

«ΜΕΤΑΣΥΛΛΕΚΤΙΚΕΣ ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ ΣΤΑΦΥΛΙΩΝ ΚΑΙ ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΣΤΑ
ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΑ ΠΡΟΙΟΝΤΑ»

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

της

ΜΗΝΑΔΑΚΗ ΜΑΡΙΑΣ-ΙΟΥΛΙΑΣ

Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων

Σχολή Περιβάλλοντος

ΙΟΝΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ



Αργοστόλι Κεφαλληνίας

Δεκέμβριος 2024

«ΜΕΤΑΣΥΛΛΕΚΤΙΚΕΣ ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ ΤΟΥ ΣΤΑΦΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΠΙΘΑΝΟΙ
ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΣΤΑ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΑ ΠΡΟΙΟΝΤΑ»

Η πτυχιακή εργασία εγκρίθηκε από:

Τον Γιώτη Χαρίλαο: επιβλέποντα καθηγητή

Τον Μπουχάγιερ Παύλο: μέλος της επιτροπής

Την Σωτηρία Μήλλα: μέλος της επιτροπής

Ευχαριστίες

Ένα γλυκό και τεράστιο ευχαριστώ σε όλους τους ανθρώπους μου, που είναι πάντα στο πλάι μου, είτε στα όμορφα, είτε στα δύσκολα «ταξίδια» μου...

Ένα ξεχωριστό ευχαριστώ αξίζει στον επιβλέποντα καθηγητή μου, κο. Γιώτη και στην αγαπημένη μου καθηγήτρια και καθοδηγήτρια αυτής της εργασίας, κα. Μήλλα, η οποία μοίραζε απλόχερα καθ' όλη τη διάρκεια της εργασίας, τις γνώσεις της, τη ζωντάνια και την αγάπη που τρέφει τόσο για τους φοιτητές της, αλλά και για το αντικείμενό της...

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το σταφύλι, στη χώρα μας, ανήκει στα πιο δημοφιλή φρούτα. Μπορεί να καταναλωθεί φρέσκο ή να χρησιμεύσει ως πρώτη ύλη για την παραγωγή διαφόρων προϊόντων, όπως το κρασί, ο χυμός σταφυλιού, ο μούστος και οι σταφίδες. Υποπροϊόντα του σταφυλιού έχουν επίσης πολλές εφαρμογές στη βιομηχανία τροφίμων. Εκτός από την υπέροχη γεύση του, περιέχει διάφορες βιοδραστικές ενώσεις, οι οποίες προσφέρουν ποικιλία πλεονεκτημάτων για την υγεία.

Παρ' όλες τις ευεργετικές του ιδιότητες έχει παρουσιαστεί μεγάλη ανησυχία γύρω από τις μετασυσλλεκτικές ασθένειες των σταφυλιών, κυρίως από μύκητες, όχι μόνο για τις απώλειες που επιφέρουν, αλλά και γιατί πολλοί από αυτούς παράγουν μυκοτοξίνες θέτοντας μακροπρόθεσμα σε κίνδυνο την ανθρώπινη υγεία.

Το πρώτο μέρος της παρούσας πτυχιακής μελέτης εστιάζει στα παθογόνα αίτια, που προκαλούν μετασυσλλεκτικές ασθένειες στα σταφύλια, στις επιπτώσεις της παρουσίας των μετασυσλλεκτικών ασθενειών, τόσο στο προϊόν όσο και στον καταναλωτή και στους τρόπους αντιμετώπισή τους.

Το δεύτερο μέρος έχει σκοπό την απομόνωση και ταυτοποίηση των κυριότερων παθογόνων αιτιών, που προκαλούν μετασυσλλεκτικές ασθένειες στα σταφύλια της Κεφαλονιάς, αλλά και στα εισαγόμενα σταφύλια από τη Νότια Αμερική για σύγκριση.

Μεταξύ των μυκήτων που απομονώθηκαν, τα είδη με τη μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης ήταν τα *Penicillium spp.* και *Aspergillus spp.* (στο 83% και 67% των ποικιλιών αντίστοιχα). Στο 50% αναπτύχθηκαν τα είδη *Alternaria spp.*, *Botrytis cinerea* και *Rhizopus stolonifer*, στο 33% το είδος *Aspergillus ochraceus* και τέλος στο 17% των ποικιλιών που ελέγχθηκαν απομονώθηκαν τα είδη *Fusarium spp.*, *Phomopsis spp.* και *Cladosporium spp.* Είναι εντυπωσιακό πως στα σταφύλια μιας σπάνιας, όψιμης, Ελληνικής ποικιλίας, τον Επτάκοιλο αναπτύχθηκαν και τα 7 είδη από 8 που ταυτοποιήθηκαν.

Λέξεις κλειδιά: σταφύλι, μετασυσλλεκτικές ασθένειες, κίνδυνοι, είδη μυκήτων

ABSTRACT

Grapes, in our country, are one of the most popular fruits. It can be eaten fresh or used as a raw material for the production of various products such as wine, grape juice, must and raisins. Grape by-products also have many applications in the food industry. In addition to its delicious taste, it contains various bioactive compounds, which offer a variety of health benefits.

Despite all its beneficial properties, there has been much concern about post-harvest diseases of grapes, mainly from fungi, not only because of the losses they cause, but also because many of them produce mycotoxins, posing a long-term risk to human health.

The first part of this thesis focuses on the pathogens that cause postharvest diseases in grapes, the effects of the presence of postharvest diseases on both the product and the consumer, and ways to deal with them.

The second part aims to isolate and identify the main pathogens causing post-harvest diseases in grapes from Kefalonia and imported grapes from South America for comparison.

Among the fungi isolated, the species with the highest frequency of occurrence were *Penicillium* spp. and *Aspergillus* spp. (in 83% and 67% of the varieties, respectively). *Alternaria* spp., *Botrytis cinerea* and *Rhizopus stolonifer* developed in 50%, *Aspergillus ochraceus* in 33% and finally *Fusarium* spp., *Phomopsis* spp. and *Cladosporium* spp. were isolated in 17% of the varieties tested. It is impressive that all 7 of the 8 species identified developed on the grapes of a rare, late Greek variety, Eptakoilos.

Key words: grape, post-harvest diseases, risks, fungal species

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Σελίδα

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ι: Μετασυλλεκτικές ασθένειες	
1.1 Γενικά.....	11
1.2 Παθογόνα αίτια μετασυλλεκτικών ασθενειών.....	14
1.3 Μύκητες και μετασυλλεκτικές ασθένειες.....	15
1.3.1 Κύρια μυκητολογικά αίτια μετασυλλεκτικών ασθενειών.....	16
1.3.1.1 <i>Aspergillus spp.</i>	16
1.3.1.2 <i>Penicillium spp.</i>	18
1.3.1.3 <i>Botrytis cinerea</i>	20
1.3.1.4 <i>Alternaria alternata</i>	22
1.3.1.5 <i>Cladosporium spp.</i>	23
1.3.1.6 <i>Phomopsis viticola</i>	24
1.3.1.7 <i>Fusarium spp.</i>	25
1.3.1.8 <i>Rhizopus stolonifer</i>	27
1.3.1.9 <i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	29
1.4 Βακτήρια και μετασυλλεκτικές ασθένειες.....	31
1.4.1.1 <i>Erwinia spp.</i>	32
1.4.1.2 <i>Pseudomonas spp.</i>	34
1.4.1.3 <i>Xanthomonas spp.</i>	35
1.5 Επιδημιολογία των μετασυλλεκτικών ασθενειών.....	37

1.6 Διάγνωση μετασυλλεκτικών ασθενειών.....	41
1.7 Αντιμετώπιση των μετασυλλεκτικών ασθενειών.....	48
1.8 Επιπτώσεις μετασυλλεκτικών ασθενειών στη παραγωγή και επεξεργασία τροφίμων.....	53

ΚΕΦΑΛΑΙΟ II: Αμπέλι, παραγόμενα προϊόντα και μετασυλλεκτικές ασθένειες

2.1 Αμπέλι.....	57
2.1.1 Μορφολογικά χαρακτηριστικά του αμπελιού.....	58
2.1.2 Καλλιέργεια.....	61
2.1.3 Χαρακτηριστικά ελληνικού αμπελώνα και κύριες ποικιλίες των παραγόμενων προϊόντων.....	61
2.1.4 Διατροφική αξία και χημική σύνθεση σταφυλιών.....	69
2.1.5 Ευεργετικές ιδιότητες για την υγεία του ανθρώπου.....	70
2.2 Μετασυλλεκτικές ασθένειες σταφυλιών.....	75
2.3 Απώλειες και Κίνδυνοι μετασυλλεκτικών ασθενειών σε σταφύλια και στα παραγόμενα από αυτά προϊόντα.....	80
2.4 Αντιμετώπιση μετασυλλεκτικών ασθενειών στα σταφύλια.....	84

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ III

3.1.1 Σκοπός του πειράματος.....	92
3.1.2 Υλικά και όργανα.....	92
3.1.3 Μεθοδολογία.....	93
3.1.4 Περιγραφή ερευνητικής πορείας.....	95

3.5 Αποτελέσματα.....	106
3.1.5.1 Ταυτοποίηση μυκήτων με χρήση στερεοσκοπίου και μικροσκοπίου...	106
3.1.5.2 Πίνακες με τα είδη των μυκήτων που αναπτύχθηκαν και ταυτοποιήθηκαν ανά τρυβλίο σε κάθε κύκλο απομονώσεων.....	109
3.1.5.3 Διαγραμματική παρουσίαση των σημαντικότερων αποτελεσμάτων της πειραματικής διαδικασίας.....	116
3.1.6 Συζήτηση-Συμπεράσματα.....	118
3.1.7 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα.....	120
Κατάλογος Βιβλιογραφίας.....	121

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.1.....	76
Πίνακας 3.1.....	94
Πίνακας 3.2.....	109
Πίνακας 3.3.....	111
Πίνακας 3.4.....	113
Πίνακας 3.5.....	114
Πίνακας 3.6.....	115

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1.....	116
Διάγραμμα 2.....	117
Διάγραμμα 3.....	118

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματεύεται τις κυριότερες μετασυλλεκτικές ασθένειες που παρουσιάζονται στο σταφύλι ως πρώτη ύλη και κατ'επέκτασιν στα προϊόντα του. Οι μετασυλλεκτικές ασθένειες μυκητολογικής φύσεως, αποτελούν καθοριστικό παράγοντα, για το χρόνο ζωής των σταφυλιών προκαλώντας σοβαρές ποσοτικές και οικονομικές απώλειες (Zhang et al., 2019).

Η άμπελος είναι ένα θαμνώδες φυτό, που καλλιεργείται σε όλο τον κόσμο για διάφορους σκοπούς, όπως η παρασκευή επιτραπέζιων σταφυλιών, χυμών, σταφίδων, ξυδιού, κρασιού και άλλων ζυμούμενων ποτών στα οποία θα αναφερθούμε παρακάτω (Reisch et al., 2011). Τα επιτραπέζια σταφύλια είναι πλούσια σε μέταλλα, βιταμίνες, υδατάνθρακες και αντιοξειδωτικά. Αν και τα σταφύλια διαθέτουν τεράστια διατροφικά οφέλη, έχουν μειωμένη διάρκεια ζωής λόγω ποικίλων παραγόντων, όπως είναι ο αποχρωματισμός των ραγών, η μείωση της σφριγηλότητάς τους, η μάρανση και πτώση των ραγών και οι μυκητιακές σήψεις. Στην αλυσίδα εμπορίας επιτραπέζιων σταφυλιών, η μυκητιακή σήψη έχει αναγνωριστεί ως δυνητικός παράγοντας πρόκλησης τεράστιων οικονομικών απωλειών, καθώς το έτος 2017 εκτιμήθηκε ότι το 10-40% της συνολικής παραγωγής σταφυλιών χάθηκε λόγω μετασυλλεκτικών μυκητολογικών ασθενειών (Wilson, Wisniewski, 1989). Δυστυχώς, οι ασθένειες αυτές δεν έχουν ληφθεί υπόψιν στον βαθμό που είναι αναγκαίος αναλογικά με τις επιπτώσεις που προκαλούν.

Τα ωριμασμένα σταφύλια δέχονται περισσότερες προσβολές σε σύγκριση με τα μη γινομένα, από διάφορα γένη μυκήτων και βακτηριών, τα οποία έχουν την δυνατότητα να δρουν σε αυτά αποκλειστικά μετά τη συγκομιδή, καθώς στα προηγούμενα στάδια βρίσκονται σε λήθαργο (Golan, 2001). Κατά τις μετασυλλεκτικές διεργασίες (μεταφορά και αποθήκευση) των φρούτων, η υψηλή συγκέντρωσή τους σε σάκχαρα, αποτελεί ιδανικό υπόστρωμα για την ανάπτυξη παθογόνων μικροοργανισμών. Ευνοϊκές εξίσου συνθήκες δημιουργούνται, όταν τα σταφύλια παραμένουν αποθηκευμένα σε θερμό και ταυτόχρονα υγρό περιβάλλον, διότι ευνοείται η εμφάνιση ασθενειών, μερικές από τις οποίες είναι η

τεφρά σήψη (gray mold rot), η κυανή σήψη (blue rot), η ανθράκωση, η μαλακή σήψη και η φουζαρίωση (Sonker et al., 2016).

Οι μυκητιακές αυτές αλλοιώσεις, εκτός της υποβάθμισης και της απώλειας της πρώτης ύλης, ενέχουν κινδύνους για τη δημόσια υγεία λόγω της παραγωγής μυκοτοξινών, όπως η πατουλίνη, η αφλατοξίνη και η ωχρατοξίνη Α (OTA) από ορισμένα είδη μυκήτων. Ο κίνδυνος επεκτείνεται και στο εργατικό δυναμικό που μεταχειρίζεται την πρώτη ύλη, καθώς υπάρχει πιθανότητα πρόσληψης σπορίων των μυκήτων μέσω της αναπνευστικής οδού (Sonker et al., 2016).

Εκτός της δράσης των μικροοργανισμών στα νωπά φρούτα, υπάρχουν κι άλλοι παράγοντες, οι οποίοι έχουν άμεση επίδραση στην οργανοληπτική εικόνα των προϊόντων. Μερικοί από τους παράγοντες αυτούς είναι οι καιρικές συνθήκες κατά τη καλλιεργητική περίοδο, η κατάλληλη ή μη προετοιμασία του εδάφους, καθώς και ο τύπος του εδάφους, η ποικιλία του υποκειμένου της αμπέλου, η επαρκής λίπανση και η καταπολέμηση των εχθρών και των ασθενειών (Elazar Fallik, 2021).

Συνεπώς, χρειάζεται να δίνεται η δέουσα προσοχή, ξεκινώντας από τους καλλιεργητές-παραγωγούς, αλλά και τους ερευνητές και καταλήγοντας στους προμηθευτές, που παραλαμβάνουν την πρώτη ύλη και είτε την αποθηκεύουν, είτε την εμπορεύονται, είτε την μεταποιούν σε άλλα προϊόντα, τα οποία πρέπει να είναι ασφαλή και ποιοτικά σύμφωνα τόσο με τις νομοθετικές, αλλά και με τις καταναλωτικές απαιτήσεις (Solairaj et al., 2020).

Οι στόχοι της παρούσας μελέτης ήταν η απομόνωση των παθογόνων μυκήτων, οι οποίοι προκαλούν μετασυλλεκτική σήψη στα επιτραπέζια σταφύλια τόσο των ντόπιων ποικιλιών της Κεφαλονιάς, όσο και ποικιλιών που προμηθεύονται από τρίτες χώρες και να αξιολογηθεί το παθογόνο δυναμικό τους *in vitro*.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ι

Μετασυλλεκτικές Ασθένειες

1.1 Γενικά

Οι μετασυλλεκτικές ασθένειες, εκδηλώνονται κυρίως αφότου γίνει η συγκομιδή των φρούτων και συγκεκριμένα κατά τη διάρκεια της εμπορίας ή της αποθήκευσής τους (Barkai-Golan, 2001). Η εκδήλωση των ασθενειών αυτών προκαλείται από μικροοργανισμούς, όπως μύκητες, βακτήρια, ζύμες, πρωτόζωα, ακόμη και από ιούς και καθιστά τα γεωργικά προϊόντα ακατάλληλα προς κατανάλωση (Bist & Bist, 2020). Οι ασθένειες αυτές που δημιουργούν αλλοιώσεις, τόσο σε ανθεκτικά όσο και σε ευαλλοιώτα προϊόντα, όπως οι καρποί των φρούτων, είναι ευρέως διαδεδομένες (PART I CAUSES AND EFFECTS, 2006). Η προσβολή των καρπών, που αποτελεί το εναρκτήριο σημείο μιας ασθένειας, οφείλεται σε παθογόνους μικροοργανισμούς, οι οποίοι αδυνατούν να δράσουν πριν τη συλλογή των προϊόντων (Barkai-Golan, 2001). Συνήθως, η ταξινόμηση των ασθενειών αυτών, γίνεται με γνώμονα τη χρονική περίοδο που συμβαίνει η μόλυνση του καρπού.

Η πρώτη και κυριότερη κατηγορία, στην οποία χωρίζονται οι μετασυλλεκτικές ασθένειες, αφορά τις μολύνσεις από μικροοργανισμούς, που διαδραματίζονται πριν τη συγκομιδή των φρούτων και αυτόματα υποβάλλονται σε μια κατάσταση λήθαργου ή αλλιώς λανθάνουσα κατάσταση. Η προσωρινή αυτή απενεργοποίηση της δράσης των παθογόνων, διαρκεί ώσπου να μεταβληθεί ο βαθμός ωριμότητας του φρούτου και τελικά να συγκομισθεί (Coates & Johnson, 1997). Η περίοδος από τη μόλυνση του φρούτου έως την επανενεργοποίηση της δράσης του μικροοργανισμού, ονομάζεται περίοδος «ηρεμίας» (Postharvest Pathology, 2019). Όταν λοιπόν, η μόλυνση συμβαίνει σε προσυλλεκτικό επίπεδο, τα συμπτώματα εντοπίζονται μετασυλλεκτικά κι αυτό αποτελεί μεγάλη πρόκληση για την έγκαιρη διαχείριση των μολυσμένων καρπών προτού κυκλοφορήσουν στην αγορά και αγορασθούν από τους καταναλωτές (R.Gil et al., 2021). Ωστόσο, οι συνθήκες περιβάλλοντος που επικρατούν κατά τη περίοδο ανάπτυξης, τόσο σε

αμπελουργικές καλλιέργειες, όσο και σε άλλες καλλιέργειες φρούτων, μπορούν να έχουν επιζήμιες επιπτώσεις ως προς την επέκταση των μετασυλλεκτικών ασθενειών. Χαρακτηριστικό παράδειγμα ευνοϊκής περιβαλλοντικής κατάστασης είναι, ένα υγρό και θερμό περιβάλλον, όπου οι μικροοργανισμοί έχουν τη δυνατότητα να επιμολύνουν το φυτικό ξενιστή τους και να εισχωρήσουν στη σάρκα του. Επιπλέον, οποιαδήποτε μεταβολή συμβαίνει στις πρακτικές διαχείρισης μίας καλλιέργειας, παρουσιάζει επιπτώσεις στη φυσιολογία, στην ανάπτυξη και στη συχνότητα εμφάνισης ασθενειών σε προσυλλεκτικό, αλλά και σε μετασυλλεκτικό επίπεδο των φυτών (Postharvest Pathology, 2019).

Ο αμέσως επόμενος τύπος μετασυλλεκτικών ασθενειών, αφορά τις επιμολύνσεις που συμβαίνουν είτε κατά τη διάρκεια της συγκομιδής, είτε με το πέρας αυτής. Η πιο συνήθης αιτία για τις ασθένειες αυτές είναι, τυχόν πληγές που έχουν προκληθεί στην επιφάνεια ή στη σάρκα του τροφίμου από μηχανική καταπόνηση ή από τη δράση εντόμων, χωρίς να έχει σημαντικό ρόλο το μέγεθος της πληγής. Μερικές από τις κυριότερες ασθένειες προκαλούμενες από μολύνσεις στα τραυματισμένα σημεία των τροφίμων είναι, η σήψη που οφείλεται στο γένος *Rhizopus stolonifer*, η μπλε και η πράσινη σήψη προερχόμενες από το γένος *Penicillium spp.* (Coates & Johnson, 1997). Συνεπώς, μια μετασυλλεκτική ασθένεια μπορεί να αφορά μόλυνση που συνέβη πριν τη συγκομιδή, κατά τη συγκομιδή ή σε μετασυλλεκτικό στάδιο (Barkai-Golan, 2001).

Οι μετασυλλεκτικές ασθένειες, αποτελούν την κυριότερη αιτία υποβίβασης της οργανοληπτικής, αλλά και διατροφικής ποιότητας των τροφίμων. Χωρίζονται σε δύο πιθανές κατηγορίες ασθενειών: τις βιοτικές, όπου η ασθένεια προκύπτει μέσω μόλυνσης από κάποιο μικροβιακό παράγοντα, όπως η σήψη των καρπών από μύκητες ή βακτήρια και τις αβιοτικές που είναι αποτέλεσμα κάποιων φυσιολογικών διαταραχών, δηλαδή φυσικά ελαττώματα που αλλάζουν τη μορφή των καρπών, όπως η ακανόνιστη ωρίμανση (R. Gil et al., 2021). Γενικά, οι ασθένειες που προέρχονται από κάποιο μικροβιακό οργανισμό, είναι μολυσματικές και επεκτείνονται, σε αντίθεση με εκείνες που προκαλούνται από αβιοτικά αίτια, οι οποίες δεν διαιωνίζουν τη μετάδοσή τους από φυτό σε φυτό

(Γεωργόπουλος, 1984). Εφόσον οι συνθήκες που επικρατούν, ευνοούν την ανάπτυξη και την επέκταση της ασθένειας, αυξάνεται κατα πολύ ο κίνδυνος και η σοβαρότητα των επιπτώσεων στα προϊόντα (Postharvest Pathology, 2019).

Κάθε τύπος μετασυσλλεκτικής ασθένειας, διαθέτει μερικά χαρακτηριστικά που ονομάζονται «νοσηρά», με τα οποία φανερώνονται τα συμπτώματα των ασθενειών, σύμφωνα με τον καθηγητή φυτοπαθολογίας κο. Σ. Γ. Γεωργόπουλο. Το κυριότερο από τα χαρακτηριστικά που καθιστούν ορατή την ύπαρξη μιας ασθένειας, είναι τα συμπτώματα, τα οποία περιλαμβάνουν τις αλλαγές που παρουσιάζονται είτε στη μορφολογία, είτε στους ιστούς του καρπού και μπορούν να διαγνωσθούν με μακροσκοπικό τρόπο (με γυμνό οφθαλμό) ή και με μικροσκοπική εξέταση. Στην πραγματικότητα, τα συμπτώματα που είναι ορατά με γυμνό οφθαλμό, δεν αποτελούν το παθογόνο αίτιο, αλλά μία από τις επιδράσεις αυτού στο φυτό ή το τρόφιμο. Τα συμπτώματα, χωρίζονται σε τρεις βασικές κατηγορίες και λοιπές υποκατηγορίες, οι οποίες σχετίζονται με την ανάπτυξη των φυτών, το χρωματισμό διάφορων οργάνων των φυτών, καθώς και συμπτώματα που φανερώνουν διαταραχές ως προς τις ποσότητες ύδατος που τα τροφοδοτεί.

Μερικά συμπτώματα που σηματοδοτούν τη μη φυσιολογική ανάπτυξη ενός φυτού μπορεί να είναι οι υπερτροφίες (γιγαντισμοί), οι ατροφίες (νανισμοί) και διάφορες άλλες παραμορφώσεις. Ο χρωματισμός με τη σειρά του, παρουσιάζει ανωμαλίες όπως είναι η χλώρωση (μείωση στη ποσότητα της χλωροφύλλης στα φύλλα ή σε άλλα όργανα του φυτού), το κιτρίνισμα (προχωρημένο επίπεδο χλώρωσης) ή η ερυθρίαση (επικράτηση ανθοκυανών στα φύλλα ή άλλα όργανα του φυτού).

Ως προς την αδυναμία ενός φυτού να διαχειριστεί σωστά τις ποσότητες νερού που δέχεται ή αποβάλλει, συχνότερο σύμπτωμα αποτελεί ο μαρασμός (έλλειψη νερού). Άλλα σημαντικά συμπτώματα θεωρούνται οι σήψεις, που πρόκειται για αποτέλεσμα της δράσης πηκτινολυτικών ενζύμων, τα οποία αποσυνθέτουν τους ιστούς των σαρκωδών κυρίως μερών ενός φυτού. Τέλος, σύμπτωμα μιας ασθένειας μπορεί να αποτελεί και η φυλλόπτωση, η ανθόρροια ή η καρπόπτωση (Γεωργόπουλος, 1984), (Isleib, 2012).

