABTS+ και αναδεύονται στο σκοτάδι για 1 λεπτό. Η απορρόφηση  $A_{734\text{nm}}$  μετρείται μετά την πάροδο 5 λεπτών. Ως πρότυπη ουσία χρησιμοποιείται η Trolox, της οποίας παρασκευάζεται το stock αιθανολικό διάλυμα 0,006 M, και από αυτό το διάλυμα συγκεντρώνετε από 0,20 έως 1,50 mM. Τα διαλύματα της πρότυπης ουσίας πρέπει να είναι πρόσφατα παρασκευασμένα, έτσι ώστε η δοκιμή της ABTS+ να παρέχει μια εκτίμηση για τη δραστηριότητα των δειγμάτων απέναντι στη συγκεκριμένη ρίζα, η οποία εκφράζεται ως συγκέντρωση αυτών σε ισοδύναμα της πρότυπης ουσίας Trolox (Trolox Equivalents, TE) ,μέσω της καμπύλης συσχέτισης.

### 3.3 Μέθοδος FRAP

#### 3.3.1 Αρχή μεθόδου

Τέλος, πραγματοποιήθηκε μέτρηση της αντιοξειδωτικής ικανότητας μέσω της αναγωγής κατιόντος σιδήρου (FRAP) (Benzie & Strain, 1996). Η αρχή της συγκεκριμένης μεθόδου βασίζεται αποκλειστικά στην ικανότητα του ως προς την εξέταση του δείγματος για να μεταφέρει ένα μονήρες ηλεκτρόνιο για την αναγωγή του συμπλόκου του τρισθενούς σιδήρου

με 2,4,6-τρι-(2-πυριδυλ-)-τριαζίνη (Fe<sup>3+</sup>- TPTZ) σε δισθενή σίδηρο (Fe<sup>2+</sup> -TPTZ) με έντονο μπλε χρώμα (Σχήμα 4).



**Σχήμα 4:** Αντίδραση FRAP

### 3.3.2 Μέθοδος-Αντιδραστήρια

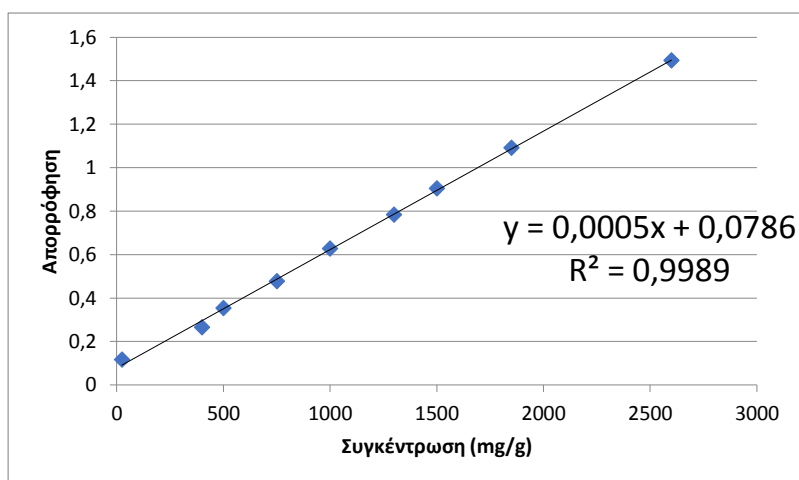
Στη μέθοδο αυτή, το άλας του τρισθενούς σιδήρου Fe(III)(TPTZ)<sub>2</sub>Cl<sub>3</sub> (TPTZ= 2,4,6-τριπυτιδυλο-s-τριαζίνη) χρησιμοποιείται ως οξειδωτικό. Το οξειδοαναγωγικό δυναμικό του άλατος του Fe(III) (~0,70 V) είναι όμοιο με αυτό του ABTS<sup>+</sup>. Η μέθοδος αυτή λαμβάνει χώρα σε όξινες συνθήκες (pH = 3,6). Αρχικά, παρασκευάζεται διάλυμα οξικού άλατος συγκέντρωσης 300 mM και pH 3,6. Έπειτα, παρασκευάζεται το διάλυμα HCL με συγκέντρωση 40 mM και ακολουθεί ανάμειξη του διαλύματος HCL με 40 mM και με στερεό TPTZ. Όσον αφορά την Παρασκευή του διαλύματος TPTZ η συγκέντρωση ήταν 10 mM. Στη συνέχεια το δείγμα αραιώνεται σε υδατικό διάλυμα FeCl<sub>3</sub> συγκέντρωσης με 20 mM και τοποθετείται στην ψύξη.