Επόμενο αξιοσημείωτο χαρακτηριστικό μιας ασθένειας, είναι τα σημεία της, δηλαδή οι σχηματισμοί που βρίσκονται επάνω στο φυτό ή τους καρπούς του, όμως δεν ανήκουν στη φυσιολογική του μορφολογία και κατά κανόνα δημιουργούνται από τη παρουσία των μολυσματικών παραγόντων. Τα χαρακτηριστικά αυτά, μπορεί να εμφανίζονται σε ένα φυτό με τη μορφή εξανθήσεων μυκήτων, στιγμάτων, ριζόμορφων, σκληρώτιων ή και με βακτηριακή εξίδρωση (Γεωργόπουλος, 1984).

1.2 Παθογόνα αίτια μετασυλλεκτικών ασθενειών

Παθογόνα όπως οι μύκητες και τα βακτήρια, είναι υπεύθυνα για την πρόκληση μετασυλλεκτικών ασθενειών σε φρούτα και λαχανικά (Singh & Sharma, 2018). Οι προσβολές από τα παράσιτα αυτά, ευνοούνται τόσο μέσω των φυσικών όσο και των εξωτερικά προκαλούμενων ζημιών στους καρπούς των φρούτων και των λαχανικών και έτσι, η αντίσταση των καρπών στις ασθένειες μειώνεται, όσο αυξάνει ο βαθμός ωρίμανσής τους, επιτρέποντας την ευκολότερη μόλυνσή τους από τα παθογόνα.

Εξάλλου, έχει εξακριβωθεί πως τα μυκητιακά είδη, που προσβάλλουν τα φρούτα και τα λαχανικά, συμβάλλουν στην επιτάχυνση της ωρίμανσής τους (Gomes et al., 2015). Πολλά είδη μυκήτων έχουν συσχετισθεί με τις μετασυλλεκτικές ασθένειες στα φρούτα και τα λαχανικά παγκοσμίως και τα πιο διαδεδομένα είναι τα: *Aspergillus spp.*, *Penicillium spp.*, *Alternaria spp.*, *Botrytis spp.*, *Colletotrichum spp.*, *Phomopsis spp.*, *Mucor spp.*, *Rhizopus spp.* (Singh & Sharma, 2018).

Ως προς τα παθογόνα βακτηριακής προελεύσεως, τα σημαντικότερα από αυτά είναι είδη των γενών: *Erwinia*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Lactobacillus* και *Xanthomonas*. Οι βακτηριακές σήψεις αποτελούν σημαντικές μετασυλλεκτικές ασθένειες για τα λαχανικά, ενώ δεν μολύνουν στον ίδιο βαθμό τα φρούτα, λόγω των χαμηλών τιμών pH, οι οποίες αποτελούν ανασταλτικό παράγοντα για την

ανάπτυξη της πλειονότητας των βακτηριακών φυτοπαθογόνων (Coates & Johnson, 1997). Ακολουθώς, θα παρατεθούν και θα παρουσιαστούν τα βασικά χαρακτηριστικά των συχνότερα απαντώμενων μυκητολογικών και εν συνεχεία βακτηριολογικών μετασυλλεκτικών ασθενειών σε φρούτα και λαχανικά.

1.3 Μύκητες και μετασυλλεκτικές ασθένειες

Οι μύκητες αποτελούν ένα βασίλειο πολυκύτταρων ευκαρυωτικών οργανισμών, των οποίων ο ρόλος σε ένα οικοσύστημα είναι εξαιρετικά σημαντικός. Οι οργανισμοί αυτοί είναι ετερότροφοι, δηλαδή προσλαμβάνουν την τροφή τους μέσω οργανικής ύλης. Η αναπαραγωγή τους είναι είτε σεξουαλική είτε ασεξουαλική. Συχνά, αναπτύσσουν συμβιωτικές σχέσεις, κυρίως με φωτοσυνθετικούς οργανισμούς, όπως φυτά, αλλά και με βακτήρια. Ωστόσο, αποτελούν αιτία για τη πρόκληση πολλών ασθενειών, με τις πιο διαδεδομένες να είναι οι ασθένειες των φυτών.

Σε κάθε περίπτωση μόλυνσης, η εισβολή των παθογόνων μικροοργανισμών στους ξενιστές υποβοηθάται εάν υπάρχει κάποιος τρόπος εισχώρησης στη σάρκα, όπως πληγές ή σχισμές (Golan., 2001). Η ζημία είναι μικροσκοπική, όμως είναι ταυτόχρονα αρκετή ώστε να μεταδοθεί σε ολόκληρη τη σοδειά και να την μολύνει (Singh & Sharma, 2018). Κατά την ωρίμανση των καρπών τα κύτταρα αποδυναμώνονται και γίνονται πιο ευάλωτα σε τραυματισμούς. Επιπλέον, η ωρίμανση των ιστών ευνοείται από τη παρατεταμένη αποθήκευση των συγκομισμένων καρπών και δημιουργεί πρόσφορο έδαφος για την ανάπτυξη μικροοργανισμών που δρουν συγκεκριμένα σε γηρασμένους ιστούς.

Πολλά από τα μετασυλλεκτικά παθογόνα που προκαλούν τις ασθένειες στους καρπούς, έχουν την ικανότητα να διαιωνίζονται και να μεταφέρουν τα σπόρια τους, σε διάφορα στάδια της ανάπτυξης των καρπών, με τη βοήθεια του ανέμου, των εντόμων και των βροχοπτώσεων. Σημαντικό είναι να σημειωθεί πως τα παθογόνα στελέχη παρουσιάζουν υψηλή εκλεκτικότητα σχετικά με τα φρούτα τα οποία θα μολύνουν, παρά τον μεγάλο αριθμό μικροοργανισμών που βρίσκονται

ήδη σε αυτά. Μεταξύ των κύριων πηγών μόλυνσης διάφορων φρούτων, βρίσκονται το νερό άρδευσης της καλλιέργειας, το έδαφος και τα φυτικά υπολείμματα. Δευτερεύουσες πηγές μυκητιακών σπορίων αποτελούν τα εργαλεία συγκομιδής, τα δοχεία συλλογής, τα συσκευαστήρια και η υγιεινή των εγκαταστάσεών τους, το περιβάλλον του αποθηκευτικού χώρου και η υγιεινή των εργαζομένων στη διαλογή και μεταποίηση των προϊόντων (Barkai-Golan, 2001).

1.3.1 Κύρια μυκητολογικά αίτια μετασυλλεκτικών ασθενειών

1.3.1.1 Aspergillus spp.

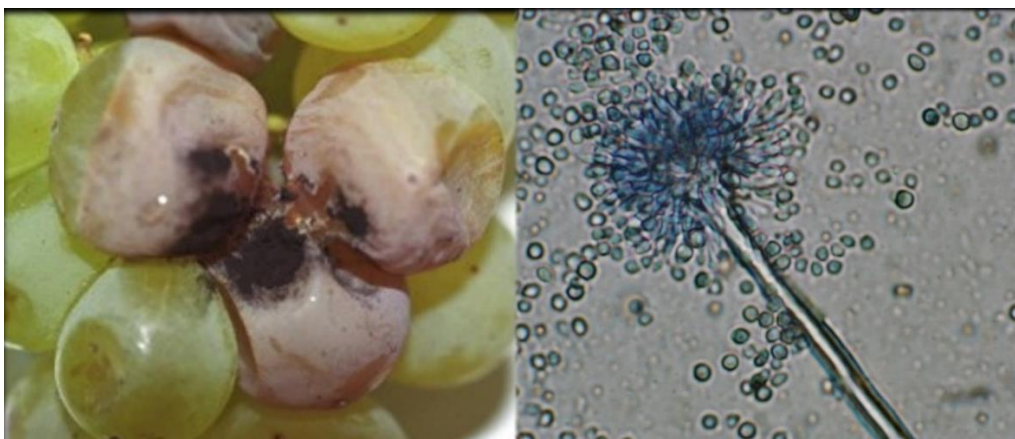
Το γένος *Aspergillus* ανήκει στο φύλο των ασκομυκήτων, στην κλάση των Eurotiomycetes, την τάξη Eurotiales και την οικογένεια Trichomaceae (Petruzzello, Melissa. "List of fungi". Encyclopedia Britannica, 2023). Ο συνολικός αριθμός των ειδών που περιλαμβάνει το γένος *Aspergillus* αγγίζει τα 200 είδη (Helmut König et al., 2017). Ανάμεσα στα είδη αυτά, το *A. niger* και το *A. oryzae* ανήκουν στη λίστα GRAS (Generally Recognized as Safe) του οργανισμού FDA (Food and Drug Administration) των Ηνωμένων Πολιτειών (Ward et al., 2006). Η διάκριση μεταξύ των ειδών *Aspergillus*, βασίζεται σε ιδιαίτερα μορφολογικά χαρακτηριστικά κάθε ενός είδους, όπως το χρώμα και το σχήμα των κονιδίων, των κεφαλών και τα χαρακτηριστικά των κυστιδίων που σχηματίζονται, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 1.1 (Chang et al., 2014).

Τα είδη *Aspergillus* πολλαπλασιάζονται αγενώς (ασεξουαλικά) και σχηματίζουν μη καρποφόρα κονίδια, τα οποία αναπτύσσονται σε κονιδιοφόρους (Helmut König et al., 2017). Εκτός όμως της παραγωγής ανάμορφων κονιδίων, δύναται να συμβεί και εγγενής πολλαπλασιασμός (σεξουαλικός), όπου σε αυτή τη περίπτωση παράγονται ασκοσπόρια, τα οποία ονομάζονται τελεόμορφα (Chang et al., 2014). Η εξάπλωση των σπορίων του μύκητα πραγματοποιείται με τη βοήθεια του ανέμου καταλήγοντας στους ξενιστές (Helmut König et al., 2017).

Τα είδη του γένους *Aspergillus* που εμφανίζονται στη φύση είναι πολλά και η ανάπτυξή τους είναι κυρίως σαπροτροφική και εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από

τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν σε έναν τόπο. Πιο συγκεκριμένα, η εμφάνισή τους στα τρόφιμα είναι εξαρτώμενη από παράγοντες όπως η ενεργότητα του νερού στο τρόφιμο, η θερμοκρασία, το pH, η παρουσία συντηρητικών, το οξειδοαναγωγικό δυναμικό και ο ανταγωνισμός με την υπόλοιπη μυκοχλωρίδα (Chang et al., 2014).

Η επιμόλυνση των τροφίμων από το γένος *Aspergillus* είναι ευρέως διαδεδομένη σε υποστρώματα, που διαθέτουν πηγή σακχάρων ή πηγή υδατανθράκων. Τα φρούτα, αποτελούν τον κύριο στόχο του μύκητα. Ιδιαίτερα ευνοϊκές θεωρούνται οι συνθήκες όπου επικρατεί θερμό κλίμα. Τα συμπτώματα από τη προσβολή του στους ξενιστές εμφανίζονται κατά την έναρξη της ωρίμασης των φρούτων, όπου τα φρούτα καλύπτονται από τη μαύρη μούχλα και τελικά αποσυντίθενται (Konig et al., 2017). Η σήψη που προκαλείται, από συνολικά 4 είδη του γένους *Aspergillus*, με κυριότερα αυτών να είναι το *A. flavus* το οποίο παράγει τις τοξικές για τον ανθρώπινο οργανισμό αφλατοξίνες B1 και B2 και το *A. parasiticus*, το οποίο παράγει τις αφλατοξίνες G1 και G2, οι οποίες θεωρούνται εξίσου επικίνδυνες για τη δημόσια υγεία (Chang et al., 2014) και ύποπτες για διάφορες καρκινογενέσεις (Perrone et al., 2017), (Guchi, 2017). Υπό την απειλή, λοιπόν, της παραγωγής βλαβερών μυκοτοξινών, τα φρούτα που συλλέγονται και είναι μολυσμένα από τον μύκητα *Aspergillus*, θα πρέπει να απορρίπτονται (Konig et al., 2017).



Εικόνα 1.1. Μολυσμένες ράγες σταφυλιού από μύκητα του γένους *Aspergillus* (αριστερά) (A.D. Hocking, in Encyclopedia of Food Microbiology (Second

Edition), 2014) και κονιδιοφόρος με κονίδια του γένους *Aspergillus* (δεξιά) (<https://nz.pinterest.com/pin/304274518548274376/>).

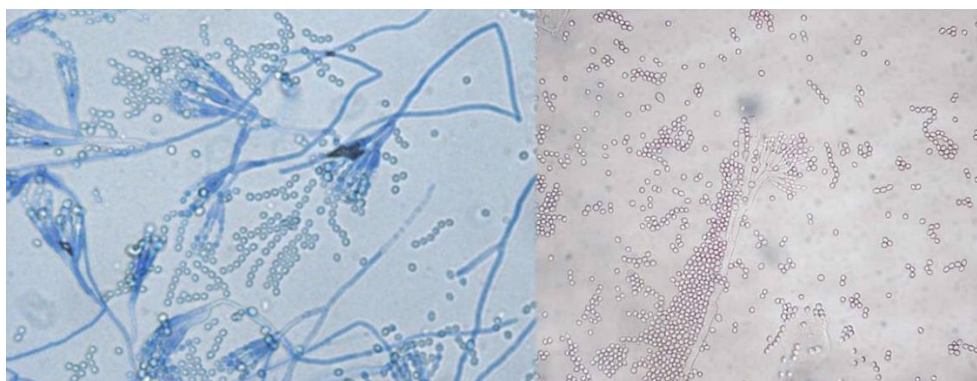
Εκτός όμως από τις επικίνδυνες μυκοτοξίνες που παράγουν είδη του γένους *Aspergillus* έχουν την ικανότητα παραγωγής έκκρισης εξωκυτταρικών ενζύμων, τα οποία αποτελούν ένα από τα βασικά εργαλεία της βιομηχανίας παραγωγής ενζύμων. Επιπρόσθετη και εξίσου σημαντική λειτουργία είναι η παραγωγή ζυμούμενων τροφίμων, καθώς και η εξαγωγή ποικιλιών αμυλασών και πρωτεασών. Τέλος, τα είδη *Aspergillus* σε συνεργασία με άλλους μύκητες μοιράζονται την ικανότητα έκκρισης αντιμυκητιακών πρωτεϊνών πλούσιων σε κυστίνη, οι οποίες μπορούν να βρουν πιθανές εφαρμογές στη προστασία των φυτών, τη συντήρηση των τροφίμων, αλλά και σε ιατρικές θεραπείες (Ward et al., 2006).

1.3.1.2 *Penicillium* spp.

Το γένος *Penicillium* ανήκει στους ασκομύκητες, στην κλάση των Eurotiomycetes, στην τάξη Eurotiales και στην οικογένεια Trichomaceae ("List of fungi". Encyclopedia Britannica, 2023). Οι φαινοτυπικές διαφορές μεταξύ των ειδών, βασίζονται στις διακλαδώσεις που υπάρχουν στους κονιδιοφόρους, καθώς και στο μέγεθος και στο σχήμα των κονιδίων. Όλα τα είδη, έχουν ως κοινό χαρακτηριστικό το μέγεθος των κονιδίων (2-3μm) και το σχήμα τους, που είναι σφαιρικό και με συμμετρικούς κονιδιοφόρους (Εικόνα 1.2) (Houbraken et al., 2010). Το γένος *Penicillium*, θεωρείται το πιο σημαντικό γένος ανάμεσα στους σαπροφυτικούς ασκομύκητες, οι οποίοι καταμετρούνται με περισσότερα από 400 είδη που υπάρχουν και έχουν κατανεμηθεί σε παγκόσμιο επίπεδο. Ως προς τη μορφολογία και την εκδήλωση των συμπτωμάτων κάθε είδους, θεωρείται πως αποτελούν κλασικές προσεγγίσεις για τη τελική ταυτοποίηση μεταξύ των διαφόρων ειδών (Ghuffar et al., 2021). Για να συμβεί επιμόλυνση ενός φυτικού υλικού, από το γένος *Penicillium* απαιτείται ελεύθερο νερό (υγρασία), συγκεκριμένες συνθήκες θερμοκρασίας και pH για την ανάπτυξη του μύκητα, καθώς και θρεπτικά συστατικά για τη θρέψη του (Palou, 2014).



Εικόνα 1.2. Απεικόνιση μολυσμένων σταφυλιών από το γένος *Penicillium* spp.
(<https://ephytia.inra.fr/en/C/7145/Grapevine-Main-symptoms>).



Εικόνα 1.3. Καρποφορίες (αριστερά) και
(https://www.diark.org/diark/species_list/Penicillium_expansum)
χαρακτηριστικά σπόρια *Penicillium* spp. (δεξιά)
(<https://www.semanticscholar.org/paper/Identification-of-Penicillium-expansum-causing-blue-Vico-Duduk/b7b2af4874e3390f7b5eb031a59486b1afa63376>).

Μεταξύ των πολλών ειδών του γένους *Penicillium*, τα σημαντικότερα τροφιογενή είδη είναι τα *P. expansum*, *P. italicum* και *P. digitatum*. Το *P. expansum* είναι ένα είδος, το οποίο είναι παρόν παντού και ο πολλαπλασιασμός του συμβαίνει με τη βοήθεια κονιδίων, που σχηματίζονται σε αλυσίδες στην κορυφή των κονιδιοφόρων. Κατά βάση, το *P. expansum* αποτελεί ένα τυπικό παθογόνο, που μεταφέρεται με τον αέρα από ξενιστή σε ξενιστή (Konig et al., 2017). Η προσβολή από το είδος αυτό, που έχει ως κύριο ξενιστή τα μήλα (Rosario et al., 2020) προκαλεί τη μπλε σήψη, της οποίας η σημαντικότερη επίπτωση

μπορεί να είναι οι μεγάλες οικονομικές απώλειες, λόγω μόλυνσης των φρούτων κατά τη μετασυλλεκτική περίοδο (Bist & Bist, 2021). Η ασθένεια του *P. italicum* είναι γνωστή ως μπλε σήψη (blue mold) των εσπεριδοειδών και η μόλυνση από το είδος *P. digitatum*.

Σημαντικό είναι να προστεθεί, πως περισσότερα από 80 είδη του γένους *Penicillium* έχουν χαρακτηριστεί ως παραγωγοί τοξινών. Το εύρος και η διαφορετικότητα μεταξύ των μυκοτοξινών αυτού του γένους ξεπερνά, τη ποικιλότητα κάθε άλλης μυκητιακής ομάδας (Matthews et al., 2021).

1.3.1.3 *Botrytis cinerea*

Το είδος *B. cinerea* ανήκει στους ασκομύκητες, στην κλάση των Leotiomycetes, στη τάξη Helotiales, στην οικογένεια Sclerotiniaceae και το γένος *Botryotinia* (Williamson et al, 2007).

Ο *Botrytis cinerea* αποτελεί αιτία για την εμφάνιση της μετασυλλεκτικής ασθένειας, γνωστή ως τεφρά σήψη (gray mold ή Botrytis bunch rot) μολύνοντας κυρίως τα σταφύλια (Εικόνα 1.3) (Elad et al, 2007). Ως το επικρατέστερο παθογόνο στα σταφύλια, επιφέρει σημαντικές οικονομικές απώλειες στις σοδειές κι επηρεάζει τη παραγωγή των κρασιών, λόγω παρεμβολής του στη ζύμωση κατά τη παραγωγή τους, προκαλώντας ταυτόχρονα αλλαγές στο χρώμα, αλλά και στη γεύση του τελικού προϊόντος. Αποτελεί ένα σαπροτροφικό είδος μύκητα, που επιβιώνει κατά τη διάρκεια του χειμώνα σε ένα μεγάλο φάσμα ξενιστών (Elmer & Reglinski, 2006). Μετά τη μόλυνση του ξενιστή επιφέρει το θάνατο των ιστών του. Παρ' όλα αυτά τα σαπροφυτικά είδη μυκήτων, όπως ο *B. cinerea*, έχουν την ικανότητα να επιβιώνουν και να εξακολουθούν να παράγουν σπόρια επάνω στη νεκρή ύλη ή ακόμη και να δημιουργούν δομές για τη μακροχρόνια επιβίωσή τους, μεταξύ των οποίων είναι τα σκληρώτια και τα χλαμυδοσπόρια (Safa & Timothy, 2020), (Elad et al, 2007). Το είδος *B. cinerea*, είναι υπεύθυνο για πολλά είδη συμπτωμάτων που εμφανίζονται στους ξενιστές, με κυριότερα αυτών να είναι η μαλακή σήψη και η ταυτόχρονη διαβροχή και κατάρρευση των ιστών των

καρπών, καθώς τα συμπτώματα αυτά ακολουθεί και η εμφάνιση των γκρι μαζών κονιδίων κυρίως επάνω στα φύλλα και στους μαλακωμένους πλέον ιστούς (Williamson et al, 2007).



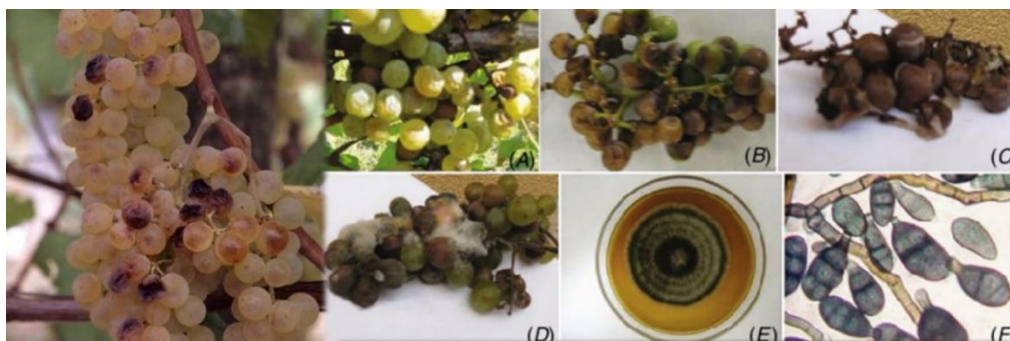
Εικόνα 1.3. Η τεφρά σήψη που προκαλεί το γένος *Botrytis* στα σταφύλια (αριστερά) (<https://www.agric.wa.gov.au/summer/know-your-grapevine-bunch-rots>) και κονιδιοφόρος με κονίδια του *B. cinerea* στο μικροσκόπιο (δεξιά) (Hassan et al., 2021).

Ο *B. cinerea* προσβάλλει εκτός από τα σταφύλια και πολλά άλλα φυτικά είδη και είναι δυνατό να αναπτυχθεί σε όλες τις κλιματικές ζώνες του κόσμου, έχοντας ως βέλτιστη συνθήκη ανάπτυξης τα υγρά και θερμά κλίματα και μολύνοντας κατά κύριο λόγο τα ανώτερα μέρη των φυτών. Η τεφρά σήψη αποτελεί σημαντική απειλή για τους ευαίσθητους ξενιστές, καθώς απελευθερώνει άφθονο αριθμό κονιδίων (Elad et al., 2007). Η απελευθέρωση των σπορίων γίνεται κυρίως μέσω του αέρα, της βροχής, αλλά και με τη συνεισφορά των εντόμων (Konig et al., 2017).

1.3.1.4 *Alternaria alternata*

Το γένος *Alternaria* ανήκει στους ασκομύκητες, στην κλάση των Dothideomycetes, στην τάξη Pleosporales και την οικογένεια Pleosporaceae (Lawrence et al., 2015) .

Η σήψη που προκαλείται από το γένος *Alternaria*, έχει ως κύριο παθογόνο αίτιο το είδος *Alternaria alternata*, το οποίο δύναται να προκαλέσει ζημιές και απώλειες στις καλλιέργειες προσυλλεκτικά και μετασυλλεκτικά παγκοσμίως. Τα κύρια συμπτώματα που εμφανίζει ο ξενιστής, από την προσβολή του *A. alternata* κατά την ωρίμανση των καρπών είναι οι χαρακτηριστικές μαύρες κηλίδες και το πυκνό βελούδινο μυκήλιο που σχηματίζεται στην επιφάνεια πολλών φυτικών ειδών (Εικόνα 1.4) όταν οι συνθήκες περιβάλλοντος υποστηρίζουν ένα υγρό και θερμό κλίμα για την καρποφόρηση του μύκητα (Shafique et al., 2020). Αφότου γίνει η μόλυνση στην καλλιέργεια, οι μυκητιακές υφές διατηρούνται σε κατάσταση ηρεμίας και εμφανίζονται κατά την ωρίμαση των καρπών (Yahia, 2011). Επιπλέον το είδος *A. alternata*, παράγει σημαντικές μυκοτοξίνες, επικίνδυνες για τη δημόσια υγεία (König et al., 2017).



Εικόνα 1.4. Προσβεβλημένες ράγες σταφυλιών από το είδος *A. alternata* (αριστερή εικόνα και εικόνες A, B, C και D) , ανάπτυξη του μύκητα σε τρυβλίο (Εικόνα E) και χαρακτηριστικά κονίδια του είδους *A. alternata* στο μικροσκόπιο (Εικόνα F) (https://www.researchgate.net/figure/A-Initial-stage-of-bunch-rot-development-B-Grape-berries-infected-with-Alternaria_fig1_257828935).

Το είδος *A. alternata* είναι νηματοειδές, που μολύνει κατά κύριο λόγο τα φυτά είτε ως παθογόνο είτε ως ενδόφυτο και το έδαφος με τη μορφή σαπροφυτικού

μικροοργανισμού. Η μορφολογία των κονιδίων του μύκητα είναι χαρακτηριστική (Εικόνα 1.4) και όταν αυτά προσβάλλουν έναν ξενιστή καλύπτουν σταδιακά ολόκληρη την επιφάνεια του (DeMers, 2022).

1.3.1.5 *Cladosporium spp.*

Το γένος *Cladosporium* ανήκει στους ασκομύκητες, στην κλάση των Dothideomycetes, στην τάξη Capnodiales και την οικογένεια Davidiellaceae (Bensch et al., 2012).

Το γένος *Cladosporium*, είναι ευρέως διαδεδομένο και επιφέρει στους ξενιστές σήψη. Παρουσιάζει προτίμηση επιμόλυνσης στη νεκρή φυτική ύλη φρούτων ή στα σχεδόν αποδομημένα φυτικά υποστρώματα, κατά τη μετασυλλεκτική περίοδο και κατά κύριο λόγο βλαστάνει στα υγρά περιβάλλοντα με χαμηλές θερμοκρασίες (Ogórek et al., 2012) . Οι αποικίες που δημιουργεί έχουν βελούδινη υφή και χαρακτηρίζονται από ένα καστανό χρώμα. Τα κονίδια του είναι ελλειψοειδή και χρωματισμένα (Εικόνα 1.5) (König et al., 2017). Η μόλυνση από το γένος *Cladosporium* σχηματίζει επάνω στις επιφάνειες των τροφίμων που προσβάλλει (Εικόνα 1.5) μαύρες κηλίδες προκαλώντας τελικά αλλοίωση και αποχρωματισμό των προϊόντων (Bullerman, 2003).



Εικόνα 1.5. Προσβολή σταφυλιών από είδος του γένους *Cladosporium* (αριστερά) και Κονιδιοφόροι και κονίδια του γένους *Cladosporium* (δεξιά) (Grapevine, 2024).

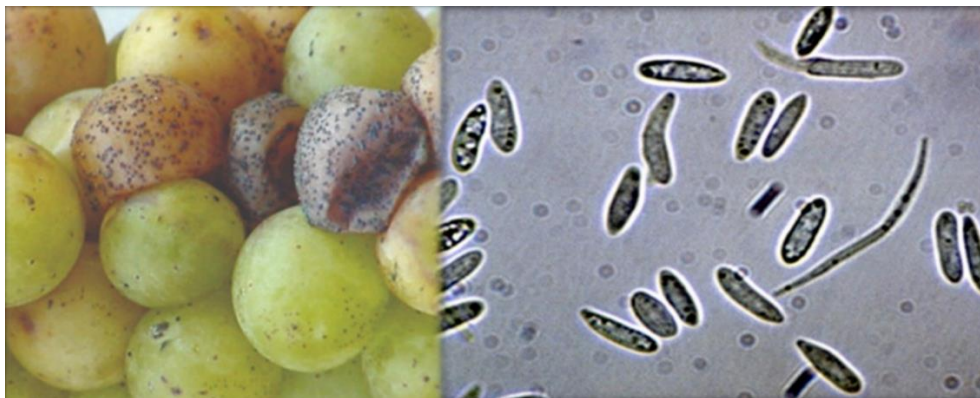
Τα είδη του γένους *Cladosporium* ανήκουν στην ομάδα των μυκητιακών ενδοφύτων, των οποίων η ύπαρξη στους ξενιστές προσδίδει ευεργετικές ιδιότητες αναφορικά με την ανάπτυξη και τη παραγωγή των γεωργικών προϊόντων. Πιο συγκεκριμένα, τα ενδοφυτικά είδη μυκήτων προσφέρουν ενεργό προστασία με την παραγωγή δευτερογενών μεταβολιτών, οι οποίοι δρουν ενάντια σε διάφορα είδη βιοτικών και μη καταπονήσεων, που τυχόν δέχεται ο ξενιστής στον οποίον παρασιτούν (Răut et al., 2021). Η διασπορά των σπορίων του μύκητα συμβαίνει σε άφθονο βαθμό, με τη βοήθεια του ανέμου και του νερού (Eggplant - *Cladosporium* Sp., 2024).

1.3.1.6 *Phomopsis viticola*

Το γένος *Phomopsis* ανήκει στους ασκομύκητες, στην κλάση των Sordariomycetes, στην τάξη Diaporthales και την οικογένεια Diaporthaceae (ACIR Community, 2023).

Το είδος μυκητιακής σήψης που προκαλείται από τον ασκομύκητα *P. viticola*, είναι πανταχού παρόν σε παγκόσμιο επίπεδο και βρίσκεται στους ξενιστές είτε με τη μορφή φυτοπαθογόνου παρασίτου, είτε με τη μορφή σαπροφυτικού παθογόνου (Udayanga et al., 2011), είτε ως ενδόφυτος μικροοργανισμός (Úrbez-Torres et al., 2013). Χαρακτηριστική και σε μεγάλο βαθμό είναι η μόλυνση των αμπελώνων σε όλες τις ηπείρους από το είδος *P. viticola*, παρουσιάζοντας συμπτώματα σε όλα τα πράσινα μέρη των αμπελιών (Torres et al., 2013), (Grapevine - *Phomopsis viticola* (Excoriose), 2001). Συγκεκριμένα, οι ράγες

που προσβάλλονται από τον μύκητα, εμφανίζουν ανοιχτές καφέ κηλίδες (Εικόνα 1.6), οι οποίες εξαπλώνονται, μέσω των σπορίων του μύκητα (Εικόνα 1.6), σε μικρό χρονικό διάστημα και προκαλούν σήψη. Συχνά, η μόλυνση του *P. viticola*, συγχέεται με τη μαύρη σήψη. Όμως, τα συμπτώματα της *Phomopsis* εμφανίζονται μόνο σε ώριμους καρπούς, κατά τη προσυλλεκτική περίοδο (*Phomopsis Cane and Leaf Spot of Grape*, 2011).



Εικόνα 1.6. Απεικόνιση των καφέ στιγμάτων και μεταχρωματισμού των ραγών λόγω σήψης, που προκαλεί η προσβολή του μύκητα *P. viticola* στα σταφύλια (αριστερά) (Phomopsis Cane and Leaf Spot and Fruit Rot of Grapes – Grapes, n.d.) και χαρακτηριστικά σπόρια του μύκητα *P. viticola* (δεξιά) (“*Phomopsis Viticola* (Phomopsis Cane and Leaf Spot),” 2022).

Συνήθως, ο μύκητας διαχειμάζει στους οφθαλμούς, στους φλοιούς των ξυλωδών μερών του φυτού ή σε μουμιοποιημένα τσαμπιά. Η εξάπλωση των σπορίων του συμβαίνει μέσω του τρεχούμενου νερού και της βροχής (González et al., 2021). Οι πιο ευνοϊκές συνθήκες για την επιμόλυνση των φυτών από το είδος *P. viticola*, είναι τα υγρά και δροσερά περιβάλλοντα και κυρίως κατά τη περίοδο ωρίμανσης των σταφυλιών (König et al., 2017).

1.3.1.7 *Fusarium spp.*

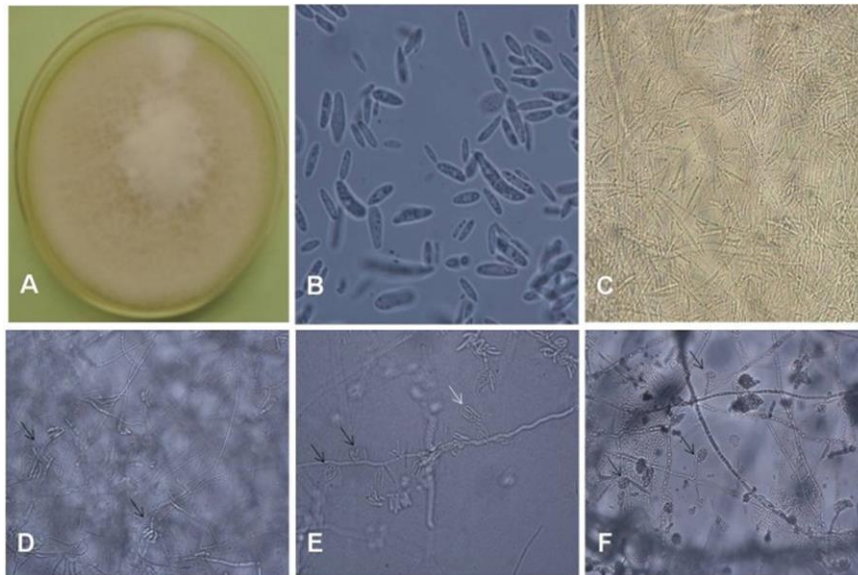
Το γένος *Fusarium* ανήκει στους ασκομύκητες, στην κλάση των Sordariomycetes, στην τάξη Hypocreales και την οικογένεια Nectriaceae (ACIR Community, 2023).

Τα διάφορα είδη *Fusarium* προκαλούν ασθένειες στα φυτικά υποστρώματα, που χρησιμοποιούν ως ξενιστές, όπως είναι οι σήψεις, οι μαράνσεις κι άλλες (Εικόνα 1.7) (Tančinová et al., 2017). Ως ένας σημαντικός ασκομύκητας μολύνει ένα ευρύ φάσμα καλλιεργειών, όπως τις καλλιέργειες φρέσκων φρούτων και λαχανικών κατά την αποθήκευσή τους (Bullerman, 2003), αλλά κυρίως αυτές του καλαμποκιού, της σόγιας και του σιταριού (Parikh et al., 2018). Οι ψυχρότερες θερμοκρασίες και οι υψηλές τιμές υγρασίας, αποτελούν τις ιδανικές συνθήκες

ανάπτυξης των μυκητολογικών ασθενειών του γένους *Fusarium* (Mikušová et al., 2013).



Εικόνα 1.7. Λευκή εξάνθιση *Fusarium spp.* σε μολυσμένη ράγα σταφυλιού



Εικόνα 1.8. Λευκή εξάνθιση σε τρυβλίο σε σταφύλι το οποίο έχει προσβληθεί από είδος *Fusarium proliferatum* (Εικόνα Α) και στο μικροσκόπιο (Εικόνες Β, C, D, E & F).

Οι αποικίες που δημιουργεί στα υποστρώματα που προσβάλλει, χαρακτηρίζονται ως «ταχέως αναπτυσσόμενες» σύμφωνα με τη βιβλιογραφία και ο χρωματισμός τους ποικίλλει, ανάλογα με το στέλεχος και τις συνθήκες ανάπτυξής του (Thrane, 2014). Τα είδη του γένους *Fusarium* παράγουν χαρακτηριστικά κυρτά ή δρεπανοειδή κονίδια, η μορφή των οποίων φαίνεται στην Εικόνα 1.8 (B).

Μερικά από τα είδη του γένους *Fusarium* είναι σαπροφυτικά, γεγονός που δυσχεραίνει τη διάγνωση των ασθενειών (Parikh et al., 2018). Ένα σημαντικό μέρος των ειδών του μύκητα *Fusarium* που προκαλούν τις σήψεις, έχουν την ικανότητα να παρασιτούν σε εξασθενημένα ζωντανά κύτταρα των φυτικών υλικών και να επιφέρουν μυκητιακές λοιμώξεις, σχηματίζοντας παράλληλα μυκοτοξίνες στα ήδη επιμολυσμένα φυτά (Lević et al., 2009).

1.3.1.8 *Rhizopus stolonifer*

Το είδος *R. stolonifer* ανήκει στους ασκομύκητες, στην κλάση των ζυγομυκήτων, στην τάξη Mucorales και στην οικογένεια Mucoraceae (Bautista-Baños et al., 2014).

Ο μύκητας *R. stolonifer* αποτελεί ένα από τα ταχύτερα αναπτυσσόμενα είδη που ανήκουν στην ομάδα των ζυγομυκήτων και προκαλούν τη μαλακή σήψη (soft rot) και τη σήψη *Rhizopus* (Bautista-Baños et al., 2014). Μολύνει κατά κύριο λόγο τα μαλακά φρούτα (Εικόνα 1.9), στη μετασυλλεκτική περίοδο, την αποθήκευση και τη μεταφορά (Fröhlich et al., 2017), (Kwon et al., 2001). Εξαιτίας της ταχείας εξάπλωσής του στις σοδειές των φρούτων και των λαχανικών, θεωρείται ένας από τους πιο καταστροφικούς μετασυλλεκτικούς μύκητες (Bautista-Baños et al., 2014).



Εικόνα 1.9. Ανάπτυξη του *R. stolonifer* σε σταφύλια (πάνω αριστερά και δεξιά) (<https://vikaspedia.in/agriculture/crop-production/integrated-pest-managment/ipm-for-fruit-crops/ipm-strategies-for-grapes/grapes-diseases-and-symptoms>) και οι σποραγγειοφόροι με τα χαρακτηριστικά ριζοειδή, καθώς και τα σπόρια του στο μικροσκόπιο (κάτω αριστερά και δεξιά) (Grapevine, 2024).

Την ανάπτυξή του ευνοούν θερμές και υγρές συνθήκες, όπου αποθηκεύονται τα προϊόντα που προσβάλλει. Αναγκαία επίσης είναι και η ύπαρξη τραυματισμών στην επιδερμίδα των προϊόντων, από μηχανικές ή φυσικές βλάβες. Η μεταφορά των σπορίων του *R. stolonifer* γίνεται με τη συνεισφορά του ανέμου και μερικών εντόμων. Τα σπόρια-ζυγοσπόρια του είδους διαθέτουν διαφορετικά σχήματα και μπορεί να είναι γωνιώδη, ελλειψοειδή ή υποσφαιρικά (Bautista-Baños et al., 2014). Χαρακτηριστικά επίσης, του είδους *R. stolonifer* είναι τα ριζοειδή και οι σποραγγειοφόροι αντί των κονιδιοφόρων, που σχηματίζουν οι προαναφερθέντες μύκητες, ενώ αναπαράγονται σεξουαλικά παράγοντας ακόμη και γλαμυδοσπόρια (Bullerman, 2003). Η μόλυνση από τον *R. stolonifer* εμφανίζεται αρχικά ως υπόλευκο μυκήλιο, η οποία είναι ορατή με γυμνό οφθαλμό (Hakim, 2018) και μετατρέπεται σε γκρίζο-καστανό έως μαύρο, λόγω των σποραγγειοφόρων (Εικόνα 1.9) (Fröhlich et al., 2017).

Με την είσοδο του παθογόνου στον τραυματισμένο ιστό ενός προϊόντος, τα μυκήλια του ξεκινούν να εκτείνονται στα σημεία γύρω από τη μόλυνση, καλύπτοντας όλα τα εμπορεύματα με χνουδωτές μαύρες μάζες μυκηλίων του μύκητα (Bautista-Baños et al., 2014). Τα είδη *Rhizopus* στη πλειοψηφία τους αποτελούν σαπροφυτικούς μύκητες, μερικά όμως είναι είτε παθογόνα, είτε παρασιτούν εις βάρος των ξενιστών τους (Petruzzello, 2019).

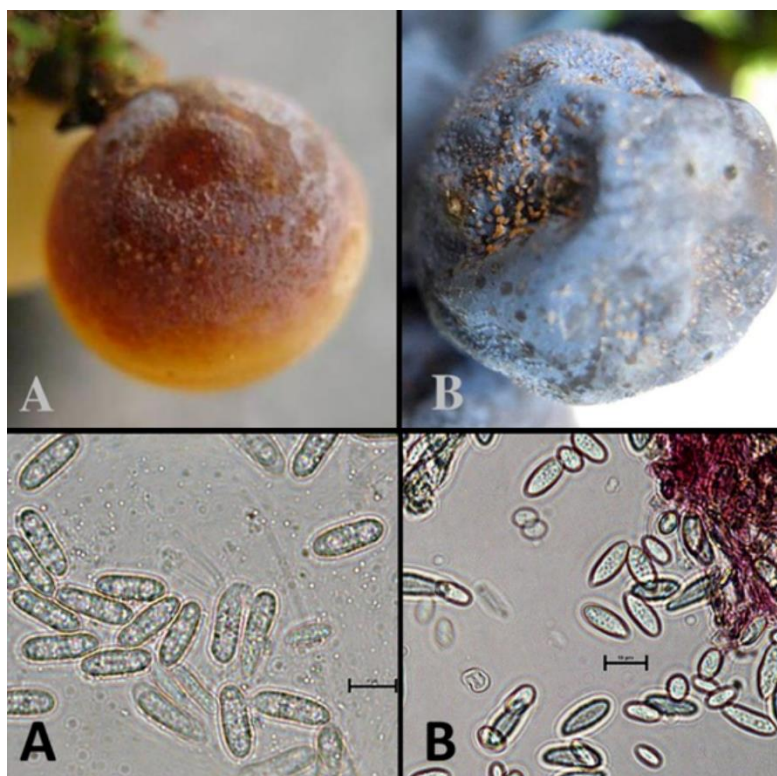
1.3.1.9 *Colletotrichum gloeosporioides*

Το είδος *C. gloeosporioides* ανήκει στους ασκομύκητες, στη τάξη Sordariomycetes, στη σειρά Phyllachorales και στην οικογένεια Phyllachoraceae (Gautam, 2014).

Το είδος *C. gloeosporioides* είναι ανάμεσα στα πιο ισχυρά φυτοπαθογόνα, προκαλώντας την ασθένεια της ανθράκωσης ή αλλιώς γνωστή ως κηλίδωση-σήψη των καρπών και των φύλλων (Bird eye rot) (Kamle & Kumar, 2016). Σε γενικό επίπεδο, το γένος *Colletotrichum* διαθέτει μεγάλο αριθμό ειδών, που προσβάλλουν φρούτα και λαχανικά σε τροπικά και σε υποτροπικά κλίματα (Siddiqui & Ali, 2014), ενώ δεν ευνοείται η εξάπλωσή τους στα εύκρατα κλίματα (Sharma & Kulshrestha, 2015). Το παθογόνο *C. gloeosporioides*, απαιτεί για την ανάπτυξή του υψηλά επίπεδα υγρασίας και θερμό περιβάλλον (Gautam, 2014). Σύμφωνα με τους Siddiqui & Ali (2014), σχεδόν κάθε καλλιέργεια παγκοσμίως, παρουσιάζει ευαισθησία τουλάχιστον σε ένα είδος *Colletotrichum*.

Το συγκεκριμένο είδος δρα ενεργά στους ξενιστές που μολύνει, όταν οι συνθήκες πληρούν τις προϋποθέσεις για την ανάπτυξή του, ενώ κατά τις περιόδους όπου επικρατεί ξηρότητα στο περιβάλλον τους παραμένει ανενεργό (Sharma & Kulshrestha, 2015). Αρχικά, το φυτοπαθογόνο επιδρά και παράγει σπόρια σε μη τραυματισμένους και ανώριμους καρπούς, όπου παραμένει σε κατάσταση λήθαργου εντός καρποφοριών που ονομάζονται ακέρβουλα (Gautam, 2014) στον υποδόριο χώρο των ξενιστών, έως ότου φθάσει η περίοδος ωρίμανσης τους (Siddiqui & Ali, 2014). Η είσοδος του παθογόνου, στην επιδερμίδα του ξενιστή βασίζεται σε σχηματισμούς (appressoria), που δίνουν τη δυνατότητα στον μύκητα να διεισδύσει στον υποδόριο ιστό (Gautam, 2014). Αφότου, το παθογόνο αρχίζει

να δρα, εμφανίζονται τα συμπτώματα της ανθράκωσης, τα οποία μπορεί να είναι σκούρες καστανές (Εικόνα 1.9), κυρίως ακανόνιστες μολύνσεις. Επιπλέον, σε υψηλά ποσοστά υγρασίας, είναι πιθανό να εκκριθούν και μάζες ροζ χρώματος, που αποτελούν τα σπόρια του μύκητα (Εικόνα 1.9) (Siddiqui & Ali, 2014). Η μετάδοση των κονιδίων συμβαίνει μέσω των βροχοπτώσεων ή του ανέμου και τα συμπτώματα παρουσιάζουν ποικιλία όταν προκύπτουν σε διαφορετικούς ξενιστές (Gautam, 2014).



Εικόνα 1.9. Προσβολή σταφυλιών από είδη του γένους *Colletotrichum* (πάνω A&B) και κονίδια του είδους *C. gloeosporioides* (κάτω αριστερά A) και του είδους *C. acutatum* (κάτω δεξιά B) (Oliver, 2016).

Όπως αναφέρεται στη βιβλιογραφία, διάφορες μελέτες έχουν αποκαλύψει πως η φύση της επιμόλυνσης στους ξενιστές του γένους *Colletotrichum*, μπορεί να διαφέρει. Το παθογόνο εμφανίζεται ως παράσιτο, ως ενδόφυτο ή ως σαπροφυτικός μύκητας της ομάδας των Ασκομυκήτων (Gautam, 2014). Το παθογόνο *C. gloeosporioides* υπάρχει σε δύο στάδια, το αγενές- ασεξουαλικό, που προκαλεί την ασθένεια της ανθράκωσης και το τέλειο στάδιο, όπου ονομάζεται

Glomerella cingulata (“Current Trends in Plant Disease Diagnostics and Management Practices,” 2016).

1.4 Βακτήρια και μετασυλλεκτικές ασθένειες

Τα βακτήρια αποτελούν μικροσκοπικούς, ζωντανούς, μονοκύτταρους οργανισμούς (Cleveland Clinic, 2022). Κάθε είδος βακτηρίου αναπτύσσεται και πολλαπλασιάζεται-διαιρείται με διαφορετικό τρόπο από όλα τα υπόλοιπα βακτήρια (Rogers & Kadner, 2018).

Οι επιστήμονες χρησιμοποιώντας μερικούς βασικούς άξονες, μπορούν να ταξινομήσουν τα βακτήρια. Οι κυριότεροι είναι μέσω της επιστημονικής τους ονομασίας, όπου περιλαμβάνεται το γένος και το είδος του βακτηρίου. Επίσης, η ανάγκη ή μη για ύπαρξη οξυγόνου για την ανάπτυξη των βακτηρίων, βοηθά στην ταξινόμησή τους. Έτσι, τα στελέχη των οποίων η ανάπτυξη απαιτεί τη παρουσία οξυγόνου, ονομάζονται αερόβια κι εκείνα που αναπτύσσονται μόνο απουσία οξυγόνου, αναερόβια. Παράλληλα υπάρχουν και τα προαιρετικά αερόβια βακτήρια, τα οποία έχουν τη δυνατότητα να επιβιώνουν και να αναπτύσσονται είτε παρουσία είτε απουσία οξυγόνου. (Cleveland Clinic, 2022). Τα σχήματα των βακτηρίων, είναι ακόμη ένα σημείο που διαφέρει από βακτήριο σε βακτήριο και μπορεί να είναι κόκκοι, ράβδοι, σπείρες, εμφανιζόμενα σε χαρακτηριστικές συσσωματώσεις, όπως σε ζεύγη, αλυσίδες, συστάδες (Baron, 1996); (Microbiology Society, 2021). Επόμενο χαρακτηριστικό, που βοηθά στη ταξινόμηση είναι ο γονότυπος κάθε βακτηριακού στελέχους, όπου με τη διεξαγωγή εξειδικευμένων εξετάσεων, προσδιορίζονται οι διαφορές μεταξύ των διαφόρων βακτηρίων. Τέλος, η ταξινόμηση μπορεί να γίνει με βάση τη χρώση Gram, όπου τα βακτήρια χωρίζονται σε Gram θετικά και Gram αρνητικά. Τα θετικά κατά Gram χρωματίζονται μπλε -μωβ, ενώ τα αρνητικά κατά Gram, κόκκινα- ροζ (Cleveland Clinic, 2022).

Αναφορικά με τον τρόπο αναπαραγωγής των βακτηρίων, τα περισσότερα στελέχη αναπαράγονται με τη διαδικασία της δυαδικής σχάσης, κατά την οποία κάθε βακτηριακό κύτταρο, διπλασιάζει το γενετικό του υλικό, το οποίο στη συνέχεια διαιρείται σε δύο μέρη, όπου κάθε θυγατρικό κύτταρο λαμβάνει ένα από τα

αντίγραφα του DNA (Cleveland Clinic, 2022). Η αναπαραγωγή για κάθε είδος βακτηρίου, είτε αποτελεί παθογόνο είτε σαπροφυτικό, συμβαίνει μέσω της δυαδικής σχάσης (Baron, 1996). Σχετικά μικρός αριθμός βακτηριακών στελεχών, είναι παθογόνα ή παρασιτούν σε φυτά (Microbiology Society, 2021).