Στην πορεία, παρασκευάζονται τα πρότυπα διαλύματα Fe<sup>2+</sup> συγκέντρωσης με 20-400 μM για τη δημιουργία πρότυπης καμπύλης με ανάμειξη 5,00 mL και ρυθμιστικού διαλύματος (+) 500 μL TPTZ (+) με 500 μL FeCl<sub>3</sub> \* 6H<sub>2</sub>O, και το αντιδραστήριο FRAP διατηρείται στο σκοτάδι. Το επόμενο βήμα είναι να μεταφερθούν σε κάθε κυψελίδα 20 μL δείγματος ή προτύπου, 2,00 mL H<sub>2</sub>O με 500 μL ρυθμιστικό διάλυμα και 900 μL αντιδραστηρίου FRAP. Όλα τα δείγματα αφήθηκαν σε υδρόλουτρο 400C για 90 min και ύστερα μετρήθηκε στο φασματοφωτόμετρο η απορρόφηση τους στο A595.

## Κεφάλαιο 4: Αποτελέσματα & Συζήτηση

### 4.1 Μέθοδος Folin-Ciocalteu

Τα αποτελέσματα της μεθόδου Folin-Ciocalteu παρουσιάζονται στον Πίνακα 2. Μέσω της πρότυπης καμπύλης του γαλλικού οξέος (Διάγραμμα 1), υπολογίσθηκε σε ισοδύναμα του γαλλικού οξέος η ποσότητα σε φαινολικές ουσίες για κάθε δείγμα.



Διάγραμμα 1: Πρότυπη καμπύλη του γαλλικού οξέος

Δείγμα	m (gr)	V (ml)	Vδ (μL)	A1	A2	A3	Ab
IR 1	2	34	20	0,702	0,704	0,7	0,012
IR 2	2	33	20	0,869	0,897	0,881	0,012
IR 3	2,5	40	20	0,911	0,9	0,892	0,012
IR 4	2,5	39	20	0,802	0,814	0,822	0,012
Αέρας Α	1,5	25	20	0,945	0,941	0,947	0,012
Αέρας Β	2	33	20	0,857	0,996	0,948	0,012
Αέρας Γ	2,5	39	20	0,964	0,97	0,973	0,012
Αέρας Δ	2	29	20	0,744	0,752	0,74	0,012

Πίνακας 2: Ποσότητες δείγματος και απορροφήσεις στα 750 nm

Δείγμα	C1	C2	C3	Μέσος Όρος	Τυπική απόκλιση
IR 1	10,39	10,42	10,35	11,92	1,19
IR 2	12,84	13,3	13,04		
IR 3	13,12	12,95	12,82		
IR 4	11,09	11,28	11,4		
Αέρας Α	14,24	14,17	14,27	12,83	2,08
Αέρας Β	12,64	14,93	14,14		
Αέρας Γ	13,62	13,71	13,76		
Αέρας Δ	9,47	9,59	9,41		

**Πίνακας 3:** Συγκέντρωση φαινολικών ενώσεων στα δείγματα (mg/g)

Από τα αποτελέσματα δεν διαπιστώνεται σημαντική διαφορά ως προς το ολικό φαινολικό περιεχόμενο μεταξύ των δειγμάτων μελιτζάνας που καλλιεργήθηκαν σε θερμοκήπιο με υπέρυθρη ακτινοβολία και αυτών που καλλιεργήθηκαν σε συμβατικά θερμοκήπια. Επίσης το δείγμα IR 1 παρουσιάζει την μεγαλύτερη απόκλιση συγκέντρωσης φαινολικών σε σχέση με τα υπόλοιπα. Εφόσον εξαιρεθούν οι συγκεντρώσεις σε φαινολικά του συγκεκριμένου δείγματος, ο μέσος όρος συγκέντρωσης φαινολικών των υπόλοιπων δειγμάτων διαμορφώνεται στα 12,43 mg/g που είναι επίσης μη σημαντικά μικρότερος από τον μέσο όρο συγκέντρωσης φαινολικών των δειγμάτων που προέρχονται από μελιτζάνες θερμοκηπίων IR. Επίσης η τυπική απόκλιση των δειγμάτων που προέρχονται από μελιτζάνες θερμοκηπίων IR είναι μικρότερη σε σχέση με την τυπική απόκλιση των δειγμάτων που προέρχονται από μελιτζάνες συμβατικών θερμοκηπίων. Αυτό το γεγονός οδηγεί στο συμπέρασμα ότι οι μελιτζάνες οι οποίες έχουν καλλιεργηθεί σε θερμοκήπια IR παρουσιάζουν καλύτερη κατανομή των φαινολικών ενώσεων εντός του καρπού δεδομένου ότι τα δείγματα λήφθηκαν και από την σάρκα και από τον φλοιό του καρπού. Αυτό συμφωνεί με μελέτη η οποία έδειξε ότι η συνολική φαινολική περιεκτικότητα και η αντιοξειδωτική δράση παρουσίασαν καλύτερη κατανομή σε μελιτζάνες από τα συμβατικά θερμοκήπια σε σύγκριση με τις μελιτζάνες θερμοκηπίου IR. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα μεγαλύτερη ομοιομορφία των καρπών όσον αφορά το φυτοχημικό προφίλ στα θερμοκήπια IR, το οποίο θα μπορούσε να έχει θετικό αντίκτυπο στις εμπορικές εφαρμογές (Sinanoglou, et al., 2019).

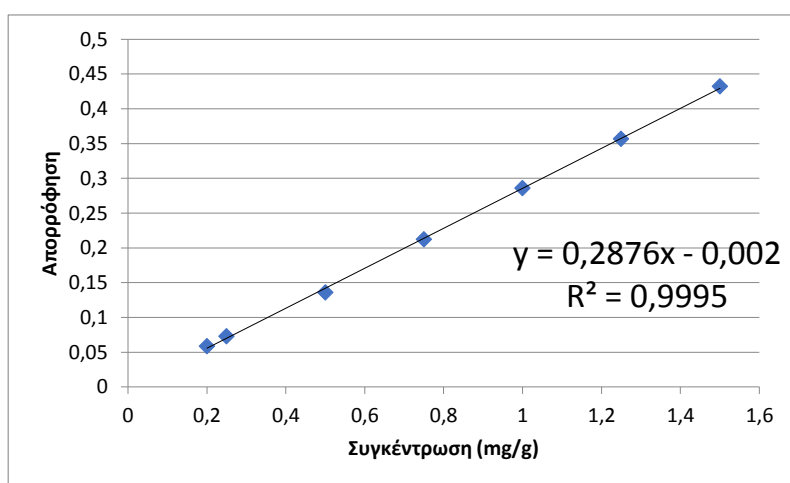
**Σχόλιο [u1]: ;;;**

Τα δείγματα που είχαμε παραλάβει δεν ήταν σε πολύ καλή κατάσταση και τι σειγγκεριμένο ήταν πιθανον αρκετά οξειδωμένο και ειχαμε πεί να μην το συμειλάβουμε



Τα περισσότερα σκουρόχρωμα δείγματα, τα οποία περιείχαν μεγαλύτερη ποσότητα φλοιού, παρουσίασαν υψηλότερες συγκεντρώσεις σε φαινολικά. Επομένως ο φλοιός του καρπού περιλαμβάνει υψηλότερα ποσοστά φαινολικών ενώσεων (Todaro, et al., 2009).