Μία ακόμη σημαντική διαφορά μεταξύ των διαφορετικών βακτηρίων είναι, οι συνθήκες που είναι αναγκαίες για την ανάπτυξη και την επιβίωσή τους. Διαθέτουν συγκεκριμένες θρεπτικές απαιτήσεις ως προς τη πηγή άνθρακα, αζώτου, ανόργανων αλάτων, καθώς και μικροστοιχείων. Η προκαρυωτική ομάδα των βακτηρίων, διαθέτει μεταβολικές ικανότητες, διότι έχουν τη δυνατότητα να χρησιμοποιούν σχεδόν όλα τα είδη οργανικών ενώσεων, αλλά και μερικές ανόργανες ως πηγή ενέργειας (Rogers & Kadner, 2018).

Σε συνθήκες, όπου τα βακτήρια έρχονται αντιμέτωπα με επικίνδυνες φυσικές ή χημικές συνθήκες, σχηματίζουν αδρανείς δομές, τα ενδοσπόρια, τα οποία εμφανίζουν ανθεκτικότητα στις αλλαγές αυτές, όπως η θερμότητα, η ακτινοβολία ή τα απολυμαντικά που χρησιμοποιούνται για την καταπολέμηση των βακτηρίων (Microbiology Society, 2021).

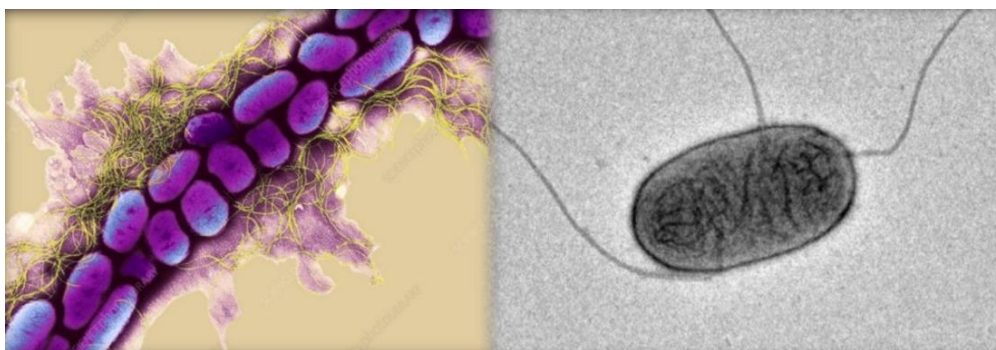
1.4.1 Κύρια βακτηριολογικά αίτια μετασυλλεκτικών ασθενειών

1.4.1.1 *Erwinia* spp.

Σύμφωνα με τους Aremu & Babalola (2015), το γένος *Erwinia* ανήκει στο φύλο Proteobacteria, στην κλάση των Gammaproteobacteria, στην τάξη Enterobacteriales και στην οικογένεια Enterobacteriaceae.

Τα είδη βακτηρίων που ανήκουν στο γένος *Erwinia* είναι κατά κύριο λόγο φυτοπαθογόνα (Kado, 2006) και προκαλούν ασθένειες σε καρπούς φρούτων και λαχανικών (Εικόνα 1.20), οι οποίες δύνανται να εκδηλωθούν τόσο στον αγρό, όσο και μετασυλλεκτικά, δηλαδή κατά τη μεταφορά και την αποθήκευση των συγκομισμένων νωπών προϊόντων, η οποία είναι και η συνηθέστερη περίοδος εμφάνισής τους (Fisheries, 2022); (Baylis, 2006). Δύο από τα πιο σημαντικά

φυτοπαθογόνα είδη του γένους είναι τα *E. carotovora* και *E. chrysanthemi* (Aremu & Babalola, 2015).



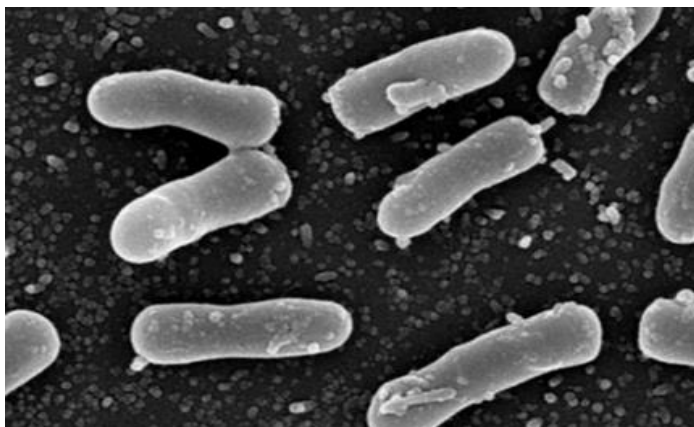
Εικόνα 1.4.1. Βακτήρια του είδους *E. carotovora* σε ηλεκτρονικό μικροσκόπιο (αριστερά) και το είδος *E. mallotivora* (δεξιά) (Amin et al., 2010).

Η μόλυνση των καρπών, συμβαίνει μέσω τραυματισμών που εμφανίζονται στην επιδερμίδα των φρούτων και των λαχανικών, οι οποίες είναι δυνατόν να έχουν προκληθεί από έντομα (Fisheries, 2022). Από τη μόλυνση των ειδών *Erwinia* προκαλείται στα φυτικά υποστρώματα μαλακή σήψη (soft rot), μέσω πηκτινολυτικών ενζύμων, που καταστρέφουν τις ποσότητες πηκτίνης, στις φλούδες των φρούτων και των λαχανικών, έχοντας ως αποτέλεσμα μία πολτώδη και υδαρή όψη, συνοδευόμενη από δυσάρεστες οσμές (Baylis, 2006). Η μαλακή σήψη ξεκινά από μικρές περιοχές των καρπών που καθίστανται υδαρείς και στη συνέχεια επεκτείνονται ώσπου ο ιστός μαλακώνει και τελικά καταρρέει ολικώς (Aremu & Babalola, 2015). Η εξάπλωση συμβαίνει, μέσω των βακτηρίων που παραμένουν σε υπολείμματα των καλλιεργειών και με τυχόν εκτόξευση νερού, εισέρχονται στους τραυματισμένους ιστούς (Fisheries, 2022). Αποτελεί ένα βακτηριακό γένος, που αναπτύσσεται και μεταδίδεται σε θερμά και ταυτόχρονα υγρά κλίματα. Τα βακτήρια αυτά αποτελούν μη σπορογόνους, προαιρετικά αναερόβιους, αρνητικούς κατά Gram και με ραβδοειδές σχήμα (Εικόνα 1.10) προκαρυωτικούς οργανισμούς.

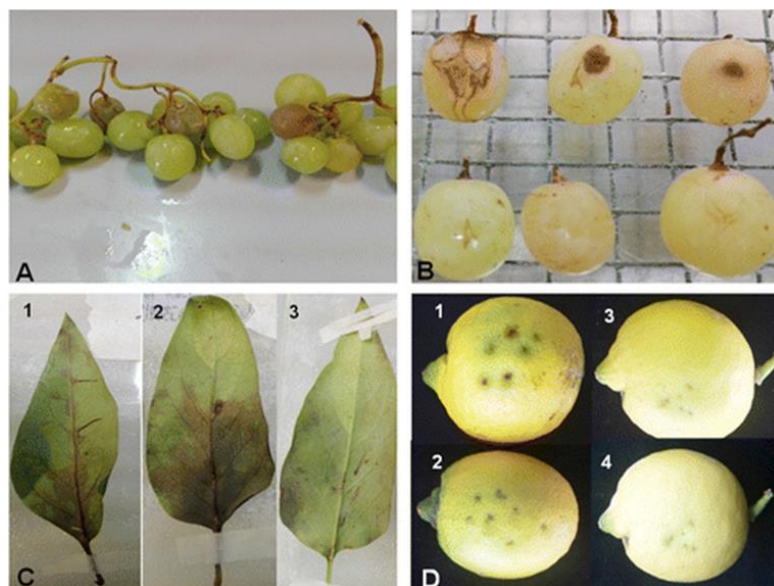
1.4.1.2 *Pseudomonas* spp.

Το γένος *Pseudomonas* κατατάσσεται στο φύλο των Proteobacteria, στην κλάση Gamma και στην τάξη Pseudomonadaceae (Diggle & Whiteley, 2019).

Το βακτηριακό γένος *Pseudomonas*. περιλαμβάνει μεγάλο αριθμό ειδών, η πλειοψηφία των οποίων είναι σαπροφυτικά (Baron, 1996). Τα είδη του έχουν είτε βακιλοειδές (Εικόνα 1.11), είτε ραβδόμορφο σχήμα (Aremu & Babalola, 2015), είναι αερόβια, μη σπορογόνα και αρνητικά κατά τη χρώση Gram. Μερικά από τα είδη δύνανται να είναι αναερόβια, μόνο με την παρουσία νιτρικών αλάτων (Zago & Chugani, 2009). Αποτελεί ένα από βακτήρια, που έχουν απομονωθεί παγκοσμίως από αποσυντιθέμενα φυτικά είδη. Η πρόσβαση των ειδών *Pseudomonas* στα φυτικά υλικά γίνεται μέσω φυσικών ανοιγμάτων (Aremu & Babalola, 2015).



Εικόνα 1.4.2. Μικροσκοπική απεικόνιση του γένους *Pseudomonas* spp. (Tsang et al., 2016).



Εικόνα 1.4.3. Πάνω A) Σήψη σε σταφύλι από το *Pseudomonas syringae* B) Συμπτώματα σε ράγες (πάνω σειρά) και υγιείς ράγες (κάτω σειρά). C) 1&2 Προσδιορισμός παθογένειας σε φύλλα πασχαλιάς και 3 Υγιής μάρτυρας D) 1&2 Βυθισμένες μαύρες κηλίδες σε λεμόνια και 3&4 Υγιείς μάρτυρες (Gerin et al., 2019).

Μεταξύ των σημαντικότερων ειδών *Pseudomonas* βρίσκεται το *P. syringae* (Diggle & Whiteley, 2019). Τα συμπτώματα της ασθένειας, που προκαλεί περιλαμβάνουν τον σχηματισμό κηλίδων στους φυτικούς ξενιστές (Zago A & Chugani, 2009) και την τελική κατάρρευση των προσβεβλημένων καρπών, οι οποίοι έχουν μαύρες κοιλότητες στη σάρκα τους με κίτρινες έως κόκκινες αλλοιώσεις περιφερειακά (Εικόνα 1.12) (“*Pseudomonas syringae* pv. *morsprunorum* (Bacterial Canker of Stone Fruits),” 2022).

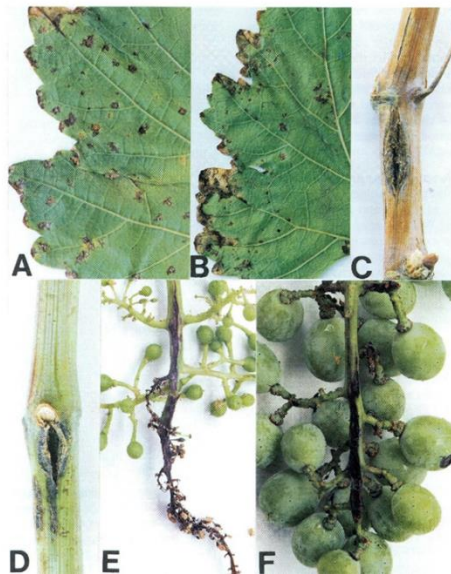
1.4.1.3 *Xanthomonas* spp.

Τα είδη του γένους *Xanthomonas* είναι μέλη της οικογένειας Pseudomonadaceae, ανήκουν στην κλάση των Schizomycetes και στην τάξη των Pseudomonadales (Sharma et al., 2014).

Τα βακτήρια του γένους *Xanthomonas* αποτελούν αερόβια, μη σπορογόνα και αρνητικά κατά τη χρώση Gram βακτήρια, με σχήμα ραβδοειδές, η πλειονότητα των οποίων είναι φυτοπαθογόνα (Sharma et al., 2014) (Εικόνα 1.13). Η είσοδος τους στους φυτικούς ξενιστές πραγματοποιείται μέσω τραυματισμών των καρπών και συνήθως έπειτα από προηγούμενη επιμόλυνση από βακτήρια του γένους *Erwinia* spp. (Aremu & Babalola, 2015).



Εικόνα 1.4.4. Απεικόνιση του είδους *X. citri* στο μικροσκόπιο (Showmaker et al., 2017).



Εικόνα 1.4.5. Βακτηριακός καρκίνος σε αμπέλι ποικιλίας Red Globe, από το *Xanthomonas campestris* pv. *viticola*: A) Κηλίδες στα φύλλα. B) Περιφερειακή

νέκρωση. C και D) - Έλκη στις κληματίδες E) Νεκρωμένη ταξικαρπία. F) Νεκρωμένη ράχη σταφυλιού και νεκρωτική κηλίδα σε μία ράγα (Lima, 1999).

Οι θερμοκρασίες στις οποίες ευδοκίμει η ανάπτυξη των βακτηρίων *Xanthomonas* είναι μεταξύ 25-27 °C (Sharma et al., 2014). Η ανάπτυξή τους και η μόλυνση των διάφορων φυτικών προϊόντων, μεταξύ των οποίων βρίσκεται η τομάτα, τα σταφύλια (Εικόνα 1.14) και τα εσπεριδοειδή, προκαλεί ασθένεια με την πιο διαδεδομένη να είναι ο καρκίνος των εσπεριδοειδών. Όσον αφορά τον κύκλο ζωής του γένους *Xanthomonas* διαβαίνει από δύο στάδια, τα οποία είναι το επιφυτικό και το ενδοφυτικό. Το επιφυτικό στάδιο αποτελεί τη φάση αποίκησης στους ξενιστές και το ενδοφυτικό την είσοδο των στελεχών στο εσωτερικό του φυτού μέσω ανοιχτών πληγών και κίνηση εντός των φυτικών ιστών (Nakayinga et al., 2021).

1.5 Επιδημιολογία των μετασυσλλεκτικών ασθενειών

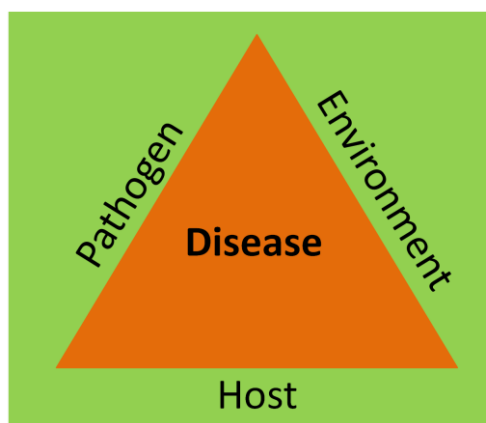
Η εμφάνιση μετασυσλλεκτικών ασθενειών στα παραγόμενα προϊόντα, αποτελεί αποτέλεσμα μολύνσεων από παθογόνους μικροοργανισμούς κατά τη διάρκεια της συγκομιδής, της μεταφοράς και της αποθήκευσής τους, μέσω ανοιχτών τραυμάτων. Παρόλο που οι μετασυσλλεκτικές ασθένειες εμφανίζονται εκτός των καλλιεργειών, οι περισσότερες από αυτές είναι αποτέλεσμα προσβολών που συμβαίνουν πριν τη συλλογή (Michailides et al., 2009).

Επιδημιολογία είναι η μελέτη των διάφορων παραγόντων, οι οποίοι είναι καθοριστικοί για την εμφάνιση και την εξάπλωση μιας ασθένειας σε έναν πληθυσμό. Ακολουθεί η μόλυνση των ξενιστών από μικροοργανισμούς, ο πολλαπλασιασμός και η διάδοση μετάδοσή τους στο περιβάλλον (Baron, 1996).

Η γνώση της επιδημιολογίας μίας ασθένειας στα φυτά είναι σημαντική και απαραίτητη για την πρόληψη της εμφάνισης κινδύνων κατά την ανάπτυξη των φυτών στις καλλιεργείες, αλλά και κατά τη μετασυσλλεκτική περίοδο. Γύρω από

την επιδημιολογία των ασθενειών βρίσκονται μεταβλητές, όπως η παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών, η ευαισθησία που παρουσιάζει κάθε ξεχωριστή καλλιεργητική περιοχή σε μολύνσεις, οι κλιματικές συνθήκες που επικρατούν, καθώς και οι καλλιεργητικές τεχνικές που εφαρμόζουν οι καλλιεργητές προσπαθώντας να μεταβάλουν και να ελαττώσουν τη δυναμική των ασθενειών στις εκτάσεις τους (Michailides et al., 2009).

Συνεπώς, για την ανάπτυξη και εξάπλωση μιας ασθένειας στις γεωργικές εκτάσεις, χρειάζεται να πληρούνται ορισμένες προϋποθέσεις (Introduction to Root Diseases – Disease Triangle | PRO-MIX, 2016). Οι παράγοντες αυτοί αποτυπώθηκαν από τον επιστήμονα Stevens το 1960 (FrancI, 2001), με ένα σχήμα, τον οποίο ονόμασε «Τρίγωνο της ασθένειας» (Disease triangle). Στο σχήμα αυτό αποτυπώνονται οι 3 συνθήκες που είναι αναγκαίες και αλληλεπιδρούν μεταξύ τους, ώστε να προκύψει τελικά μια ασθένεια. Οι τρεις βασικές πλευρές του τριγώνου είναι: ο διαθέσιμος ξενιστής (Host), το παθογόνο (Pathogen) και το περιβάλλον (Environment), όπως φαίνεται και στην Εικόνα 1.5.1. Επιπλέον στους παράγοντες, λαμβάνεται υπόψιν και ο χρόνος, καθώς διάφοροι επιστήμονες υποστηρίζουν ότι η ένταση μιας ασθένειας επηρεάζεται από τη διάρκεια αλληλεπίδρασης των τριών βασικών, αρχικών παραγόντων (FrancI, 2001).



Εικόνα 1.5.1. Απεικόνιση του τριγώνου ασθένειας, όπου σε κάθε πλευρά αντιστοιχεί ένας παράγοντας πρόκλησης ασθένειας, δηλαδή ο ξενιστής, το παθογόνο αίτιο και οι περιβαλλοντικές συνθήκες (FrancI, 2001).

Η μετάδοση του παθογόνου αιτίου , αποτελεί τον τρόπο με τον οποίο η μόλυνση μεταφέρεται στον ξενιστή. Οι πιθανοί τρόποι μεταφοράς είναι μέσω επαφής με τον επιμολυντικό παράγοντα, εξαιτίας κάποιου φορέα (πχ εντόμου, πτηνού, ανθρώπου κλπ.) ή μέσω του αέρα και του νερού (Baron, 1996).

Η τρίτη κορυφή του τριγώνου αναφέρει ως βασικό παράγοντα, τις περιβαλλοντικές συνθήκες, οι οποίες περιλαμβάνουν τη θερμοκρασία του κλίματος, το ποσοστό υγρασίας, τη συχνότητα των βροχοπτώσεων, το ποσοστό διαθέσιμης φωτεινότητας και οι ριπές του ανέμου.

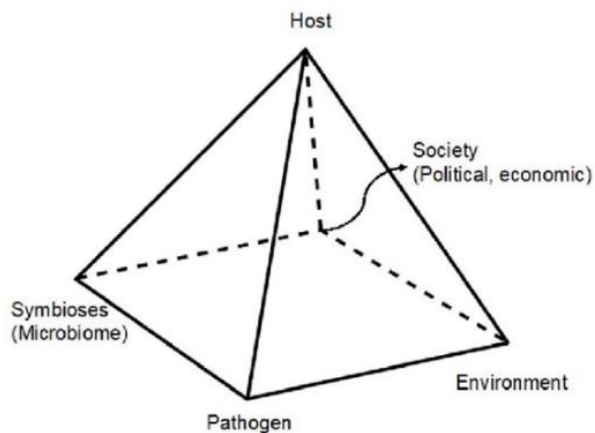
Εστιάζοντας στους τρεις παράγοντες του τριγώνου, υπάρχουν κριτήρια που επηρεάζουν κάθε έναν από αυτούς. Οι φυτοπαθογόνοι μικροοργανισμοί, επηρεάζονται από την ικανότητά τους στις διάφορες προσαρμογές, από τη δυναμική της μολυσματικότητάς τους, αλλά και τη ταχύτητα αναπαραγωγής τους. Έπειτα, οι σημαντικότεροι παράμετροι για τον κατάλληλο ξενιστή είναι η ανοσολογική τους κατάσταση, η γενετική τους δομή και η ηλικία.

Επιπρόσθετο ρόλο στην εκδήλωση μιας νόσου διαδραματίζουν και διάφορα οικολογικά κριτήρια, που πιθανόν να επηρεάζουν τον βαθμό ευαισθησίας των φυτών αλλά και τη γονιμότητα του φυτοπαθογόνου. Αυτά μπορεί να είναι: η βιοποικιλότητα, η ποσότητα και οι συμβιωτικές ή μη σχέσεις των παθογόνων με άλλους οργανισμούς στις καλλιέργειες (Disease Triangle: Plants, Model & Concept | StudySmarter, 2016).

Με τη βοήθεια του τριγώνου της ασθένειας διευκολύνεται η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο γίνεται η ανάπτυξη των ασθενειών σε έναν ξενιστή και έτσι, είναι δυνατή η πιο αποτελεσματική πρόληψη, η διαχείριση ή ακόμη και η εξάλειψη τους από τους ερευνητές και τους επιδημιολόγους.

Μερικές απόψεις φυτοπαθολόγων ως προς το ζήτημα των παραγόντων που επηρεάζουν την εκδήλωση και τον βαθμό σοβαρότητας των ασθενειών αναφέρονται στην αναγκαία προσθήκη του ανθρώπινου παράγοντα στο σχήμα του τριγώνου. Στη πραγματικότητα, αυτή η πρόταση επαληθεύεται εάν ληφθούν υπόψη οι διάφορες καλλιεργητικές πρακτικές (γενετική τροποποίηση, άρδευση, υδροπονία), που επηρεάζουν τόσο τον κύκλο ζωής των παθογόνων όσο και των ξενιστών (Scholthof, 2006).

Έπειτα από σχεδόν 100 χρόνια από τη δημοσίευση του τριγώνου παρατηρείται έντονη και διευρυμένη εξάπλωση παθογόνων και παρασιτικών μικροοργανισμών ανά το κόσμο. Η ταχύτητα της διάδοσής τους λόγω της παγκοσμιοποίησης της αγοράς έχει επιτρέψει τη δημιουργία γενετικής ποικιλομορφίας των μικροοργανισμών σε παγκόσμιο επίπεδο. Διανύοντας περίοδο κλιματικής αλλαγής, η εξάπλωση των παθογόνων εγκυμονεί κινδύνους για μολύνσεις σε νέες περιοχές και πιθανόν περιορισμό των ήδη υπαρχόντων μικροοργανισμών στις περιοχές αυτές. Οι συμβουλές των επιστημόνων επάνω στις αρνητικές εκτάσεις που λαμβάνει η εξάπλωση των παθογόνων στις καλλιέργειες παγκοσμίως είναι πολυάριθμες. Η εφαρμογή των επιστημονικών καθοδηγήσεων ελέγχεται, σχεδόν αποκλειστικά από πολιτικοοικονομικές αποφάσεις, γεγονός που είναι αδύνατον να μη ληφθεί υπόψιν στους παράγοντες ανάπτυξης μιας ασθένειας. Συνεπώς, έχουν δημιουργηθεί νέοι προτεινόμενοι σχηματισμοί του τριγώνου που περιλαμβάνουν και άλλους παράγοντες ως υπεύθυνους για την ανάπτυξη μίας ασθένειας, ένας εκ των οποίων φαίνεται στην Εικόνα 1.5.2. (Slippers, 2020).



Εικόνα 1.5.2. Πρόσφατη απεικόνιση των παραγόντων της ανάπτυξης της ασθένειας με τη μορφή ενός τετραέδρου με προσθήκη των συμβιωτικών σχέσεων μεταξύ των οργανισμών και των κοινωνικών παραγόντων (πολιτικοοικονομικών), που επηρεάζουν την εξάπλωση των ασθενειών σε παγκόσμιο επίπεδο (Slippers, 2020).

1.6 Διάγνωση μετασυλλεκτικών ασθενειών

Η διάγνωση μίας ασθένειας σε μετασυλλεκτικό επίπεδο στα φυτά γενικότερα και ειδικότερα στα προϊόντα αυτών, είναι δυνατόν να γίνει μέσω μακροσκοπικής, μικροσκοπικής διάγνωσης (Eh Teet & Hashim, 2023), μέσω απομόνωσης και πολλαπλασιασμού του μικροοργανισμού/παθογόνου αιτίου στο εργαστήριο, καθώς και με τη χρήση μοριακών τεχνικών.