#### 4.2 Εκτίμηση της ικανότητας δέσμευσης/ ανάσχεσης της σταθερής ελεύθερης ρίζας ABTS+



**Διάγραμμα 2:** Καμπύλη πρότυπης ουσίας Trolox

Δείγμα	m (gr)	V (ml)	Vδ (μL)	A1	A2	A3	Ab
IR 1	2	34	20	1,137	1,175	1,167	1,785
IR 2	2	33	20	0,837	0,844	0,806	1,785
IR 3	2,5	40	20	0,812	0,815	0,81	1,785
IR 4	2,5	39	20	0,998	0,996	1,011	1,785
Αέρας Α	1,5	25	20	0,828	0,81	0,844	1,785
Αέρας Β	2	33	20	0,89	0,89	0,898	1,785
Αέρας Γ	2,5	39	20	0,808	0,765	0,81	1,785
Αέρας Δ	2	29	20	1,141	1,121	1,168	1,785

**Πίνακας 4:** Ποσότητες δείγματος και απορροφήσεις στα 734 nm

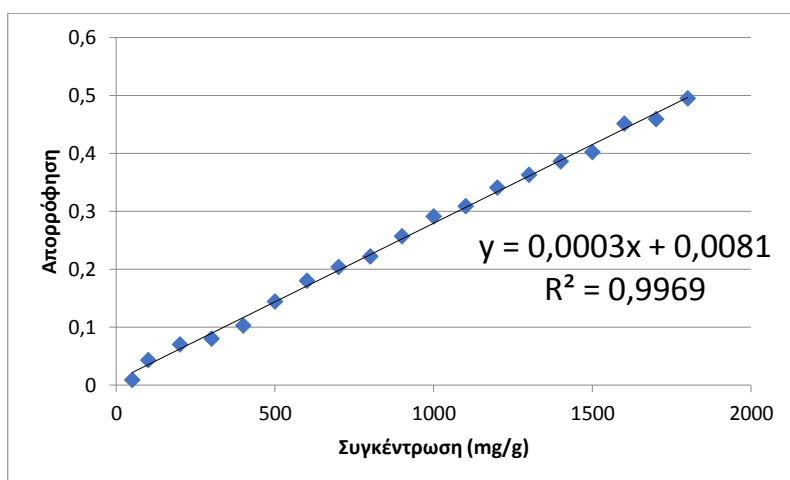
Δείγμα	C1	C2	C3	Μέσος Όρος	Τυπική απόκλιση
IR 1	14,42	13,58	13,75	17,73	3,01
IR 2	20,46	20,31	21,12		
IR 3	20,36	20,30	20,4		
IR 4	16,06	16,11	15,8		
Αέρας Α	20,86	21,25	20,51	18,14	3,65
Αέρας Β	19,32	19,32	19,14		
Αέρας Γ	19,93	20,81	19,89		
Αέρας Δ	12,23	12,61	11,71		

**Πίνακας 5:** Συγκέντρωση ισοδύναμων Τροπox στα δείγματα (mg/g)

Από τα αποτελέσματα διακρίνεται ότι οι μελιτζάνες (*Solanum melongena*) οι οποίες έχουν καλλιεργηθεί σε θερμοκήπιο με υπέρυθρη ακτινοβολία παρουσιάζουν ελάχιστα χαμηλότερες συγκεντρώσεις ισοδύναμων Τροπox σε σχέση με αυτές που έχουν καλλιεργηθεί σε συμβατικά θερμοκήπια. Επίσης το δείγμα IR 1 παρουσιάζει την μεγαλύτερη απόκλιση συγκέντρωσης ισοδύναμων Τροπox σε σχέση με τα υπόλοιπα. Εφόσον εξαιρεθούν οι συγκεντρώσεις σε ισοδύναμο Τροπox του συγκεκριμένου δείγματος, ο μέσος όρος συγκέντρωσης ισοδύναμων Τροπox των υπόλοιπων δειγμάτων διαμορφώνεται στα 18,99 mg/g που είναι ελαφρά υψηλότερος από τον μέσο όρο συγκέντρωσης ισοδύναμων Τροπox των δειγμάτων που προέρχονται από μελιτζάνες θερμοκηπίων IR. Επίσης η τυπική απόκλιση των δειγμάτων που προέρχονται από μελιτζάνες θερμοκηπίων IR είναι μικρότερη σε σχέση με την τυπική απόκλιση των δειγμάτων που προέρχονται από μελιτζάνες (*Solanum melongena*) συμβατικών θερμοκηπίων. Αυτό το γεγονός οδηγεί στο συμπέρασμα ότι οι μελιτζάνες οι οποίες έχουν καλλιεργηθεί σε θερμοκήπια IR παρουσιάζουν καλύτερη κατανομή των φαινολικών ενώσεων εντός του καρπού δεδομένου ότι τα δείγματα λήφθηκαν και από την σάρκα και από τον φλοιό του καρπού. Συνεπώς παρουσιάζουν και ισχυρότερη αντιοξειδωτική δράση έναντι της σταθερής ελεύθερης ρίζας ABTS<sup>+</sup>.

### 4.3 Μέθοδος FRAP

Από τη σύγκριση των τιμών της πρότυπης καμπύλης (Διάγραμμα 3) και των δειγμάτων ποσοτικοποιήθηκε ο  $Fe^{2+}$  που βρίσκεται στα δείγματα. Ο  $Fe^{2+}$  είναι το αποτέλεσμα της αντίδρασης του συμπλόκου  $Fe^{3+}$  με τα αντιοξειδωτικά και επομένως η αντιοξειδωτική ισχύς μπορεί να εκφραστεί με την ποσοτικοποίηση του  $Fe^{2+}$ .



**Διάγραμμα 3:** Πρότυπη καμπύλη διαλυμάτων  $Fe^{2+}$

Δείγμα	m (gr)	V (ml)	Vδ (μL)	A1	A2	A3	Ab
IR 1	2	34	20	1,158	1,161	1,151	0,092
IR 2	2	33	20	1,249	1,228	1,222	0,092
IR 3	2,5	40	20	1,244	1,215	1,219	0,092
IR 4	2,5	39	20	1,162	1,142	1,189	0,092
Αέρας Α	1,5	25	20	1,234	1,229	1,265	0,092
Αέρας Β	2	33	20	1,247	1,268	1,296	0,092
Αέρας Γ	2,5	39	20	1,254	1,25	1,253	0,092
Αέρας Δ	2	29	20	1,2	1,213	1,191	0,092

**Πίνακας 6:** Συγκεντρώσεις δειγμάτων και απορροφήσεις  $A=595$

Δείγμα	C1	C2	C3	Μέσος Όρος	Τυπική απόκλιση
IR 1	41,66	41,78	41,38	41,28	1,90
IR 2	43,92	43,12	42,88		
IR 3	42,4	41,33	41,47		
IR 4	38,37	37,65	39,35		
Αέρας Α	43,78	43,58	44,97	41,87	3,22
Αέρας Β	43,84	44,64	45,71		
Αέρας Γ	41,7	41,55	41,66		
Αέρας Δ	36,94	37,38	36,64		