Η διάγνωση με μακροσκοπικό τρόπο γίνεται με βάση τα ορατά δια γυμνού οφθαλμού συμπτώματα, που προκαλούν τα παθογόνα στα φυτά. Τα συμπτώματα, τα οποία είναι διακριτά χωρίς τη χρήση μικροσκοπίου ή κάποιου φακού, αντικατοπτρίζουν τις διάφορες ανώμαλες επιδράσεις που έχει μια ασθένεια στους ιστούς και στα κύτταρα του φυτικού υλικού. Αυτά ταξινομούνται σε τέσσερις κατηγορίες συμπτωμάτων: τα προνεκρωτικά, τα νεκρωτικά, τα υποπλαστικά (αφορούν η εμφάνιση ελλιπούς ανάπτυξης ενός φυτικού υλικού) και τα υπερπλαστικά (αποτελούν αποτέλεσμα μη φυσιολογικής ανάπτυξης και εμφάνιση υπερπλασίας) (Unit 1 MODULE 4 CONCEPT of PLANT DISEASES); (Plant Disease - Symptoms, Causes, Control | Britannica).

Τα συμπτώματα αυτά, περιλαμβάνουν την παρουσία μυκηλίου ενός ή περισσότερων μυκήτων, για το οποίο παρατηρούνται τόσο το μέγεθος όσο και τα χαρακτηριστικά της εμφάνισης του φυτοπαθογόνου, τον αποχρωματισμό που τυχόν προκαλούν στον φυτικό ξενιστή και τη χαρακτηριστική οσμή που παράγεται από την παρουσία σήψης. Στη περίπτωση, όπου δεν είναι φανερό κάποιο χαρακτηριστικό σύμπτωμα μακροσκοπικά, η διαδικασία διάγνωσης μεταφέρεται στο εργαστήριο για περαιτέρω αναλύσεις των φυτικών υλικών (Głos et al., 2022).

Οι μέθοδοι διάγνωσης με χρήση μικροσκοπίου προσφέρουν μεγαλύτερη αξιοπιστία από ότι οι μακροσκοπικές μέθοδοι (Eh Teet & Hashim, 2023). Ορισμένες φορές, στην περίπτωση των μυκητιακών παθογόνων παρουσιάζονται παρόμοια χαρακτηριστικά μεταξύ των διάφορων ειδών και η διάκρισή τους γίνεται με βάση το σχήμα, το μέγεθος και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά κάθε γένους. Παρ' όλα αυτά δεν είναι σε κάθε περίπτωση δυνατή η ταυτοποίηση των μυκήτων, από την εμφάνιση των σπορίων τους (Momol et al., 2008). Σημαντική επισήμανση ως προς την ορθή χρήση του μικροσκοπίου είναι πως κατά την εξέταση των μυκηλιακών υφών των μυκήτων, θα πρέπει να βρίσκονται σε χρήση οι φακοί χαμηλής ισχύος, ώστε να καταστεί εφικτή η εύρεση του σημείου της αντικειμενοφόρου πλάκας, όπου μπορεί να γίνει σαφής παρατήρηση των δομών (Pitt & Hocking, 2009). Παρακάτω αναφέρονται αναλυτικά οι μέθοδοι απομόνωσης, απαρίθμησης και ταυτοποίησης των μυκήτων:

A) Δειγματοληψία

Πρωταρχικό ρόλο στην επιτυχία μίας πειραματικής έρευνας κατέχει η σωστή δειγματοληψία και κατά συνέπεια τα σωστά αποτελέσματα των αναλύσεων. Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, έχουν καταγραφεί μέθοδοι δειγματοληψίας για πολλά τρόφιμα τα οποία διατίθενται «χύμα», δηλαδή προϊόντα, όπως και τα επιτραπέζια σταφύλια. Όμως, συγκεκριμένα για τα σταφύλια δεν έχει υπάρξει συγκεκριμένη καθοδήγηση ως προς τη σωστή και αποτελεσματική δειγματοληψία.

Β) Απαρίθμηση μυκήτων

Η καταμέτρηση των διαφόρων μυκήτων, καθώς και των αποικιών αυτών μπορεί να συμβεί με δύο τρόπους, σύμφωνα με τους Pitt and Hocking:

- Η άμεση μόλυνση τρυβλίων με δείγματα τροφίμων, η οποία είναι κατάλληλη για την εξέταση, τη καταμέτρηση και την ταυτοποίηση των μυκήτων που αναπτύσσονται σε στερεά τρόφιμα. Τα σωματίδια των τροφίμων που χρησιμοποιούνται, αρχικά απολυμαίνονται και έπειτα τοποθετούνται σε στερεοποιημένο θρεπτικό μέσο με άγαρ. Η συγκεκριμένη μέθοδος καλλιέργειας εφαρμόστηκε στη παρούσα πειραματική έρευνα, με σκοπό τη ταυτοποίηση των μυκήτων, που αναπτύσσονται σε μετασυλλεκτικό στάδιο στα επιτραπέζια σταφύλια.

- Η μόλυνση τρυβλίων μετά από διαδοχικές αραιώσεις, που χρησιμοποιείται για την ανάλυση υγρών ή κονιοποιημένων τροφίμων. Σημαντικό και στις δύο τεχνικές είναι το μέγεθος των δειγμάτων, το οποίο απαιτείται να είναι όσο το δυνατόν μεγαλύτερο. Οι διαδοχικές αραιώσεις πραγματοποιούνται τόσο στη μυκητολογία, όσο και στη βακτηριολογία. Με το πέρας της διαδικασίας των αραιώσεων, διασπείρεται ποσότητα του αραιωμένου διαλύματος στα τρυβλία προς επώαση και τέλος προς απαρίθμηση.

Για να είναι αποδοτική μία καταμέτρηση μυκήτων γενικού σκοπού, το μέσο πρέπει να πληροί μερικές προϋποθέσεις, όπως το να αναστέλλει πλήρως την βακτηριακή ανάπτυξη, να μην επηρεάζει την ανάπτυξη των τροφιμογενών μυκήτων, όπως οι νηματοειδείς ή οι ζυμομύκητες, να είναι διατροφικά επαρκές και να μπορεί να υποστηρίξει την ανάπτυξη απαιτητικών ειδών μυκήτων, να μειώνει την ανάπτυξη ταχέως εξαπλούμενων μυκήτων, χωρίς να εμποδίζει όμως την ανάπτυξή τους, να επιβραδύνει την ακτινική ανάπτυξη όλων των μυκήτων, έτσι ώστε να επιτρέπεται η απαρίθμηση ενός αριθμού αποικιών εντός λογικών πλαισίων ανά τρυβλίο και να αναστέλλει την ανάπτυξη μη σχετικών με την αλλοίωση των τροφίμων μυκήτων (John I. Pitt, Ailsa D. Hocking, 2022).

Γ) Τεχνικές απομόνωσης μυκήτων

Ένα από τα συνηθέστερα θέματα που προκύπτουν κατά την απομόνωση μυκήτων είναι πως κατά την ανάπτυξη των μυκήτων, συνήθως αναπτύσσονται πάνω από ένα είδος μυκήτων, κάτι το οποίο προκαλεί σύγχυση και καθιστά επιτακτική την ανάγκη για τη δημιουργία καθαρής καλλιέργειας κάθε ενός από τα διάφορα είδη των μυκήτων. Επιπλέον, μια συχνή περίπτωση είναι η μικτή ανάπτυξη μυκήτων με ζύμες ή με βακτήρια.

Υπάρχουν δύο κατά κύριο λόγο μέθοδοι απομόνωσης: οι άμεσες και οι επιλεκτικές, όπου και οι δύο χρησιμοποιούνται σε χώρους μυκητολογικών εργαστηρίων.

- Άμεση μέθοδος: Αυτός ο όρος περιγράφει την τεχνική απομόνωσης, όπου γίνεται απλή μεταφορά ενός μύκητα, μέσω υφών ή σπορίων του, σε φρέσκο στερεοποιημένο θρεπτικό υλικό, κατά προτίμηση κοντά στο κέντρο του τρυβλίου, διότι με τον τρόπο αυτό θα επιτραπεί η καλύτερη ανάπτυξη αποικιών.
- Επιλεκτική μέθοδος: Σε αυτή τη περίπτωση, επιτρέπεται στους μικροοργανισμούς, οι οποίοι αποτελούν δευτερεύον συστατικό της μικροβιακής χλωρίδας του υλικού που έχουν προσβάλλει, να απομονωθούν. Το αποτέλεσμα αυτό επέρχεται με χρήση επιλεκτικών θρεπτικών ουσιών, συγκεκριμένες τιμές θερμοκρασιών, με έκθεση σε συνθήκες στρες και γενικότερα με τεχνικές που εστιάζουν στην ευνοϊκή ανάπτυξη του μικροοργανισμού- στόχου σε σχέση με την υπόλοιπη μυκοχλωρίδα (Al-mohanna, Moshtaq, 2016).

Δ) Συνθήκες επώασης μικροοργανισμών

Οι τυποποιημένες συνθήκες επώασης, που καθορίζονται από τη Διεθνή Επιτροπή Τροφίμων (ICFM) για τις μυκητολογικές αναλύσεις είναι οι 25°C για 5 μέρες. Χωρίς αμφιβολία, η θερμοκρασία αυτή είναι η πιο κατάλληλη για εργασίες ρουτίνας σε εύκρατα κλίματα, όπως της Ελλάδας, έως και σε υποτροπικά κλίματα. Θερμοκρασίες ανώτερες των 30°C δεν γίνονται αποδεκτές, εκτός μερικών περιπτώσεων για την επώαση σημαντικών ειδών *Penicillium*.

Σημαντικό να ακολουθείται στις επώσεις των μυκήτων είναι τα τρυβλία Petri πρέπει να αποθηκεύονται σε όρθια θέση, καθώς εάν τοποθετηθούν διαφορετικά

υπάρχει κίνδυνος να αποβληθεί υψηλός αριθμός σπορίων τόσο στο καπάκι, όσο και κατά τη διαχείριση των δειγμάτων (John I. Pitt, Ailsa D. Hocking, 2022).

Τα περισσότερα είδη μυκήτων ευδοκιμούν σε συνθήκες θερμές, όξινες, αερόβιες και με πηγές σακχάρων. Η ανάπτυξη των μυκήτων σε διάφορες θερμοκρασίες εξαρτάται όχι μόνο από το γενετικό υπόβαθρο του είδους, αλλά και από άλλες φυσικές παραμέτρους ανάπτυξης, καθώς και από τη διαθεσιμότητα των απαραίτητων θρεπτικών συστατικών.

Για την ανάπτυξη των περισσότερων μυκητιακών ειδών, απαιτείται υψηλή ενεργότητα νερού a_w με κατώτερο όριο να είναι 0,65, διότι το νερό είναι απολύτως απαραίτητο για τον μεταβολισμό των μυκήτων.

Αναφορικά με το pH, η πλειοψηφία των μυκήτων είναι οξύφιλοι και η ιδανική τιμή pH είναι μεταξύ 4 και 6. Άλλες φυσικές παράμετροι που επηρεάζουν τη φυσιολογία των μυκήτων είναι η ακτινοβολία, επειδή προκύπτουν διαφοροποιήσεις στη δομή του μυκηλίου και παραγωγή σπορίων, ο αερισμός, η πίεση κ.α. (Graeme M. Walker and Nia A. White, 2018).

Ε) Ταυτοποίηση και ταξινόμηση

Συνήθως η ταυτοποίηση των ειδών των μυκήτων συμβαίνει με βάση τα μορφολογικά χαρακτηριστικά των αποικιών, των κονιδίων και των κονιδιογενών κυττάρων. Χαρακτηριστικό στην ανάπτυξη των μυκήτων, είναι η δημιουργία υφών, οι οποίες παρατηρούνται στο εργαστήριο με τη βοήθεια του στερεοσκοπίου και του μικροσκοπίου. Οι υφές αυξάνονται με μία διαδικασία που ονομάζεται ακραία επιμήκυνση, διατηρώντας πολύ προσεκτική ισορροπία μεταξύ των κυττάρων λύσης του κυτταρικού τοιχώματος και της σύνθεσης νέου κυτταρικού τοιχώματος.

Επίσης, μερικές μούχλες διαφοροποιούνται παράγοντας ειδικά κύτταρα, τα οποία μοιάζουν με ασκούς και ονομάζονται σποράγγεια, από τη διάσπαση των οποίων απελευθερώνονται εκατοντάδες σπόρια, που ονομάζονται σποραγγειοσπόρια. Τα σποράγγεια, συνήθως, σχηματίζονται σε ειδικές υφές, τα σποραγγειοφόρα.

Η χαρακτηριστική ονομασία που δίνεται σε κάθε ξεχωριστό μύκητα είναι διωνυμική, δηλαδή πρώτα το όνομα του γένους στο οποίο ανήκει και ακολουθείται από το όνομα του γένους του, γραμμένα και τα δύο με πλάγια γράμματα ή υπογραμμισμένα. Η ταξινόμηση με αυτό τον τρόπο άρχισε από τον Linnaeus το 1753, αποτελώντας τον ακρογωνιαίο λίθο της βιολογικής επιστήμης (Al-mohanna, Moshtaq, 2016).

Εφόσον κάθε μικροοργανισμός απαιτεί διαφορετικές συνθήκες ανάπτυξης και έχει διατροφικές ανάγκες είναι φυσιολογικό να χρειάζεται και ξεχωριστό τύπο θρεπτικού μέσου (Singh, 2022).

Τα περισσότερα από το πλήθος των παθογόνων που προσβάλλουν τις φυτικές Η καλλιέργεια των διάφορων φυτοπαθογόνων στα θρεπτικά υλικά αποτελεί μία προσπάθεια μίμησης του φυσικού περιβάλλοντος, όπου αναπτύσσεται ο κάθε ένας μικροοργανισμός. Ως εκ τούτου, οι επιστήμονες δημιουργούν θρεπτικά μέσα με βάση τα μικροβιακά είδη που επρόκειτο να καλλιεργηθούν. Κατά βάση, τα θρεπτικά μέσα είναι αναγκαίο να περιέχουν μια πηγή άνθρακα, μια πηγή αζώτου και κάποια ιχνοστοιχεία. Πριν τον εμβολιασμό με τα παθογόνα στα μέσα είναι σημαντικό να ελέγχεται και να ρυθμίζεται το pH της καλλιέργειας, σύμφωνα με τις απαιτήσεις ανάπτυξης των μικροοργανισμών.

Γενικότερα, τα μέσα καλλιέργειας ταξινομούνται με βάση τη συνοχή τους, σύμφωνα με τα θρεπτικά συστατικά και ανάλογα με τις εφαρμογές που βρίσκουν (Singh, 2022).

Στη διάγνωση μιας ασθένειας υπάρχουν κάποια σημεία στα οποία πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή. Αρχικά, είναι αναγκαίο να είναι εφικτή από τους ερευνητές η αναγνώριση της φυσιολογικής, υγιούς εμφάνισης των φυτικών είδους. Έπειτα, γίνεται ο προσδιορισμός των εμφανών συμπτωμάτων στα δείγματα, όπως μπορεί να είναι η υπανάπτυξη, η υπερανάπτυξη ή ο μαρασμός, νέκρωση των φυτικών τμημάτων.

Επόμενο στάδιο αποτελεί η εργαστηριακή επώαση του μολυσμένου φυτικού υλικού με την τοποθέτησή του σε υγρούς θαλάμους και διατήρηση του σε

θερμοκρασία δωματίου. Στο στάδιο αυτό, είναι πιθανή η αύξηση της σποροποίησης και η περαιτέρω απόκτηση συμπτωμάτων.

Με το πέρας της επώασης στους υγρούς θαλάμους, τεμάχια μολυσμένου υλικού τοποθετούνται στα θρεπτικά υλικά και μετά την ανάπτυξή του μικροοργανισμού ή των μικροοργανισμών τα παθογόνα αυτά απομονώνονται σε καθαρή καλλιέργεια. Έτσι, στη συνέχεια πρέπει να γίνει η ταυτοποίηση των παθογόνων, για την οποία χρειάζεται εξειδικευμένη εκπαίδευση, ώστε να γίνει ορθή διάγνωση (Riley et al., 2002). Κατά τη χρήση του μικροσκοπίου, παρατηρείται η μορφολογία των σπορίων, τα οποία είναι χαρακτηριστικά κάθε είδους μύκητα (Narayanasamy, 2005).

Στις περιπτώσεις όπου η παρατήρηση ενός παθογόνου είναι ανέφικτη με το μικροσκόπιο, η καλλιέργεια του σε θρεπτικό υλικό αποτελεί σημαντικό βήμα για μετέπειτα δοκιμές. . Οι μοριακές μέθοδοι, όπως είναι η αλυσιδωτή αντίδραση της πολυμεράσης (PCR) έχουν ως άμεσο στόχο το γενετικό υλικό ή γονιδίωμα των φυτοπαθογόνων και βασίζονται στην αναζήτηση αλληλουχιών των νουκλεϊκών οξέων, οι οποίες είναι μοναδικές για κάθε παθογόνο και έτσι γίνεται με ακρίβεια η διάγνωση των ασθενειών.

Το έτος 1993 απονεμήθηκε βραβείο Νόμπελ στον C. Milstein για την ενίσχυση των αλληλουχιών των νουκλεϊκών οξέων με τη χρήση της τεχνολογίας PCR. Αρχικά, η μέθοδος PCR χρησιμοποιούταν για την ανίχνευση ασθενειών προκαλούμενων από βακτήρια και ιούς. Με την εξέλιξη της μεθόδου βρίσκει πλέον εφαρμογή και στην ανίχνευση άλλων φυτοπαθογόνων αιτιών (Fang & Ramasamy, 2015). Πιο συγκεκριμένα, η μέθοδος PCR αποτελεί μια ευαίσθητη μοριακή μέθοδο ανίχνευσης των παθογόνων στα φυτικά υλικά (Narayanasamy, 2005). . Περιλαμβάνει τη δημιουργία πολλαπλών αντιγράφων, κατ' επιλογήν, ενός μικρού τμήματος του γενετικού υλικού ενός παθογόνου. Στην περίπτωση, όπου το παθογόνο είναι παρόν σε ένα φυτικό δείγμα, τα βήματα ενίσχυσης του πολλαπλασιασμού που ακολουθεί η μέθοδος PCR επιτρέπουν την ανίχνευσή του. Τα τελευταία δέκα χρόνια οι επιστήμονες στον κλάδο της μοριακής βιολογίας, έχουν ανιχνεύσει γενετικούς δείκτες για έναν μεγάλο αριθμό διαθέσιμων

παθογόνων (Laboratory Testing for Grapevine Diseases | Lodi Growers, n.d.). Επιπλέον, εκτός της βασικής τεχνολογίας της PCR έχουν αναπτυχθεί προηγμένες μέθοδοι PCR, όπως η μέθοδος PCR αντίστροφης μεταγραφής (RT-PCR), η οποία είναι εξίσου χρήσιμη στην ανίχνευση των παθογόνων των φυτών, η Nested PCR, η πολλαπλή (“Current Trends in Plant Disease Diagnostics and Management Practices,” 2016), καθώς και οι πλατφόρμες που υποστηρίζουν μεθόδους PCR σε πραγματικό χρόνο, για ταχεία διάγνωση μελετώντας τις αλληλουχίες των νουκλεϊκών οξέων των παθογόνων (Fang & Ramasamy, 2015). Έτσι, στην πραγματικότητα η αλυσιδωτή αντίδραση της πολυμεράσης είναι μία τυπική μέθοδος για τον ποσοτικό προσδιορισμό βιολογικών δεικτών που ανιχνεύουν τα νουκλεϊκά οξέα των παθογόνων, για τη διάγνωση των ασθενειών (Lee et al., 2022). Η σημαντικότερη διαδικασία, από την αποτελεσματικότητα της οποίας εξαρτάται η επιτυχία μιας διάγνωσης με PCR είναι η εκχύλιση του γενετικού υλικού από τα φυτικά υλικά που εξετάζονται (Fang & Ramasamy, 2015). Επιπλέον, για την πραγματοποίηση των αναλύσεων της μεθόδου PCR, είναι αναγκαίος ο ειδικός εξοπλισμός και τα εξειδικευμένα αντιδραστήρια (Riley et al., 2002).

Εκτός της μεθόδου PCR, ευρέως γνωστή για την ανίχνευση ασθενειών είναι και η ανοσοενζυμική μέθοδος ELISA (Enzyme-linked Immunosorbent Assay). Η αρχή της μεθόδου στηρίζεται στην έγχυση μικροβιακών πρωτεϊνών μίας επιλεγμένης φυτικής ασθένειας σε κάποιο πειραματόζωο, το οποίο παράγει αντισώματα εναντίον της συγκεκριμένης ασθένειας. Τα αντισώματα αυτά, αναμιγνύονται με χρωστική που φθορίζει και ένζυμα για την ασθένεια, ώστε να μπορέσει να επαληθευθεί η παρουσία ή μη της νόσου στα φυτά (Habib & Rizk, 2022).

1.7 Αντιμετώπιση των μετασυλλεκτικών ασθενειών

Η μετασυλλεκτική διαχείριση και αντιμετώπιση των ασθενειών μπορεί να περιγραφεί ως η χρήση τεχνικών με σκοπό την αύξηση της διάρκειας ζωής και διατήρησης της ποιότητας των νωπών προϊόντων (Singh et al., 2021). Καθώς ο επισιτισμός είναι ένα φαινόμενο που μαστίζει εκατομμύρια περιοχές ανά τον

κόσμο, ένας από τους κυριότερους λόγους που συμβαίνει είναι οι υπέρογκες απώλειες των παραγόμενων τροφίμων. Η σπατάλη αυτή συμβαίνει κατά κύριο λόγο κατά την προσυλλεκτική περίοδο, όπου οι ασθένειες εξαπλώνονται δίχως όριο στις καλλιέργειες και επηρεάζουν ανεπτυγμένες και μη περιοχές, έχοντας τελικά σοβαρό αντίκτυπο σε ολόκληρη την αλυσίδα εφοδιασμού των τροφίμων (Siddiqui et al., 2023).

Η βιομηχανία παραγωγής γεωργικών προϊόντων, αποτελεί έναν ζωτικό τομέα της οικονομίας των περισσότερων αναπτυσσόμενων χωρών (Habib & Rizk, 2021). Οι απώλειες που προκαλούνται από τις ασθένειες κατά τις μετασυλλεκτικές διεργασίες, κυμαίνονται από 10-50% ή ακόμη περισσότερο ανά καλλιέργεια, έχοντας πιθανόν σοβαρές συνέπειες ως προς την ασφάλεια των εμπορευμάτων (Guan et al., 2023).

Η αποτελεσματική πρόληψη ή ελαχιστοποίηση των μετασυλλεκτικών ασθενειών μπορεί να επιτευχθεί με την εφαρμογή διαφόρων μέτρων σε τρία στάδια: κατά την προσυλλεκτική περίοδο, κατά τη διάρκεια της συγκομιδής και κατά τη μετασυλλεκτική φάση των προϊόντων (Yadav et al., 2013).

Πιο συγκεκριμένα, κατά τη προσυλλεκτική φάση φροντίδας των φυτών είναι σημαντική η εξυγίανση των φυτών, για την πρόληψη ανάπτυξης ασθενειών που μαστίζουν κάθε είδος φυτού σε μετασυλλεκτικό επίπεδο. Η χρήση χημικών σκευασμάτων ευρέος φάσματος συμβάλλει στην αποφυγή της προσβολής της καλλιέργειας από συγκεκριμένους μικροοργανισμούς (Siddiqui et al., 2023), αλλά η συχνή και αλόγιστη χρήση τους βλάπτει το περιβάλλον και υπάρχει η πιθανότητα ανάπτυξης ανθεκτικότητας των παθογόνων.

Επίσης, ένας άλλος τρόπος αντιμετώπισης των ασθενειών είναι η παρέμβαση σε ορισμένα γονίδια των φυτών με τη χρήση της γενετικής μηχανικής και η δημιουργία ανθεκτικών στην προσβολή φυτών.

Η περίοδος της συγκομιδής πρέπει να επιλέγεται σύμφωνα με τον βαθμό ωριμότητας των καρπών και να πραγματοποιείται με τον βέλτιστο τρόπο ώστε να αποφεύγονται οι τραυματισμοί σε αυτό το στάδιο (Yadav et al., 2013).

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τη διαχείριση των φυτοπαθογόνων που προκαλούν τις μετασυλλεκτικές ασθένειες ορίζονται κυρίως με βάση τη βιολογία του συγκεκριμένου μικροοργανισμού, καθώς και των ξενιστών που προσβάλλουν. Οι πιο διαδεδομένες μέθοδοι για την αντιμετώπιση των μετασυλλεκτικών ασθενειών περιλαμβάνουν: τις καλλιεργητικές, τις χημικές, τις ρυθμιστικές, τις γενετικές σε προσυλλεκτική φάση, τις μηχανικές τεχνικές κατά την περίοδο συλλογής, τις φυσικές, τις βιολογικές, την τροποποίηση της ατμόσφαιρας στους χώρους αποθήκευσης των τροφίμων, καθώς και τη χρήση γενικά θεωρούμενων ως ασφαλών ουσιών (GRAS), όπως π.χ είναι τα αιθέρια έλαια (Youssef et al., 2022); (Preventing and Managing Plant Diseases, 2017) ; (Sharma et al., 2023).

Η χρήση χημικών ουσιών, όπως μυκητοκτόνα και βακτηριοκτόνα, αποτελεί μερικές φορές επιτακτική ανάγκη για τον μακροπρόθεσμο έλεγχο των μετασυλλεκτικών ασθενειών των φυτών. Προτού γίνει χρήση οποιασδήποτε χημικής ουσίας στις καλλιέργειες χρειάζεται η ανάλογη διάγνωση της ασθένειας που μαστίζει τα φυτά, ώστε να αποφευχθεί η πιθανόν περιττή επιβάρυνση τόσο των φυτών όσο και του περιβάλλοντος (Preventing and Managing Plant Diseases, n.d.). Οι χημικές παρεμβάσεις αποτελούν τοξικές και καρκινογόνες εφαρμογές για τα φυτά καθώς και για την υγεία του εδάφους, αφήνοντας υπολείμματα στα παραγόμενα τρόφιμα, θέτοντας έτσι σε κίνδυνο τη δημόσια υγεία. Ως εκ τούτου, η καταπολέμηση των μετασυλλεκτικών ασθενειών είναι σημαντικό να συμβαίνει με εναλλακτικούς τρόπους, οι οποίοι θα επιφέρουν κίνδυνο σε χαμηλότερο ποσοστό για την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον, από ότι τα χημικά σκευάσματα (Sharma et al., 2023).

Εναλλακτικές και προληπτικές ενέργειες για την αντιμετώπιση των μετασυλλεκτικών ασθενειών είναι οι ρυθμιστικές ενέργειες, που αφορούν τον πλήρη αποκλεισμό των ήδη επιμολυσμένων φυτών, ώστε να εξασφαλισθεί η πρόληψη της εξάπλωσης της ασθένειας σε νέες καλλιεργητικές περιοχές.

Οι πρακτικές που επεμβαίνουν στη γενετική των φυτών χρησιμοποιούνται, για τη δημιουργία φυτών ικανών να υπερνικήσουν τις μολύνσεις από συγκεκριμένα παθογόνα. Παρόλα αυτά, ένα ανθεκτικό φυτό ως προς μία ασθένεια, μπορεί να

είναι ευάλωτο στη μόλυνση από μία γενετική παραλλαγή ή κάποιο διαφορετικό στέλεχος είδος του ίδιου παθογόνου.

Επιπλέον, η εφαρμογή ορθών καλλιεργητικών πρακτικών σε συνδυασμό με τη γενετική μηχανική έχουν σημαντική ισχύ για τη διατήρηση της υγιεινής των φυτών και (Preventing and Managing Plant Diseases, 2017).

Στις φυσικές μεθόδους, δύο είναι οι κυριότεροι παράγοντες που χρησιμοποιούνται για τη διαχείριση των μετασυλλεκτικών ασθενειών: η ακτινοβολία και η θερμική επεξεργασία των προϊόντων, καθώς και το πλύσιμο των καρπών έπειτα από τη συγκομιδή τους. Οι μέθοδοι αυτές, έχει παρατηρηθεί πως παρέχουν σημαντική προστασία στα φρούτα και στα λαχανικά από τα φυτοπαθογόνα και επίσης, σημαντικό τους πλεονέκτημα είναι οι ελάχιστες περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις που επιφέρουν (Sharma et al., 2023). Υπό κατάλληλες συνθήκες η χρήση της υπεριώδους ακτινοβολίας (UV-A, UV-B, UV-C) στα συγκομισμένα τρόφιμα μειώνει ή εξαλείφει την εξάπλωση των μικροβιακών οργανισμών. Με τη σειρά της, η θερμική επεξεργασία των νωπών φρούτων και λαχανικών, χρησιμοποιώντας είτε ζεστό νερό σε θερμοκρασίες 48-55⁰C για 2-5 λεπτά (Wan et al., 2021), είτε καυτό αέρα ή θερμό ατμό προσφέρει έναν τρόπο διαχείρισης των μετασυλλεκτικών ασθενειών χωρίς τη χρήση φυτοχημικών, διαταράσσοντας τη φυσιολογική λειτουργία του μεταβολισμού των παθογόνων μικροοργανισμών, καθώς ταυτόχρονα τους εντάσσει σε κατάσταση άγχους (Moradinezhad & Ranjbar, 2023). Παρόλο που η θερμική επεξεργασία έχει θετική επίδραση στη καταστροφή των παθογόνων παρουσιάζει αρνητικά αποτελέσματα όπως η μετουσίωση των πρωτεϊνών, η απελευθέρωση λιπιδίων και η μεταβολική διαταραχή των φρούτων και των λαχανικών, μέσω της οποίας είναι πιθανόν να παραχθούν τοξικά ενδιάμεσα προϊόντα και επιπλέον προκύπτουν ποιοτικά ή και τεχνολογικά προβλήματα για την εμπορευματοποίηση των προϊόντων αυτών (Narayanasamy, 2008). Οι παραπάνω λόγοι αποτελούν αφορμή, ώστε να προτείνεται και να γίνεται συνδυασμός των φυσικών εφαρμογών με τις βιολογικές και χημικές μεθόδους σε προσυλλεκτικό επίπεδο (Sharma et al., 2023).

Οι βιολογικές μέθοδοι, υπερτερούν έναντι των φυσικών και χημικών μεθόδων, διότι δεν προκαλούν κινδύνους για την παραγωγή ή για την δημόσια υγεία και το περιβάλλον. Οι ερευνητές έχουν αποδείξει τη δυνατότητα που διαθέτουν μερικά στελέχη μικροοργανισμών (*Bacillus sp.*, *Pseudomonas sp.*, *Azotobacter*, *Micromonospora*) να καταστέλλουν τις ασθένειες που εμφανίζονται στα φυτά σε μετασυλλεκτικό στάδιο και ταυτόχρονα να ευνοούν την ανάπτυξη των ίδιων των φυτών σε προσυλλεκτικό επίπεδο (Sharma et al., 2023). Οι μέθοδοι βιοελέγχου με τη χρήση ανασταλτικών παραγόντων θεωρείται μία από τις πιο βιώσιμες τεχνικές που μπορούν να εφαρμοστούν σε μετασυλλεκτικό στάδιο, καθώς αποτελούν κι έναν από τους βασικότερους υποκαταστάτες των βλαβερών φυτοφαρμάκων, βοηθώντας στην αντιμετώπιση του στρες στα φυτά (Guan et al., 2023).

Δεδομένου του ότι οι τραυματισμοί των προϊόντων προς συγκομιδή συμβαίνουν και κατά τη διάρκεια των μετασυλλεκτικών διεργασιών, αποτελούν έναν συνήθη τρόπο εισόδου παθογόνων μικροοργανισμών είναι επιτακτική η ανάγκη για πιο προσεκτικό χειρισμό και βελτίωση των τεχνικών που χρησιμοποιούνται για τη συσκευασία των συγκομισμένων προϊόντων (Prusky, 2011). Πιο συγκεκριμένα, είναι αναγκαίο να γίνεται χρήση κατάλληλων δοχείων συγκομιδής, επιθεώρηση των προϊόντων, καθώς και η εφαρμογή διαγνωστικών τεχνικών, για τον ταχύτερο εντοπισμό και ποσοτικοποίηση των μολύνσεων (Narayanasamy, 2008).

Μια από τις πιο αξιοσημείωτες τεχνικές ελέγχου και αντιμετώπισης των μετασυλλεκτικών ασθενειών είναι η τροποποίηση της ατμόσφαιρας, για την αποφυγή αλλοίωσης των φρούτων και των λαχανικών κατά την αποθήκευσή τους. Η αποθήκευση σε τροποποιημένη ή ελεγχόμενη ατμόσφαιρα ρυθμίζεται με τη μείωση του ποσοστού οξυγόνου και αντίστοιχα με την αύξηση των επιπέδων του διοξειδίου του άνθρακα στο χώρο, όπου βρίσκονται τα προϊόντα. Η προσθήκη διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα απαιτείται να είναι σε υψηλά ποσοστά, ώστε να ανασταλεί επιτυχώς η ανάπτυξη των παθογόνων, καθώς είναι πολύ δύσκολο να ελεγχθεί η εξέλιξη της μόλυνσης αφότου έχει ήδη εμφανισθεί στα προϊόντα (Narayanasamy, 2008).

Τέλος, η εφαρμογή των αιθέριων ελαίων αποτελεί μία φιλική προς το περιβάλλον τεχνική, για την αντιμετώπιση των μετασυλλεκτικών ασθενειών. Τα αιθέρια έλαια δρουν στην κυτταρική μεμβράνη των μικροοργανισμών, ενώ η σύνθεσή των ίδιων είναι πολύπλοκη και περιέχει κυρίως τερπένια και αζωτούχες, θειούχες ενώσεις. Η παρουσία των τερπενίων θεωρείται πως προσφέρει αντιοξειδωτική και αντιβακτηριδιακή δράση στα μολυσμένα τρόφιμα (Moradinezhad & Ranjbar, 2023).

1.8 Επιπτώσεις μετασυλλεκτικών ασθενειών στην παραγωγή και στην επεξεργασία τροφίμων

Όπως έχει ήδη αναφερθεί οι μετασυλλεκτικές ασθένειες προκαλούν απώλειες στις σοδειές, οι οποίες είναι συγκριτικά μεγαλύτερες σε ποσοστό από τις απώλειες πριν και κατά τη διάρκεια της συλλογής των καρπών (Moradinezhad & Ranjbar, 2023).

Οι μειώσεις στις σοδειές μετά τη συγκομιδή των φυτικών προϊόντων, είναι πολύ υψηλές και μερικές φορές αγγίζουν και το ποσοστό του 50%, όσον αφορά τις ανεπτυγμένες χώρες, εξαιτίας της φυσιολογικής ή παθολογικής αλλοίωσής τους, ενώ εξίσου υψηλά είναι και τα ποσοστά του επισιτισμού στους πληθυσμούς των ανεπτυγμένων και μη κρατών (Youssef et al., 2022).

Οι μετασυλλεκτικές απώλειες μπορεί να κυμαίνονται σε ποσοστά 0-100% και εξαρτώνται από το είδος των προϊόντων, καθώς και τους ανάλογους χειρισμούς που δέχονται. Γενική παραδοχή αποτελεί το γεγονός, πως οι απώλειες σε σοδειές είναι μεγαλύτερες στα φρούτα και τα λαχανικά, συγκριτικά με τους καρπούς δημητριακών ή τους ελαιούχους καρπούς. Οι απώλειες αφορούν οποιαδήποτε μεταβολή στη διαθεσιμότητα, στην δυνατότητα βρώσης, στην υγιεινή ή τη ποιότητα των τροφίμων, οι οποίες επηρεάζουν την αγοραστική τους αξία (Bancal & Ray, 2022).

Οι ασθένειες σε μετασυλλεκτικό επίπεδο, κατά τη συγκομιδή προκαλούν απώλειες που χωρίζονται σε άμεσες και έμμεσες. Οι άμεσες απώλειες προκαλούνται λόγω αποσύνθεσης των προϊόντων, ενώ στη περίπτωση των

έμμεσων απωλειών η σπατάλη συμβαίνει σε επίπεδο άρνησης από τον καταναλωτή εξαιτίας της μειωμένης ποιότητας.

Μετά τη διαδικασία της συγκομιδής προκύπτουν, απώλειες οι οποίες οφείλονται σε ποιοτικά και ποσοτικά αίτια. Συγκεκριμένα, η ποιοτική απώλεια των προϊόντων οφείλεται στην υποβάθμιση των θρεπτικών συστατικών (πρωτεϊνών, υδατανθράκων, βιταμινών) λόγω των μολύνσεων/προσβολών από μικροοργανισμούς, έντομα κλπ., αλλά και στην αλλοίωση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών τους, όπως είναι η γεύση, η οσμή, η υφή και το σχήμα (Palumbo et al., 2022).

Τα αίτια των απωλειών των τροφίμων, κατηγοριοποιούνται: α) σε αίτια μικροεπιπέδου, που αφορούν τη συσκευασία και τη μεταφορά, β) σε αίτια μεσοεπιπέδου, που έχουν να κάνουν με τις υποδομές και τις καλλιεργητικές πρακτικές και γ) σε αίτια μακροεπιπέδου, που σχετίζονται με τις επιλογές των καταναλωτών. Οι απώλειες αυτές, αναφέρονται σε ποσοτικές, ποιοτικές και οικονομικές απώλειες. Οι ποσοτικές απώλειες σχετίζονται με απώλειες μάζας (βάρους), όγκου, οι οποίες μειώνουν τη διαθέσιμη ποσότητα προϊόντων για κατανάλωση. Οι ποιοτικές απώλειες αναφέρονται σε μείωση της θρεπτικής ή ενεργειακής αξίας (θερμίδες) (Kiaya ACF, 2014), την απώλεια φρεσκάδας (μαρασμός, κιτρίνισμα, αλλαγές στο χρώμα, μη προτιμητέα εμφάνιση) και στα συμπτώματα σήψης (Ali et al., 2021).

Ένα ακόμη είδος απώλειας που προκύπτει είναι η εμπορική απώλεια, η οποία αναφέρεται σε οικονομικούς και νομισματικούς όρους. Αν και η τιμή ενός τροφίμου βασίζεται συνήθως στο βάρος, υπάρχουν κι άλλοι παράγοντες που παίζουν ρόλο. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα για τα ποιοτικά στοιχεία που τονίστηκαν παραπάνω, ξεκινώντας από την υγιεινή και την φρεσκάδα, τα οποία θα είναι ακόμη πιο περιζήτητα αν οι προμήθειες είναι άφθονες στην αγορά (Ricker et al., 2022).

Εκτός από τις άμεσες οικονομικές εκτιμήσεις, τα προσβεβλημένα προϊόντα, αποτελούν έναν πιθανό κίνδυνο για τη δημόσια υγεία. Ορισμένα γένη μυκήτων, όπως τα *Penicillium*, *Aspergillus*, *Alternaria* και *Fusarium* είναι γνωστό ότι

παράγουν μυκοτοξίνες, δηλαδή τοξικούς δευτερογενείς μεταβολίτες, υπό ορισμένες συνθήκες (Coates & Johnson, 2005). Οι μύκητες με δυνατότητα παραγωγής τοξινών, παρασιτούν σε διάφορους τύπους τροφίμων, μεταξύ των οποίων είναι και τα φρέσκα φρούτα. Οι περισσότερες μυκοτοξίνες είναι χημικά σταθερές ως προς τη δομή τους και δύνανται να επιβιώνουν κατά τις διάφορες επεξεργασίες των τροφίμων που επιμολύνουν. Έχουν αναγνωρισθεί εκατοντάδες τύποι μυκοτοξινών, που δημιουργούν σοβαρά προβλήματα υγείας στους καταναλωτές. Κυριότερες μυκοτοξίνες φυτικής προέλευσης, θεωρούνται: οι αφλατοξίνες, οι ωχρατοξίνες και η πατουλίνη (Mycotoxins and Their Health Impacts, 2020; Omotayo et al., 2019).

Η παρουσία μυκοτοξινών στα νωπά προϊόντα τροφίμων δημιουργεί σημαντικά προβλήματα, καθώς τα καθιστούν επικίνδυνα για χρήση και μεταποίηση (El-Sayed et al., 2022). Οι επιπτώσεις μερικών τροφιμογενών μυκοτοξινώσεων είναι οξείες και εμφανίζουν σοβαρά συμπτώματα λίγη ώρα αφότου γίνει η κατανάλωση του μολυσμένου τροφίμου. Άλλες τοξίνες μυκήτων που υπάρχουν στα τρόφιμα είναι συνδεδεμένες με μακροπρόθεσμες επιπτώσεις στην υγεία των καταναλωτών, συμπεριλαμβανομένης της πρόκλησης ανοσολογικής ανεπάρκειας, καθώς και διάφορων μορφών καρκίνου (El Darra et al., 2023).

Οι πιο τοξικές και δηλητηριώδεις από όλες τις μυκοτοξίνες, θεωρούνται οι αφλατοξίνες, οι οποίες παράγονται από τα είδη *A. flavus* και *A. parasiticus*, τα οποία υπάρχουν στο χώμα, στα σιτηρά και στα άχυρα. Οι αφλατοξίνες χωρίζονται σε διάφορες ομάδες, με τις πιο ανησυχητικές για την υγεία να είναι οι B1, B2, G1 και G2. Έχουν καταγραφεί περιπτώσεις οξείας αφλατοξίνωσης σε αρκετές χώρες, όμως θεωρείται γενικώς σπάνια ως περίπτωση. Τα συμπτώματα στον άνθρωπο, που συνοδεύουν την οξεία περίπτωση μιας αφλατοξίνωσης είναι: εμετός, κοιλιακό άλγος, ίκτερος, πνευμονικό οίδημα, κώμα, σπασμοί, ακόμη και θάνατος. Επίσης, οι αφλατοξίνες έχουν ενοχοποιηθεί για τη γενοτοξικότητά τους και τις βλάβες που προκαλούν στο γενετικό υλικό τόσο των ζώων όσο και των ανθρώπων, καθώς υπάρχουν έρευνες όπου αναφέρεται πως είναι δυνατόν στους ανθρώπους να εμφανισθεί καρκίνος του ήπατος. Ακόμη διαθέτουν

ανοσοκατασταλτικές ιδιότητες, γεγονός που είναι εξαιρετικά σημαντικό, διότι η ανοσοκαταστολή μπορεί να ελαττώσει την αντίσταση του ανθρώπινου οργανισμού στις μολυσματικές ασθένειες, εμποδίζοντας την παραγωγή αντισωμάτων, κυρίως σε άτομα με χρόνια πρόσληψη ποσοτήτων αφλατοξινών (World Health Organization, 2018; (“Aflatoxins (Sum of B1, B2, G1, G2) in Cereals and Cereal-Derived Food Products,” 2013).

Επόμενη κοινή ομάδα μυκοτοξινών, είναι οι ωχρατοξίνες. Πιο συγκεκριμένα, η συχνότερα παρούσα ωχρατοξίνη στα τρόφιμα είναι η ωχρατοξίνη Α, η οποία είναι λιποδιαλυτή και παράγεται από τα γένη *Aspergillus* και *Penicillium*, κυρίως όμως από το είδος *A. ochraceus*. Μόλυνση δημητριακών και προϊόντων αυτών, κόκκων καφέ, αποξηραμένων σταφυλιών, κρασιού, χυμών σταφυλιού και μπαχαρικών, παρατηρείται παγκοσμίως. Η πιο αξιοσημείωτη δράση της είναι οι διάφορες βλάβες στους νεφρούς και οι πιθανές επιπλοκές στο ανοσοποιητικό σύστημα. Επιπλέον προκαλεί ανοσοτοξικές, γονοτοξικές, νευροτοξικές, τερατογόνες και καρκινογόνες παθήσεις (Kumar et al., 2020).

Η πατουλίνη αποτελεί μια μυκοτοξίνη που αναπτύσσεται από τα γένη των μυκήτων *Aspergillus*, *Penicillium* και *Byssochlamys*. Βρίσκεται συνήθως σε αποσυνθεμένα μήλα και προϊόντα μήλου, καθώς και σε άλλα σαπισμένα φρούτα και δημητριακά. Οι επιδράσεις της τοξίνης στον άνθρωπο είναι συνήθως: ναυτία, γαστρεντερικές διαταραχές και εμετός. Θεωρείται γονοτοξική, νευροτοξική, ανοσοτοξική και μεταλλαξιογόνος, ενώ ακόμη δεν υπάρχουν ενδείξεις για χρόνια τοξικότητα και κατ’ επέκτασιν καρκινογόνο δράση (Mahato et al., 2021).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ II

Αμπέλι , παραγόμενα προϊόντα και μετασυλλεκτικές ασθένειες

2.1 Αμπέλι

Το αμπέλι (*Vitis vinifera*) ανήκει στην οικογένεια Vitaceae, η οποία περιλαμβάνει περίπου 60 με 80 ποικιλίες που καλλιεργούνται στα εύκρατα μέρη της γης (The Editors of Encyclopaedia Britannica, 2019). Η ευρωπαϊκή άμπελος αποτελεί το είδος που χρησιμοποιείται συχνότερα στη πλειονότητα της παγκόσμιας παραγωγής κρασιού (“Fruit Breeding,” 2012).

Η καλλιέργεια του αμπελιού ή αλλιώς η αμπελουργία είναι πιθανώς τόσο παλιά όσο και ο ανθρώπινος καταγεγραμμένος πολιτισμός. Τα αρχαιολογικά στοιχεία επιβεβαιώνουν πως οι άνθρωποι ξεκίνησαν την καλλιέργεια των σταφυλιών ήδη από το 6.500 π.Χ., κατά τη διάρκεια της νεολιθικής εποχής. Έως το 4.000 π.Χ., η αμπελουργία επεκτάθηκε από την Υπερκαυκασία (Νότιος Καύκασος) στη Μικρά Ασία και μέχρι το Δέλτα του Νείλου της Αιγύπτου. Αργότερα, οι Έλληνες και οι Φοίνικες επέκτειναν την καλλιέργεια του σταφυλιού στη Καρχηδόνα, τη νότια Ιταλία, τη Σικελία, την Ισπανία και τη Γαλλία. Υπό την επίδραση των Ρωμαίων, η αμπελουργία κατάφερε να εξαπλωθεί κατά μήκος όλης της Ευρώπης. Αρχικά, κατά την εποχή της πτώσης της ρωμαϊκής αυτοκρατορίας, η καλλιέργεια των αμπελιών και η οινοποίησή τους, συνδεόταν κατά κύριο λόγο με τα μοναστήρια και τις θρησκευτικές τελετές και εδραιώθηκε στον πολιτισμό ως κοινωνικό έθιμο. Έτσι, αυξήθηκε η ζήτηση για παραγωγή σταφυλιών και η ανάπτυξή τους σταθεροποιήθηκε από τον 16^ο έως τον 20^ο αιώνα (Trinklein, 2013).

Ανήκει στα φρούτα, των οποίων οι παραγωγές με βάση τους τόνους παραγωγής τους είναι στα πιο ευρέως καλλιεργούμενα. Τα μήλα, οι μπανάνες και τα εσπεριδοειδή είναι σημαντικά, κανένα όμως δεν δύναται να ανταγωνιστεί την ποσότητα των σταφυλιών που παράγονται σε όλο τον κόσμο. Η ποσότητα των σταφυλιών σε παγκόσμιο, ετήσιο επίπεδο ανέρχεται στους περίπου 72 εκατομμύρια τόνους (Trinklein, 2013). Σύμφωνα με τον OIV (International Organization of Vine and Wine), το 2021 η παγκόσμια παραγωγή σταφυλιών

έφτασε συνολικά τα 7.3 εκατομμύρια εκτάρια (Annual Assessment of the World Vine and Wine Sector in 2021 International Organisation of Vine and Wine Intergovernmental Organisation, 1924).

2.1.1 Μορφολογικά χαρακτηριστικά του αμπελιού

Το *Vitis vinifera* είναι ένα ζωηρό, φυλλοβόλο, πολυετές, αναρριχώμενο φυτό, το οποίο μπορεί να φθάσει σε ύψος τα 15.24 μέτρα και συνήθως φέρει καρπούς σε συστάδες, που περιέχουν 15 με 300 μεμονωμένες ράγες σταφυλιών (*Vitis Vinifera* - Plant Finder, Missouri Botanical Garden). Παρακάτω θα αναφερθούν τα βασικά μέρη της αμπέλου.

Ρίζες

Οι ρίζες του φυτού της αμπέλου αποτελούν δομές, με πολυκλαδική μορφή και αναπτύσσονται σε διάφορα βάθη στο έδαφος. Το έδαφος και η μορφή της ανάπτυξης των ριζών στο έδαφος, διαφέρει από ποικιλία σε ποικιλία. Η πλειοψηφία των ριζικών συστημάτων φθάνουν έως και 0,9 μέτρα βάθος. Η λειτουργία τους είναι η απορρόφηση νερού και θρεπτικών συστατικών από το έδαφος, η αποθήκευση υδατανθράκων και η παραγωγή συγκεκριμένων ορμονών υπεύθυνων για τη ρύθμιση της ανάπτυξης της αμπέλου (Goldammer, 2018).

Κορμός

Ο κορμός στις νεαρές αμπέλους αποτελεί έναν μεμονωμένο βλαστό, ο οποίος αναπτύσσεται διαρκώς και στηρίζει τα υπέργεια βλαστικά και αναπαραγωγικά μέρη της αμπέλου. Το ύψος του κορμού καθορίζεται από το κλάδεμα στα αρχικά στάδια καλλιέργειας των νεαρών αμπελιών (Hellman, 2003). Οι κορμοί των ώριμων αμπελιών, διαθέτουν βραχίονες, κοντά κλαδιά από όπου ξεκινά η ανάπτυξη των βλαστών και τα οποία βρίσκονται σε διαφορετικές θέσεις ανάλογα με τη μέθοδο καλλιέργειας που έχει ακολουθηθεί (Parts of the Grape Vine: Shoots – Grapes, 2019).