**Πίνακας 7:** Συγκέντρωση  $Fe^{2+}$  στα δείγματα (mg/g)

Από τα αποτελέσματα διακρίνεται ότι οι μελιτζάνες (*Solanum melongena*) οι οποίες έχουν καλλιεργηθεί σε θερμοκήπιο με υπέρυθρη ακτινοβολία παρουσιάζουν ελάχιστα χαμηλότερες συγκεντρώσεις  $Fe^{2+}$  σε σχέση με αυτές που έχουν καλλιεργηθεί σε συμβατικά θερμοκήπια. Επίσης η τυπική απόκλιση των δειγμάτων που προέρχονται από μελιτζάνες (*Solanum melongena*) θερμοκηπίων IR είναι μικρότερη σε σχέση με την τυπική απόκλιση των δειγμάτων που προέρχονται από μελιτζάνες συμβατικών θερμοκηπίων. Αυτό το γεγονός οδηγεί στο συμπέρασμα ότι οι μελιτζάνες οι οποίες έχουν καλλιεργηθεί σε θερμοκήπια IR παρουσιάζουν καλύτερη κατανομή των φαινολικών ενώσεων εντός του καρπού δεδομένου ότι τα δείγματα λήφθηκαν και από την σάρκα και από τον φλοιό του καρπού. Συνεπώς παρουσιάζουν και ισχυρότερη αντιοξειδωτική ισχύ.

#### 4.4 Συμπεράσματα

Αφού προσδιορίστηκε η περιεκτικότητα σε φαινολικές ενώσεις των δειγμάτων μελιτζάνας συμβατικών θερμοκηπίων και θερμοκηπίων IR, βρέθηκε ότι οι μελιτζάνες (*Solanum*

melongena) οι οποίες καλλιεργήθηκαν σε συμβατικό θερμοκήπιο παρουσίασαν μη σημαντικά διαφορετικές συγκεντρώσεις φαινολικών ουσιών. Το συμπέρασμα αυτό επιβεβαιώθηκε και από την εκτίμηση της ικανότητας δέσμευσης/ ανάσχεσης της σταθερής ελεύθερης ρίζας ABTS<sup>+</sup> και την μέθοδο FRAP οι οποίες έδειξαν ότι οι μελιτζάνες συμβατικού θερμοκηπίου και θερμοκηπίου με υπέρυθρη ακτινοβολία παρουσιάζουν παρόμοια αντιοξειδωτική και αντιοξειδωτική δράση.

Επιπλέον στα δείγματα των μελιτζανών (*Solanum melongena*) των θερμοκηπίων IR παρατηρήθηκε λόγω της μικρής τυπικής απόκλισης ότι οι μελιτζάνες οι οποίες έχουν καλλιεργηθεί σε θερμοκήπια IR παρουσιάζουν καλύτερη κατανομή των φαινολικών ενώσεων εντός του καρπού.

Τέλος τα δείγματα που περιείχαν μεγαλύτερο ποσοστό φλοιού και ήταν περισσότερο σκουρόχρωμα, παρουσίασαν υψηλότερες συγκεντρώσεις σε φαινολικές ενώσεις, γεγονός που οδηγεί στο συμπέρασμα ότι ο φλοιός της μελιτζάνας περιέχει υψηλότερη συγκέντρωση φαινολικών ενώσεων σε σχέση με την σάρκα και τα σπέρματα του καρπού.