Βλαστοί

Οι βλαστοί, αποτελούν το σκελετό των σταφυλιών ή τσαμπιών. Το πιο μακρύ τμήμα ενός βλαστού είναι η ράχη του, η οποία διακλαδίζεται με ποδίσκους, μέσω των οποίων συνδέονται οι ράγες του σταφυλιού με το βλαστό. Για κάθε ποικιλία αμπέλου, ο αριθμός, το μήκος και η απόσταση μεταξύ των διακλαδώσεων διαφοροποιείται (Bourdine et al., 2021). Σύμφωνα με ερευνητικά αποτελέσματα, εκχυλίσματα που παράγονται από τους βλαστούς του σταφυλιού διαθέτουν σημαντικές αντιοξειδωτικές και αντιφλεγμονώδεις ιδιότητες, οι οποίες έχουν πολλαπλά οφέλη για την ανθρώπινη υγεία (Quero et al., 2021).

Φύλλα

Τα φύλλα είναι τμήματα της αμπέλου συνδεδεμένα με τους βλαστούς του φυτού, μέσω των γονάτων, τα οποία είναι διογκώσεις που κατα διαστήματα εμφανίζουν οι βλαστοί. Η περιοχή μεταξύ των γονάτων ονομάζεται μεσογονάτιο διάστημα και δε φέρει κανένα όργανο (Parts of the Grape Vine: Shoots – Grapes, 2019). Τα φύλλα επιτελούν σπουδαίες λειτουργίες των φυτών. Από τα φύλλα διαπνέονται ποσότητες νερού προς την ατμόσφαιρα μέσω των στομάτων (διαδικασία διαπνοής), τα οποία μεταφέρονται από το ριζικό σύστημα με τη βοήθεια των αγγείων του ξύλου. Η κάτω επιφάνεια των φύλλων περιέχει πολλούς μικροσκοπικούς πόρους, που ονομάζονται στόματα. Τα στόματα παραμένουν ανοιχτά κατά τη διάρκεια της ημέρας και κλείνουν κατά τη διάρκεια της νύχτας. Επιπλέον, στα φύλλα συντίθενται οργανικές ενώσεις μέσω της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης, με τη δέσμευση του διοξειδίου του άνθρακα της ατμόσφαιρας και τη συνεισφορά της ηλιακής ενέργειας. Οι μασχάλες των φύλλων είναι το σημείο, όπου βρίσκονται οι οφθαλμοί των αμπελιών (μασχαλιαίοι οφθαλμοί), μέσω των οποίων πραγματοποιείται διάχυση του διοξειδίου του άνθρακα, του οξυγόνου και των υδρατμών (Νικολάου, 2020).

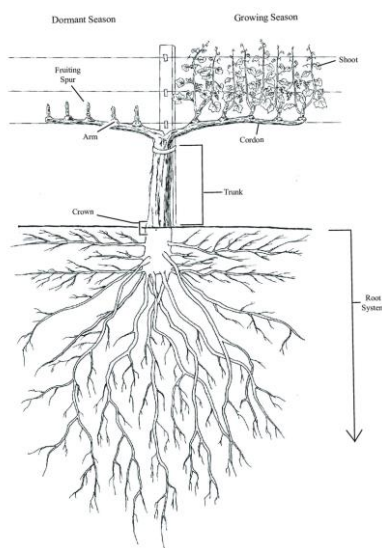
Άνθη

Τα άνθη του αμπελιού είναι είδη βοτρυώδους ταξιανθίας. Οι ταξιανθίες της αμπέλου αποτελούνται από τον κύριο άξονα, ο οποίος είναι προέκταση του μίσχου

και από διακλαδώσεις, ο αριθμός των οποίων είναι διαφορετικός ανά ποικιλία. Οι διακλαδώσεις αυτές σταδιακά αναπτύσσονται και καταλήγουν στους ποδίσκους των ανθών. Ο αριθμός και το μήκος των διακλαδώσεων καθορίζει και το σχήμα των ταξιανθών. Το μήκος της ευρωπαϊκής αμπέλου εκτείνεται στα 25-45 εκατοστά (Νικολάου, 2020). Ο σχηματισμός και η διαφοροποίηση των ταξιανθών συμβαίνει κατά τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου, όταν ο πράσινος νεαρός βλαστός σταματά την ανάπτυξή του στο τέλος της βλαστικής περιόδου και αρχίζει ξανά πριν την εκβλάστηση των οφθαλμών, την άνοιξη (Poupin et al., 2011).

Καρπός

Οι καρποί των αμπελιών, σύμφωνα με τη βοτανολογία χαρακτηρίζονται «μούρα». Τα σταφύλια είναι απλοί καρποί, αποτελούμενοι από δύο κοιλότητες, περικλειόμενες από ένα τοίχωμα, που ονομάζεται περικάρπιο. Το σχήμα του καρπού χαρακτηρίζεται ως ωοειδής και έχει διάμετρο 5-25 χιλιοστά, ανάλογα με τη ποικιλία. Οι καρποί περιέχουν γίγαρτα, σάρκα, χυμό και φλούδα. Από το συνολικό βάρος της κάθε ράγας μούρου οι σπόροι ή αλλιώς γίγαρτα αντιπροσωπεύουν το 0,10% και η φλούδα το 5-12%. Το χρωματικό φάσμα στο οποίο κυμαίνεται το χρώμα της φλούδας των σταφυλιών είναι από κίτρινο, πράσινο, κόκκινο, έως πορφυρό και μαύρο, ανάλογα με την περίοδο ανάπτυξης του αμπελιού και την ποικιλία στην οποία ανήκει (Hussain et al., 2021).



Εικόνα 2.1.1. Βασικά τμήματα αυτοφυούς αμπελιού (Hellman, 2003).

2.1.2 Καλλιέργεια

Το αμπέλι μπορεί να ευδοκιμήσει σε ένα ευρύ φάσμα κλιματικών συνθηκών και καλλιεργείται με τη μεγαλύτερη επιτυχία σε εύκρατα και τροπικά μέρη του κόσμου, σε υψόμετρα της τάξης των 365-975 μέτρων πάνω από το επίπεδο της θάλασσας. Απαιτεί θερμό και ξηρό κλίμα με βέλτιστη θερμοκρασία τους 15-40 °C και ύψος βροχόπτωσης τα 50-60 εκατοστά. Περιοχές με υψηλά ποσοστά υγρασίας και συνεχείς βροχοπτώσεις δεν είναι κατάλληλες για την αμπελουργία, καθώς προάγουν την ανάπτυξη ασθενειών, ιδίως κατά τις περιόδους ανθοφορίας και ανάπτυξης των καρπών.

Το καλύτερο είδος εδάφους για την καλλιέργεια του αμπελιού είναι το καλά στραγγιζόμενο έδαφος με ουδέτερο pH (6,5-7) (Hussain et al., 2021). Το έδαφος αυτό θα πρέπει να είναι βαθύ, αργιλώδες με χαλίκια, μέτρια ποσοστά υγρασίας, πλούσιο σε χούμο, να βρίσκεται σε ηλιόλουστη πλαγιά με νότιο προσανατολισμό και καλή κυκλοφορία του αέρα, ώστε το αμπέλι να προστατεύεται από τους χειμερινούς ανέμους και τους παγετούς. Η μεγαλύτερη δυνατή και ποιοτικότερη παραγωγή σταφυλιών επιτυγχάνεται με σύστημα στήριξης των αμπελιών, σωστό κλάδεμα, τακτικούς ψεκασμούς και κατάλληλη εκπαίδευση των αμπελουργών και (*Vitis Vinifera* - Plant Finder).

2.1.3 Χαρακτηριστικά ελληνικού αμπελώνα και κύριες ποικιλίες των παραγόμενων προϊόντων

Οι ελληνικοί αμπελώνες είναι από τους αρχαιότερους και πιο ιστορικούς στο κόσμο, ενώ ταυτόχρονα είναι κατάλληλοι και για εναλλακτικές καλλιεργητικές μεθόδους τόσο βιολογικές, όσο και βιοδυναμικές (Dougherty, 2011).

Φιλόσοφοι και συγγραφείς της κλασικής Ελλάδας, όπως ο Αριστοτέλης (384-22 π.Χ.) και ο Θεόφραστος (372-287 π.Χ.), αναφέρουν πολλές ποικιλίες αμπέλου, μεταξύ των οποίων «κάπνεον, λευκήν, ανθηδονιάδα, υπερείαν, αλθηφιάδα, αγρίαν, κανθάρεως» και «μαινόμενη αγίγартон» (Λογοθέτης 1975). Επιπλέον, είναι πολύ πιθανό ότι οι βιότυποι των ποικιλιών που αναφέρονται από τους

αρχαίους Έλληνες συγγραφείς εξακολουθούν να καλλιεργούνται στην Ελλάδα, αν και με διαφορετικές πλέον ονομασίες (Maritina Stavrakaki et al., 2019).

Ένα από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα της Ελλάδας είναι πως καλλιεργούνται οι γηγενείς ποικιλίες της αμπέλου, αν και υπάρχουν και αρκετές διεθνείς. Οι γηγενείς ποικιλίες αμπέλου, τα χαρακτηριστικά τους και τα ιδιαίτερα *terroir*¹ του ελληνικού αμπελώνα, δημιουργούν το εύρος και την ποικιλότητα του ελληνικού κρασιού ικανοποιώντας τους σύγχρονους καταναλωτές (Dougherty, 2011).

Η Ελλάδα, βρίσκεται στη δεύτερη θέση, σύμφωνα με τον OIV (International Organisation of Vine and Wine), όσον αφορά την ποικιλομορφία των καλλιεργούμενων ποικιλιών εκ των οποίων περισσότερο από το 90% της παραγωγής είναι ντόπιες (Κουφός, 2022).

Η άμπελος αποτελεί ένα φυτό, το οποίο ευδοκیمی σε ζεστές περιοχές και δεν αναπτύσσεται σε ψυχρά κλίματα, με εξαίρεση τα βόρεια όρια του γεωγραφικού πλάτους. Τα όρια αυτά για την Ευρώπη είναι η κοιλάδα του Ρήνου.

Για να αναπτυχθεί ικανοποιητικά, η άμπελος απαιτεί ζεστές, ξηρές, μακράς διάρκειας θερινές περιόδους και ψυχρούς χειμώνες. Όταν επικρατούν βροχοπτώσεις κατά τη θερινή περίοδο, τότε προκαλείται η ανάπτυξη θερμοκρασιών, που κρίνονται ως επικίνδυνες για την ανάπτυξη μυκητολογικών ασθενειών. Επιπλέον, κατά την άνοιξη και μετά την εκβλάστηση, εάν επικρατούν για μερικές ώρες χαμηλές θερμοκρασίες της τάξης των -3°C (ανοιξιάτικοι παγετοί), προκαλούνται βλάβες στους βλαστούς, ενώ και οι χειμερινοί παγετοί (-15°C) κατά τη διάρκεια της χειμερινής ανάπαυσης των αμπελιών, προκαλούν αντίστοιχα ζημιές στις καλλιέργειες.

Η καλλιέργεια της αμπέλου προσφέρεται σε μεσογειακά κλίματα και το μεγαλύτερο ποσοστό των αμπελώνων της Ευρώπης, βρίσκεται σε αυτά (Νικολάου, 2020).

¹: *Terroir* ονομάζεται ο ιδιαίτερος χαρακτήρας που θεωρείται ότι αποκτά ένα κρασί από τον συγκεκριμένο τόπο, όπου καλλιεργήθηκε το αμπέλι από το οποίο προέρχεται (Cambridge Dictionary, 2022).

Το φυτό της αμπέλου διαθέτει πολλές διαφορετικές ποικιλίες, οι οποίες χρησιμοποιούνται για διαφορετικούς παραγωγικούς σκοπούς. Η ποικιλία είναι μια διακριτή παραλλαγή ενός φυτού που εμφανίζεται στη φύση λόγω γενετικής μετάλλαξης. Οι ποικιλίες μεταξύ τους, παρουσιάζουν οικολογικές, μορφολογικές και καλλιεργητικές διαφορές (Environmental Studies, CDU, 2024). Μπορεί να έχει διαφορετικό χρώμα ανθών, λεπτότερα φύλλα, ή κάποιο άλλο χαρακτηριστικό ή χαρακτηριστικά που την κάνουν να διαφέρει ελαφρώς από τα υπόλοιπα είδη του ίδιου φυτού (Goold, 2019).

Τα σταφύλια έχοντας μακρά ιστορία στην ανθρώπινη διατροφή, έχουν χρησιμοποιηθεί στο πέρασμα των αιώνων σε διάφορες μορφές, όπως ως νωπά τρόφιμα (επιτραπέζια σταφύλια), για την παραγωγή χυμών, τσίπουρου και κρασιών (οινοποιήσιμα σταφύλια), για τη παραγωγή ξυδιού ή ως αποξηραμένα σταφύλια για μεγαλύτερη διάρκεια ζωής (σταφίδες). Από την επεξεργασία των σταφυλιών, ιδίως από την παραγωγή κρασιού, προκύπτει μεγάλη ποσότητα διαφόρων αποβλήτων, όπως τα στέμφυλα, οι σπόροι των σταφυλιών, οι οινολάσπες κ.ά. (Κανδύλης, 2021); (Venkitasamy et al., 2019). Πολλές μελέτες έχουν δείξει ότι τα υποπροϊόντα σταφυλιών έχουν σημαντικές δυνατότητες εφαρμογής στη βιομηχανία τροφίμων. Συγκεκριμένα, ορισμένα προϊόντα που προέρχονται από σπόρους σταφυλιών έχουν πωληθεί στο εμπόριο, όπως κάψουλες με εκχύλισμα σπόρων σταφυλιών και λάδι από τους σπόρους σταφυλιών (Zhou et al., 2022).

Επιτραπέζια σταφύλια στην Ελλάδα

Σύμφωνα με τον καθηγητή γεωπονίας, κο. Νικολάου (2022), οι κυριότερες ποικιλίες σταφυλιών προς επιτραπέζια χρήση είναι οι: Perlette, Victoria, Ραζακί, Σιδηρήτης, Φράουλα κόκκινη, Όψιμος Εδέσσης, Μοσχάτο Αμβούργου, Cardinal, Ribier και Italia και οι οποίες παρατίθενται παρακάτω.

Perlette

Καλλιεργείται κυρίως στη περιοχή της Θεσσαλονίκης και εκτός από την επιτραπέζια χρήση της ποικιλίας, χρησιμοποιείται και για τη παραγωγή σταφίδων. Αποτελεί μία πρώιμη λευκή ποικιλία, της οποίας οι ράγες είναι αγίγαρτες.

Victoria

Αποτελεί μία εξαιρετική λευκή ποικιλία, που καλλιεργείται στη Βόρεια Ελλάδα και σχηματίζει σταφύλια μεγάλου μεγέθους με πρασινοκίτρινες ράγες.

Ραζακί

Η σπουδαιότερη λευκή ποικιλία επιτραπέζιων σταφυλιών για τη χώρα μας και απαντάται σε όλες τις αμπελουργικές περιοχές.

Σιδηρήτης

Καλλιεργείται συστηματικά στη Β. και Β.Δ. Πελοπόννησο, στην Εύβοια, ενώ απαντάται σποραδικά σε όλες τις αμπελουργικές περιοχές της χώρας. Χαρακτηρίζεται ως «επιτρεπόμενη για καλλιέργεια ποικιλία» για τις περιοχές που αναφέρθηκαν κι ακόμη για τις περιοχές των νομών Ιωαννίνων και Θεσσαλίας.

Φράουλα κόκκινη

Καλλιεργείται από πολλά χρόνια στη χώρα μας, κυρίως στη Κορινθία και δεν καλλιεργείται σε καμία άλλη χώρα. Τα σταφύλια της είναι ρόδινες με κυλινδροκωνικό σχήμα και αραιές, τραγανές ράγες. Δε συνιστώνται οι μεταφορές της καλλιέργειάς της, καθώς είναι ευαίσθητη στη προσβολή από τον βοτρύτη.

Όψιμος Εδέσσης

Αποτελεί ντόπια ποικιλία των περιοχών της Έδεσσας και της Αλμωπίας. Παράγει πρασινοκίτρινες σταφυλές, μετρίου μεγέθους και ανθεκτικές, παχιές ράγες.

Μοσχάτο Αμβούργου

Καλλιεργείται στις αμπελουργικές περιοχές της Θεσσαλίας, της Μακεδονίας και της Θράκης, σε έκταση αρκετά σημαντική. Πρόκειται για μία πολύ προσαρμόσιμη

ποικιλία, εξ' ου και η μεγάλη καλλιεργητική της διάδοση. Τα τσαμπιά διαθέτουν σταφύλια με αραιές και ερυθροϊώδες χρώμα, χυμώδεις ράγες.

Cardinal

Ποικιλία αμπέλου, που συνίσταται για τις περιοχές των Νομών Θεσσαλονίκης, Χαλκιδικής, Πιερίας, Λάρισας, Κέρκυρας, Κορινθίας, Εύβοιας και την Κρήτη. Σχηματίζει μεγάλα ερυθροϊώδους χρώματος σταφύλια, με τραγανές ράγες.

Ribier

Ποικιλία έγχρωμη, γαλλικής προέλευσης, γνωστή και ως Alfonse Lavallee ή Royal. Συνιστώμενη για τις περιοχές των Νομών Καβάλας, Θεσσαλονίκης και Λάρισας. Σχηματίζει σταφύλια μεγάλου μεγέθους, με σφαιρικές ράγες, έντονου μελανοϊώδους χρωματισμού.

Italia

Καλλιεργείται σε μικρή έκταση στη χώρα μας. Συνιστάται για ορισμένες περιοχές του Νομού Κορινθίας, Θεσσαλονίκης, Καβάλας και Χαλκιδικής. Τα σταφύλια της ποικιλίας είναι εντυπωσιακά με μεγάλες, χυμώδεις λευκές ράγες και με ελαφριά γεύση μοσχάτης.

Οίνοι στην Ελλάδα

Σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία, οι παραγόμενοι οίνοι μπορούν να αναγνωρισθούν ως (ΠΟΠ) δηλαδή ως Προστατευόμενης Ονομασίας Προέλευσης ή ως (ΠΓΠ), δηλαδή Προστατευόμενης Γεωγραφικής Προέλευσης, ενώ οι υπόλοιποι οίνοι ταξινομούνται ως απλώς ποικιλιακοί. Σύμφωνα με τις τελευταίες μελέτες του ΟΙΥ, η Ελλάδα βρίσκεται στην 17^η θέση μεταξύ των κυριότερων αμπελουργικών περιοχών, παγκοσμίως (ΟΙΥ, 2020).

Η αμπελουργία εκτείνεται σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας. Ωστόσο, για διευκόλυνση, παρακάτω θα ταξινομηθούν σε εννέα κύριες ελληνικές αμπελουργικές- οينوπαραγωγικές περιοχές.

1. Μακεδονία- Βόρεια Ελλάδα

Η Μακεδονία, αποτελεί μία από τις πιο σημαντικές αμπελουργικές γεωγραφικές περιοχές της Ελλάδας, οι οποίες είναι το Αμύνταιο, η Νάουσα, η Δράμα και η Καβάλα. Καθεμία από τις περιοχές αυτές διαφέρει ως προς τις υπόλοιπες, λόγω των υψομέτρων, της γεωλογίας του εδάφους και των κλιματικών συνθηκών. Οι ποικιλίες που καλλιεργούνται είναι το Ξινόμαυρο σε μεγαλύτερο ποσοστό, η ποικιλία Cabernet Sauvignon, Merlot, Syrah, Chardonnay, Sauvignon blanc, η Μαλαγουζιά (λευκή ποικιλία) και το Λιμνιό (κόκκινη ποικιλία).

2. Θράκη- Βορειοανατολική Ελλάδα

Η πλειονότητα των αμπελουργικών περιοχών βρίσκονται σε υψόμετρο 350 μέτρα πάνω από τη θάλασσα. Οι κυρίαρχες ποικιλίες που καλλιεργούνται στις περιοχές της Θράκης είναι οι διεθνείς ποικιλίες Chardonnay και Sauvignon blanc (λευκές ποικιλίες), ενώ οι κόκκινες ποικιλίες αντιπροσωπεύονται από τις ποικιλίες Merlot, Cabernet Sauvignon και Syrah. Στη βορειοανατολική Ελλάδα καλλιεργείται επίσης, η ντόπια ποικιλία Μαυρούδι.

3. Ήπειρος- Βορειοδυτική Ελλάδα

Οι κύριες αμπελουργικές περιοχές της Ηπείρου είναι η Ζίτσα και το Μέτσοβο. Οι αμπελώνες των περιοχών αυτών βρίσκονται σε υψόμετρο 500 μέτρων πάνω από τη στάθμη της θάλασσας. Η τοπική ποικιλία, που καλλιεργείται στην Ήπειρο είναι η Ντεμπίνα (λευκή ποικιλία) και η κυριότερη παγκόσμια, το Cabernet Sauvignon.

4. Θεσσαλία- Βορειοκεντρική Ελλάδα

Στη Θεσσαλία καλλιεργούνται μερικές ντόπιες ποικιλίες, μεταξύ των οποίων είναι το Μαύρο Μεσενικόλα, το Ξινόμαυρο και Λιμνιώνα (ερυθρές ποικιλίες). Οι διεθνείς ποικιλίες που κυριαρχούν είναι η Muscat de Hamburg σε περιοχές όπως ο Τύρναβος, η Ραψάνη και το χωριό Μεσενικόλας.

5. Ιόνια νησιά- Δυτική Ελλάδα

Το νησί όπου υπάρχει έντονη αμπελουργική δραστηριότητα είναι η Κεφαλονιά, όπου παράγεται η ντόπια ποικιλία της Ρομπόλας (λευκή ποικιλία). Έπειτα η

Λευκάδα ακολουθεί τη Κεφαλονιά με τη τοπική ποικιλία, Βερτζάμι (ερυθρή ποικιλία).

6. Κεντρική Ελλάδα

Οι περιοχές όπου εκτείνονται οι αμπελουργικές καλλιέργειες είναι η Αθήνα, η Βοιωτία και η Εύβοια. Ανάμεσα στις ποικιλίες που αναπτύσσονται στη κεντρική Ελλάδα είναι η ποικιλία Σαββατιανό, η οποία αποτελεί την πρώτη ποικιλία σε καλλιέργειες σε όλη την Ελλάδα και ο Ροδίτης (λευκές ποικιλίες).

7. Πελοπόννησος- Νότια Ελλάδα

Στη κεντρική Πελοπόννησο καλλιεργούνται η λευκή ποικιλία Μοσχοφίλερο και το Αγιωργίτικο (ερυθρή ποικιλία). Η βόρεια μεριά της Πελοποννήσου διαθέτει καλλιέργειες με ντόπιες ποικιλίες, όπως ο Ροδίτης (λευκή ποικιλία) και τη Μαυροδάφνη (ερυθρή ποικιλία).

8. Νησιά του Αιγαίου- Νησιά της Νότιας Ελλάδας

Στο νησί της Σαντορίνης καλλιεργείται η εμβληματική ποικιλία του Ασύρτικου, καθώς και το Αθήρι, το Αηδάνι (λευκές ποικιλίες) και η Μανδηλαριά (ερυθρή ποικιλία). Επιπλέον, καλλιεργούνται και οι ποικιλίες Muscat of Alexandria και Muscat blanc, για τη παραγωγή επιδόρπιων οίνων.

9. Κρήτη- Νότια Ελλάδα

Η Κρήτη αποτελεί μία από τις παλαιότερες αμπελουργικές περιοχές της Ελλάδας. Οι ντόπιες ποικιλίες που καλλιεργούνται είναι το Κοτσιφάλι, το Λαιμικό, η Μανδηλαριά (ερυθρές ποικιλίες) και το Βιδιάνο, η Βηλάνα και το Δαφνί (λευκές ποικιλίες) (Κουφός, 2022).

Οξοποιία στην Ελλάδα

Το ξύδι παράγεται από μη οινοποιήσιμα σταφύλια, καθώς και από τον συνδυασμό οινοποιήσιμων ή μη σταφυλιών ή προϊόντων αυτών μεταξύ τους ή/ και με εκχύλισμα ξηρής σταφίδας. Σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να αναγράφεται επάνω στη συσκευασία του, την ονομασία πώλησής του, δηλαδή: «ξύδι από σταφύλια»

ή «γνήσιο ξύδι» ή «ξύδι αμπελοοινικής προέλευσης» (Ν. 4303/2014 (ΦΕΚ 231/Α΄ 17.10.2014) | ΕΛΙΝΥΑΕ, 2014).

Σταφιδοποιία στην Ελλάδα

Η καλλιέργεια της ξηρής σταφίδας στην Ελλάδα αφορά δύο τύπους: την Κορινθιακή (μαύρη σταφίδα) και τη Σουλτανίνα (ξανθιά σταφίδα).