## Βιβλιογραφία

- Benzie, I., & Strain, J. (1996). The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of "Antioxidant Power": The FRAP Assay. *ANALYTICAL BIOCHEMISTRY*, pp. 70-76.
- Concellón, A., Zaro, M., Chaves, A., & Vicente, A. (2012). Changes in quality and phenolic antioxidants in dark purple American eggplant (*Solanum melongena* L. cv. Lucía) as affected by storage at 0 °C and 10 °C. *Postharvest Biology and Technology*, pp. 35-41.
- Das, S., Raychaudhuri, U., Falchi, M., Bertelli, A., Braga, P., & Das, D. (2011). Cardioprotective properties of raw and cooked eggplant (*Solanum melongena* L). *Food & Function*, pp. 395-399.
- Djouadi, A., Lanez, T., & Boubekri, C. (2016). EVALUATION OF ANTIOXIDANT ACTIVITY AND POLYPHENOLIC CONTENTS OF TWO SOUTH ALGERIAN EGGPLANTS CULTIVARS. *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, pp. 223-231.
- Doijode, S. (2001). *eed storage of horticultural crops (pp 157)*. Haworth Press.
- Dunlop, F. (2006). *Revolutionary Chinese Cookbook: Recipes from Hunan Province*.
- Gürbüz, N., Uluişik, S., Frary, A., Frary, A., & Doğanlar, S. (2018). Health benefits and bioactive compounds of eggplant. *Food Chemistry*, pp. 602-610.
- HUI, Y. H. (2006). *Handbook of Food Science*. Taylor & Francis Group.
- Kandoliya, U. K., Bajaniya, V. K., Bhadja, N. K., Bodar, N. P., & Golakiya, B. A. (2015). Antioxidant and Nutritional Components of Egg plant (*Solanum melongena* L). *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci*, pp. 806-813.
- Kittas, C., Tchamitchian, M., Katsoulas, N., Karaiskou, P., & Papaioannou, C. (2006). Effect of two UV-absorbing greenhouse-covering films on growth and yield of an eggplant soilless crop. *Science Direct*, pp. 30-37.

- Lo Scalzo, R., Fibiani, M., Mennella, G., Rotino, G., Dal Sasso, M., Culici, M., . . . Carlo Braga, P. (2010). Thermal Treatment of Eggplant (*Solanum melongena* L.) Increases the Antioxidant Content and the Inhibitory Effect on Human Neutrophil Burst. *AGRICULTURAL AND FOOD CHEMISTRY*, pp. 3371–3379.
- Massolo, J., Concellón, A., Chaves, A., & Vicente, A. (2011). 1-Methylcyclopropene (1-MCP) delays senescence, maintains quality and reduces browning of non-climacteric eggplant (*Solanum melongena* L.) fruit. *Postharvest Biology and Technology*, pp. 10-15.
- Muijzenberg, E. v. (1980). *A History of Greenhouses*. Wageningen, Netherlands: Institute for Agricultural Engineering.
- Muijzenberg, E. W. (1980). *A History of Greenhouses*. Wageningen, Netherlands: Institute for Agricultural Engineering.
- NIÑO-MEDINA, G., MUY-RANGEL, D., GARDEA-BÉJAR, A., GONZÁLEZ-AGUILAR, G., HEREDIA, B., BÁEZ-SAÑUDO, M., . . . VÉLEZ DE LA ROCHA, R. (2014, Δεκέμβριος). Nutritional and Nutraceutical Components of Commercial Eggplant Types Grown in Sinaloa, Mexico. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, pp. 538-544.
- Niño-Medina, G., Urías-Orona, V., Muy-Rangel, M., & Heredia, J. (2017). Structure and content of phenolics in eggplant (*Solanum melongena*) - a review. *South African Journal of Botany*, pp. 161–169.
- Scalzo, R., Fibiani, M., Francese, G., D'Alessandro, A., Rotino, G., Conte, P., & Mennella, G. (2016). Cooking influence on physico-chemical fruit characteristics of eggplant (*Solanum melongena* L.). *Food Chemistry*, pp. 835-842.
- Sinanoglou, V. J., Kavga, A., Strati, I. E., Sotiroidis, G., Lantzouraki, D., & Zoumpoulakis, P. (2019, Δεκέμβριος 2). Effects of Infared Radiation on Eggplant (*Solanum melongena* L.) Greenhouse Cultivation and Fruits' Phenolic Profile. *Foods*.
- Todaro, A., Cimino, F., Rapisarda, P., Catalano, A. E., Barbagallo, R. N., & Spagna, G. (2009). Recovery of anthocyanins from eggplant peel. *Food Chemistry*, pp. 434–439.
- Vleeschouwer, O. d. (2001). *Greenhouses and Conservatories*. Paris.
- Zambrano, E., Chávez, R., Lurdes Plaza, M., & Wessel, L. (2015). Phenolic content and antioxidant capacity in organically and conventionally grown eggplant (*Solanum melongena*) fruits following thermal processing. *Food Science and Technology*.
- Αγροσύμβουλος. (2014, Δεκέμβριος 18). *αγροσύμβουλος | ματιά στο μέλλον*. Retrieved from <https://agrosimvoulos.gr/kalliergeia-melitzanas/>
- Αναγνωστοπούλου, Α., & Ταλλέλη, Α. (2008). *Τεχνολογία και ποιότητα φρούτων και λαχανικών*. Αθήνα: Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.
- Θεοτόκη, Κ. (2016). *DOCPLAYER*. Retrieved from <https://docplayer.gr/5000601-Fainolikes-enoseis-oi-fainolikes-enoseis-apoloygn-mia-apo-tis-kyries-omades-deyterogenon-metavoliton-apoloyntai-apo-enoseis-me-megali-poikilia.html>
- Καπώνη, Κ. (2014, Απρίλιος 25). *gaia ΕΠΙΧΕΙΡΕΙΝ*. Retrieved from <https://www.c-gaia.gr/news/newscategories/entry/2014-04-24-22-24-51>
- Παπαχατζής, Α., & Καλορίζου, Ε. (2019). *ΓΕΝΙΚΗ ΚΑΙ ΕΙΔΙΚΗ ΛΑΧΑΝΟΚΟΜΙΑ*. Λάρισα: γραμμικό.
- Σάββας, Δ. (2016). *ΓΕΝΙΚΗ ΛΑΧΑΝΟΚΟΜΙΑ*. Αθήνα: ΠΕΔΙΟ.
- Τζιφάρκας, Δ. (2020, Νοέμβριος). *medlabnews.gr ΙΑΤΡΙΚΑΝΕΑ*. Retrieved from [https://medlabgr.blogspot.com/2015/02/blog-post\\_7.html#ixzz5ZOixHis7](https://medlabgr.blogspot.com/2015/02/blog-post_7.html#ixzz5ZOixHis7)
- Dunlop, F. 2006. Επαναστατικό κινεζικό βιβλίο μαγειρικής: Συνταγές από την επαρχία Χουνάν . Ebury Press
- Χρήστου Ολύμπιου Αθήνα (2001) ,Η τεχνική της καλλιέργειας των κηπευτικών στα θερμοκήπια

Childers, N. F., and M. S. Margoles. (1993). An apparent relation of nightshades (Solanaceae) to arthritis. *Journal of Neurological and Orthopedic Medical Surgery* 12: 227-231. Retrieved May 26, 2008.

Herbst, S.T. (2001). *The New Food Lover's Companion: Comprehensive Definitions of Nearly 6,000 Food, Drink, and Culinary Terms*. Barron's Cooking Guide. Hauppauge, NY

Domino, E. F., E. Hornbach, and T. Demana. 1993. The nicotine content of common vegetables. *New England Journal of Medicine* 329:437. Retrieved May 26 (2008)

Muijzenberg, E. W. B. van den. 1980. *A History of Greenhouses*. Wageningen, Netherlands: Institute for Agricultural Engineering.

Vleeschouwer, O. de. 2001. *Greenhouses and Conservatories*. Paris: Flammarion. ISBN 208010585X.

Doijode, S. D. (2001). *Seed storage of horticultural crops* (pp 157). Haworth Press: ISBN 1560229012

Tsao and Lo. 2006. In Y. Hui, *Handbook of Food Science, Technology, and Engineering*. Boca Raton: Taylor & Francis.

Η τεχνική της καλλιέργειας των κηπευτικών στα θερμοκήπια, του Χρήστου Ολύμπιου, Καθηγητή Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, Αθήνα 2001.