Η καλλιέργεια της Κορινθιακής σταφίδας εντοπίζεται στις περιοχές της Βόρειας και Δυτικής Πελοποννήσου, καθώς και στη Ζάκυνθο, ενώ η καλλιέργεια της Σουλτανίνας εντοπίζεται κυρίως στην Κρήτη και στην Κορινθία.

Η Κορινθιακή σταφίδα, καλλιεργείται στον ελλαδικό χώρο από τα ομηρικά χρόνια, ενώ γραπτές αναφορές για το εμπόριό της υπάρχουν από τον 12ο αιώνα. Θεωρείται παγκοσμίως μοναδικό προϊόν, καθώς στην Ελλάδα παράγεται άνω του 80%, είναι δε ποικιλία διπλής χρήσης, δηλαδή μπορεί να αποξηραθεί ή να οδηγηθεί στην οиноποίηση.

Η Σουλτανίνα καλλιεργείται κυρίως στην Κρήτη από το 1922 και ως καλλιεργούμενη ποικιλία είναι τριπλής χρήσης, δηλαδή μπορεί να διατεθεί ως νωπό προϊόν (επιτραπέζιο σταφύλι), να αποξηραθεί ή/και να οδηγηθεί στην οиноποίηση. Κατάγεται από την περιφέρεια Σουλτάνε του Ιράκ, από όπου πήρε και το όνομά της. Από εκεί μεταφέρθηκε αρχικά στη Μ. Ασία, από όπου η καλλιέργειά της μεταδόθηκε και στις άλλες χώρες.

Υπάρχουν δύο τύποι Κορινθιακής σταφίδας που έχουν αναγνωρισθεί ως προϊόντα Προστατευόμενης Ονομασίας Προέλευσης (Π.Ο.Π.) και δύο ως Προστατευόμενης Γεωγραφικής Ένδειξης (ΠΓΕ): η Κορινθιακή σταφίδα που παράγεται στην περιοχή της Αιγιαλείας του Νομού Αχαΐας με την ονομασία «ΚΟΡΙΝΘΙΑΚΗ ΣΤΑΦΙΔΑ ΒΟΣΤΙΤΣΑ», η Κορινθιακή σταφίδα που παράγεται στο Νομό Ζακύνθου, με την επωνυμία «ΣΤΑΦΙΔΑ ΖΑΚΥΝΘΟΥ», η Κορινθιακή σταφίδα που παράγεται στο Νομό Ηλείας έχει αναγνωριστεί ως προϊόν Προστατευόμενης Γεωγραφικής Ένδειξης (ΠΓΕ) με την ονομασία «ΣΤΑΦΙΔΑ ΗΛΕΙΑΣ» και η σταφίδα σουλτανίνα που παράγεται στην Κρήτη έχει

αναγνωριστεί ως προϊόν Προστατευόμενης Γεωγραφικής Ένδειξης (ΠΓΕ) με την ονομασία «ΣΤΑΦΙΔΑ ΣΟΥΛΤΑΝΙΝΑ ΚΡΗΤΗΣ» (Φ.Ε.Κ. Β' 3276/2017).

2.1.4 Διατροφική αξία και χημική σύνθεση σταφυλιών

Τα σταφύλια είναι ευρέως γνωστά για την πλούσια διατροφική τους αξία. Από χημικής απόψεως, τα σταφύλια περιέχουν υδατάνθρακες, που είναι μη δομικοί δισακχαρίτες, με ιδιαίτερη σημαντικότητα όσον αφορά την οργανοληπτική ποιότητα των σταφυλιών κατά τη συγκομιδή. Τα κυριότερα σάκχαρα των σταφυλιών είναι η γλυκόζη και η φρουκτόζη, καθώς διαθέτουν και ίχνη, σακχαρόζης. Η γλυκόζη είναι παρούσα κυρίως στους άγουρους καρπούς και κατά την ωρίμανση η γλυκόζη και η φρουκτόζη αρχίζουν να συσσωρεύονται σε ίσες αναλογίες. Η σύνθεση των σακχάρων επηρεάζει τη γεύση και την ωριμότητα των φρούτων κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης. Κατά την οиноποίηση, τα σάκχαρα που υπάρχουν στις ράγες των σταφυλιών μεταβολίζονται και μετατρέπονται σε αλκοόλη μέσω της αλκοολικής ζύμωσης. Η ποσότητα των σακχάρων που υπάρχουν στο χυμό ελέγχει το ποσοστό του αλκοόλ στο τελικό προϊόν (Liu et al., 2006) ; (Jordão et al., 2015).

Επιπλέον, σε αφθονία στα σταφύλια υπάρχουν και τα οργανικά οξέα, μεταξύ των οποίων είναι και τα αμινοξέα. Το μεγαλύτερο ποσοστό του συνολικού αριθμού των οξέων τους αποτελείται από τρυγικό και μηλικό οξύ. Κατά την ωρίμανση των σταφυλιών μειώνεται η περιεκτικότητάς τους σε οξέα και τα ώριμα πλέον σταφύλια περιέχουν σε μεγαλύτερο βαθμό τρυγικό από ότι μηλικό οξύ.

Όσον αφορά την παρουσία των πρωτεϊνών στα σταφύλια, οι οποίες αν και υπάρχουν σε ποσοστό μικρότερο του 1%, επηρεάζουν το άρωμα του παραγόμενου οίνου, λόγω της παραγωγής δευτερογενών μεταβολιτών.

Τα σταφύλια αποτελούν ισχυρή πηγή βιταμίνης C, βιταμίνης A, βιταμινών του συμπλέγματος B και βιταμίνης K. Επιπλέον έχουν σημαντικές ποσότητες ρετινόλης, φωσφόρου, ασβεστίου, καλίου και νατρίου, βορίου και φλαβονοειδών, τα οποία δίνουν το χαρακτηριστικό μωβ χρώμα στα σταφύλια (Hussain et al., 2021).

Ένα ακόμη πολύ σημαντικό συστατικό των σταφυλιών, είναι η ρεσβερατρόλη. Η ρεσβερατρόλη, αποτελεί ένα καλά χαρακτηρισμένο αντιοξειδωτικό συστατικό των σταφυλιών, το οποίο υπάρχει σε αφθονία στη σάρκα του καρπού, αλλά η κύρια πηγή ρεσβερατρόλης είναι η φλούδα, και είναι γνωστό για τις διάφορες φαρμακευτικές του ιδιότητες. Εκτός από τη ρεσβερατρόλη, η φυτοαλεξίνη και το ολεανολικό οξύ υπάρχουν σε αφθονία στα σταφύλια με αναφερόμενες θετικές επιπτώσεις στην υγεία (Zhou et al., 2022).

Τα σταφύλια αποτελούν πολύτιμη πηγή πολυάριθμων φυτοχημικών συστατικών (Maia et al., 2021). Οι φαινολικές ενώσεις είναι τα πιο άφθονα φυτοχημικά που υπάρχουν στα σταφύλια μετά τα σάκχαρα και τα οξέα. Οι φαινολικές ενώσεις εμπλέκονται στην ανάπτυξη του χρώματος και της γεύσης, καθώς και στην ωρίμανση των σταφυλιών. Οι φαινόλες συγκεντρώνονται κυρίως στα γίγαρτα και στη φλούδα των ραγών. Τα κυριότερα φυτοθρεπτικά συστατικά των σταφυλιών, τα οποία κατανέμονται στη φλούδα, στη σάρκα και στα γίγαρτα είναι οι ανθοκυανίνες, οι ταννίνες, οι φλαβονόλες, οι κατεχίνες, οι προκυανιδίνες και η επικατεχίνη (Averilla et al., 2019). Οι ταννίνες είναι φαινολικές ενώσεις, οι οποίες προσδίδουν κίτρινο, καφέ και κόκκινο χρώμα, ενώ είναι υπεύθυνες για τη στυπτικότητα και την πικράδα των σταφυλιών. Τα σκουρόχρωμα σταφύλια περιέχουν ανθοκυανίνες, ενώ τα λευκά σταφύλια είναι πλούσια σε φλαβαν-3-όλες ή αλλιώς κατεχίνες (Hussain et al., 2021).

Ωστόσο, η συσσώρευση αυτών των ενώσεων στα σταφύλια επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες, όπως η τοποθεσία καλλιέργειας, η ποικιλία, η ωριμότητα, η αποθήκευση μετά τον τρύγο, οι περιβαλλοντικοί παράγοντες, όπως, οι συνθήκες φωτισμού, η θερμοκρασία, η γονιμότητα του εδάφους, το νερό, η παρουσία μικροοργανισμών και οι καλλιεργητικές τεχνικές κατά τον κύκλο ανάπτυξης των αμπελιών (Sabra et al., 2021).

2.1.5 Ευεργετικές ιδιότητες των σταφυλιών για την υγεία του ανθρώπου

Όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο υποκεφάλαιο, τα σταφύλια αποτελούν πλούσια πηγή βιοδραστικών ουσιών με πολλά οφέλη στην ανθρώπινη υγεία. Διαθέτουν αντιοξειδωτικές, αντιμικροβιακές, αντιφλεγμονώδεις,

καρδιοπροστατευτικές, αντιδιαβητικές και αντικαρκινικές ιδιότητες και έχουν πολυάριθμες εφαρμογές στη βιομηχανία των τροφίμων (Sabra et al., 2021) ; (Zhou et al., 2022).

Αντιοξειδωτικές ιδιότητες

Το σταφύλι είναι ένα φρούτο που κατέχει έντονο αντιοξειδωτικό χαρακτήρα, καθώς και δυνατότητες εξάλειψης των βλαβερών ελεύθερων ριζών οι οποίες οδηγούν σε οξειδωτικό στρες τον ανθρώπινο οργανισμό, εξαιτίας των άφθονων φυτοχημικών ουσιών που εμπεριέχει. Πιο συγκεκριμένα η δράση αυτή οφείλεται στις πολυφαινόλες των σταφυλιών ,όπως η κερκετίνη, η καεμφερόλη, η κατεχίνη, το γαλλικό οξύ, η ρεσβερατρόλη, οι προανθοκυανιδίνες, οι ανθοκυάνες, τα φλαβονοειδή και τα καροτενοειδή (Zhou et al., 2022) ; (Hussain et al., 2021). Το οξειδωτικό στρες έχει αναφερθεί πως εμπλέκεται σε μια σειρά χρόνιων ασθενειών, όπως ο καρκίνος, ο διαβήτης, τα καρδιαγγειακά νοσήματα, η νόσος του Alzheimer και η νόσος του Parkinson. Τα σταφύλια που είναι πλούσια σε αντιοξειδωτικά έχουν την ικανότητα να μειώνουν το οξειδωτικό στρες in vivo και αποτελούν μια αποτελεσματική προσθήκη στη διατροφή του ανθρώπου, για την πρόληψη αυτών των ασθενειών (Liu et al., 2018).

Οι σημαντικότερες πολυφαινόλες των σταφυλιών είναι η κατεχίνη, το γαλλικό οξύ, η ρεσβερατρόλη, οι προκυανιδίνες, οι ανθοκυάνες και τα καροτενοειδή.

Οι κατεχίνες και το γαλλικό οξύ, που περιέχονται στα γίγαρτα και τις φλούδες των σταφυλιών έχουν επιδείξει σημαντικές προστατευτικές επιδράσεις, κατά της οξειδωτικής βλάβης του DNA (Yilmaz & Toledo, 2004).

Η ρεσβερατρόλη έχει υψηλή αντιοξειδωτική δράση και βρίσκεται σε υψηλή συγκέντρωση στη φλούδα του σταφυλιού, ιδίως στα κόκκινα σταφύλια.

Οι προκυανιδίνες βρίσκονται στα γίγαρτα και τη φλούδα των σταφυλιών και αναστέλλουν τη λειτουργία του ενζύμου οξειδάση της ξανθίνης, το οποίο είναι υπεύθυνο για τη δημιουργία και ανάπτυξη των ελεύθερων ριζών (Ma & Zhang, 2017).

Οι ανθοκυανίνες, ως χρωστικές των σταφυλιών έχουν εξέχουσα σημασία στη δομή των σταφυλιών και τη παραγωγή οίνων, λόγω του διττού τους χαρακτήρα. Η πρώτη και κύρια λειτουργία τους είναι οργανοληπτική, καθώς τα επίπεδα στα οποία υπάρχουν στα σταφύλια, οι διάφορες μορφές και τα παράγωγά τους σχετίζονται άμεσα με τον χρωματισμό των τελικών προϊόντων. Έπειτα, διαθέτουν πολλές βιολογικές ιδιότητες και θεωρούνται μεταβολίτες με σημαντική διατροφική αξία. Οι ανθοκυανίνες παρουσιάζουν προστασία από οποιαδήποτε οξειδωτική βλάβη του γενετικού υλικού, γενικότερη αντιοξειδωτική δράση, καθώς και αντιφλεγμονώδη δράση (Kallithraka et al., 2009).

Τα καροτενοειδή διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη διατροφή του ανθρώπου, καθώς ενεργούν ως προβιταμίνη Α, αλλά και ως αντιοξειδωτικά, για την πρόληψη του εκφυλισμού της ωχράς κηλίδας που σχετίζεται με την ηλικία ή την προστασία του δέρματος από την υπεριώδη ακτινοβολία (Bunea et al., 2012).

Αντιμικροβιακές ιδιότητες

Οι φαινολικές ενώσεις των σταφυλιών, ρεσβερατρόλη και τα στυλβένια έχουν επιδείξει δυννητική αντιμικροβιακή δράση κατά βακτηρίων που μεταδίδονται με τρόφιμα (*E. coli*, *Listeria spp.*, *Salmonella spp.*), ιών (ηπατίτιδα, αδένα, ρότα), μυκήτων (*Candida*, *Albicans*, *Botryris cinera*), παθογόνων μικροοργανισμών και τοξινών. Η αντιική δράση της ρεσβερατρόλης κατά της γρίπης συμβαίνει κυρίως μέσω της παρεμπόδισης του πολλαπλασιασμού των ιικών κυττάρων, με την αναστολή των ριβονουκλεοπρωτεϊνών του ιού (Hussain et al., 2021).

Αντιφλεγμονώδεις ιδιότητες

Οι φλεγμονές που προσβάλλουν τον ανθρώπινο οργανισμό, επηρεάζονται από τη διατροφή. Αντίστοιχα, οι φλεγμονές συσχετίζονται με το οξειδωτικό στρες. Τα σταφύλια εξαιτίας των φυτοχημικών συστατικών που εμπεριέχουν, δύνανται να επηρεάσουν τόσο τις διάφορες φλεγμονές, όσο και τα ποσοστά του οξειδωτικού στρες, όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Τα εκχυλίσματα του σταφυλιού και τα φυτοχημικά που περιέχουν, μπορούν επίσης να επηρεάσουν όλη τη πορεία της ανάπτυξης των ιών και τελικά να αποτρέψουν μια επικείμενη φλεγμονή.

Σύμφωνα με κλινικές και προκλινικές μελέτες *in vivo*, καταδεικνύεται πως η πρόσληψη αντιοξειδωτικών φυτοχημικών ουσιών του σταφυλιού, έχει τη δυνατότητα να τροποποιήσει τόσο τους μηχανισμούς όσο και το βαθμό της τοπικής φλεγμονής.

Καρδιοπροστατευτικές ιδιότητες

Οι καρδιαγγειακές παθήσεις πλήττουν το 12% του παγκόσμιου πληθυσμού. Η κατανάλωση φρούτων σταφυλιού έχει γνωστές και τεκμηριωμένες καρδιοπροστατευτικές επιδράσεις έναντι του εμφράγματος του μυοκαρδίου και της ισχαιμικής καρδιακής νόσου, καθώς και αντιθρομβωτικές ιδιότητες, εξαιτίας των πληθώραν πολυφαινολών που περιέχουν (Sabra et al., 2021). Οι ταννίνες του σταφυλιού μειώνουν τη συσσώρευση και απορρόφηση χοληστερόλης LDL προάγοντας την έκκριση χολής και ως εκ τούτου παρουσιάζουν προστατευτική δράση, έναντι των καρδιαγγειακών νοσημάτων.

Το 1979, οι St. Leger et al. εστίασαν τη προσοχή τους στις προστατευτικές επιδράσεις που έχει το κρασί ενάντια στην ισχαιμική καρδιακή νόσο. Σύμφωνα με επιδημιολογικά δεδομένα, που συλλέχθηκαν από τον ΠΟΥ (Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας) στη Τουλούζη της Γαλλίας, αποδείχθηκε ότι η θνησιμότητα στη συγκεκριμένη περιοχή ήταν χαμηλότερη, σε σύγκριση με άλλες 17 δυτικές χώρες. Το αποτέλεσμα αυτό ονομάστηκε «γαλλικό παράδοξο», καθώς η διατροφή των γάλλων είναι υψηλή σε κατανάλωση κορεσμένων λιπαρών, συγκρινόμενη με τη διατροφή των υπόλοιπων χωρών. Η εξήγηση του «παράδοξου» βασίστηκε στην αυξημένη κατανάλωση κρασιού στη Γαλλία και άλλες μεσογειακές χώρες, τα συστατικά του οποίου είχαν θετικές επιδράσεις στη πρόληψη των καρδιαγγειακών νοσημάτων.

Περαιτέρω αποδείξεις ότι η περιεκτικότητα του κρασιού σε πολυφαινόλες ευθύνεται για τα καρδιαγγειακά οφέλη μπορούν να αντληθούν από μελέτες όπου συγκρίνονται διαφορετικοί τύποι κρασιού μεταξύ τους.

Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις πολυφαινολών σταφυλιών εντοπίζονται στη φλούδα, στους μίσχους και στα γίγαρτα. Η μεγαλύτερη επαφή με αυτά τα

συστατικά κατά την παραγωγή του κόκκινου κρασιού αυξάνει την περιεκτικότητα σε πολυφαινόλες έως και 10 φορές σε σύγκριση με το λευκό κρασί. Οι ερευνητές υποθέτουν ότι αυτή η διαφορά στην περιεκτικότητα σε φυτοχημικές ουσίες εξηγεί το αναφερόμενο πρόσθετο όφελος του κόκκινου κρασιού για την υγεία σε σχέση με το λευκό κρασί. Προς υποστήριξη αυτής της πιθανότητας, πολυάριθμες μελέτες σε ανθρώπους δείχνουν ότι το κόκκινο κρασί έχει μεγαλύτερη αντιοξειδωτική δράση και ευνοϊκότερες επιδράσεις στον μεταβολισμό των λιπιδίων από ό,τι το λευκό κρασί (Dohadwala & Vita, 2009).

Αντιδιαβητικές ιδιότητες

Ο διαβήτης αποτελεί τη τέταρτη κύρια αιτία θνησιμότητας παγκοσμίως. Γι' αυτό το λόγο η διαιτητική διαχείριση του διαβήτη είναι μία σημαντική στρατηγική που συνίσταται, ώστε να μειωθούν τα επίπεδα θνησιμότητας.

Οι πολυφαινόλες των σταφυλιών έχει αποδειχθεί μέσω ερευνών *in vivo*, πως διαθέτουν και αντιδιαβητική δράση. Επιπλέον, τα σάκχαρα του σταφυλιού (γλυκόζη και φρουκτόζη) έχουν χαμηλό αντίκτυπο στην παραγωγή ινσουλίνης, γεγονός το οποίο σημαίνει ότι δύναται να αποτραπεί η εμφάνιση διαβήτη τύπου 2 (Hussain et al., 2021).

Το προϊόν με τη μεγαλύτερη αντιδιαβητική δράση είναι το εκχύλισμα από τα γίγαρτα του σταφυλιού. Η ιδιότητα αυτή αποδίδεται στις διάφορες πρωτεΐνες και ένζυμα που βρίσκονται στη σύσταση των σταφυλιών, όπως αναφέρεται και στην έρευνα των Akaberi & Hosseinzadeh (2016) (Saini et al., 2022).

Αντικαρκινικές ιδιότητες

Τα αντιοξειδωτικά συστατικά του σταφυλιού έχουν προσελκύσει αυξημένη προσοχή για τις πιθανές αντικαρκινικές τους ιδιότητες. Ορισμένες μελέτες δείχνουν, ότι η υψηλή κατανάλωση των συστατικών αυτών στη διατροφή των ανθρώπων, που περιέχονται στα σταφύλια, θα μπορούσαν να σχετίζονται με τη μείωση του κινδύνου εμφάνισης ορισμένων μορφών καρκίνου, όπως ο καρκίνος του μαστού και του παχέος εντέρου.

Λαμβάνοντας υπόψη την ποικιλομορφία των αντιοξειδωτικών ουσιών του σταφυλιού είναι πολύ πιθανό, οι ενώσεις αυτές να ασκούν δυνητική αντικαρκινική δράση παρεμβαίνοντας σε πολλαπλές κυτταρικές διεργασίες, οι οποίες σχετίζονται με την εμφάνιση, την ανάπτυξη και την εξέλιξη των καρκινικών όγκων.

Τα αντιοξειδωτικά φυτοχημικά που βρίσκονται κυρίως στις φλούδες και τα γίγαρτα των σταφυλιών, ιδίως οι προανθοκυανιδίνες (GSPs), οι ταννίνες, οι ανθοκυανίνες, τα φλαβονοειδή, η ρεσβερατρόλη και η κερκετίνη, μεταξύ άλλων παρουσιάζουν πολλές υποσχόμενες ανασταλτικές επιδράσεις σε μια κατηγορία καρκινικών κυττάρων (Pezzuto, 2016).

Συνοπτικά, όσον αφορά την πρόληψη και τη θεραπεία του καρκίνου, τα εκχυλίσματα που παράγονται από τη σύνθλιψη των φλούδων και των γιγάρτων του σταφυλιού έχουν ερευνηθεί περισσότερο από κάθε άλλο μέρος των σταφυλιών, για τις πιθανές αντικαρκινικές τους δραστηριότητες. Ωστόσο, οι περισσότερες διαθέσιμες έρευνες και πειράματα επικεντρώνονται στις *in vitro* δραστηριότητές των φυτοχημικών ουσιών και στους μηχανισμούς τους.

Δεδομένου ότι η απορρόφηση αυτών των ενώσεων από τον ανθρώπινο οργανισμό είναι περιορισμένη, πρέπει να προσδιοριστούν οι δοσολογικές αποκρίσεις τους, σε ζώα και ανθρώπους, καθώς και τα *in vivo* πιθανά αποτελέσματά τους. Οπότε η δυνητική χρήση των εκχυλισμάτων από τις φλούδες και τα γίγαρτα των σταφυλιών, για τη πρόληψη διάφορων καρκινικών μορφών έχει μεγάλες δυνατότητες και απαιτείται η περαιτέρω διερεύνηση αυτού του σημαντικού πεδίου (Zhou & Raffoul, 2012).

2.2 Μετασυλλεκτικές ασθένειες σταφυλιών

Το αμπέλι είναι μια σημαντική καλλιέργεια με δυνατότητες εξαγωγών προϊόντων προστιθέμενης αξίας. Παγκοσμίως, οι απώλειες μετά τη συγκομιδή, που προκαλούνται από μικροοργανισμούς έχουν εκτιμηθεί σε ποσοστό έως και 50% της συνολικής σοδειάς. Τα σταφύλια είναι ευάλωτα τόσο σε προσυλλεκτικές όσο

και σε μετασυλλεκτικές ασθένειες, όπως φαίνεται και στον Πίνακα 2.1 (Singh et al., 2021).

Πίνακας 2.1. Οι κυριότερες προσυλλεκτικές και μετασυλλεκτικές ασθένειες των αμπελιών και των σταφυλιών και τα παθογόνα αίτια τους (Alajrami & Naser, 2019).

Ασθένεια	Παθογόνο αίτιο	Πηγή
Περονόσπορος (Downy mildew)	<i>Plasmopara viticola</i>	(Downy Mildew of Grape, 2016)
Ωίδιο (Powdery mildew)	Γένη: <i>Uncinula</i> , <i>Erysiphe</i> , <i>Microsphaera</i> , <i>Podosphaera</i> , <i>Sphaerotheca</i>	(Powdery Mildew Description, Symptoms, & Control, 2017)
Ανθράκωση (Anthracnose)	Γένη: <i>Colletotrichum</i> , <i>Gloeosporium</i>	(Anthracnose Description, Symptoms, & Control, n.d.)
Πικρή σήψη (Greeneria bitter rot)	<i>Greeneria uvicola</i>	(Paret et al., 2011)
Βακτηριακή κηλίδωση των φύλλων	<i>Xanthomonas campestris</i> ,	(Bacterial Leaf Spot: A Comprehensive Guide to a Common Plant

(Bacterial leaf spot)	<i>Pseudomonas syringae</i>	Disease - PlantPropagation.org, 2023)
Αλτερναρίωση (Alternaria blight)	<i>Alternaria brassicae</i>	(Fatima et al., 2019)
Βακτηριακή μαύρη σήψη (Black rot)	<i>Xanthomonas campestris</i>	(Anonymous, 2015)
Κυανή σήψη (Blue mould rot)	<i>Penicillium italicum</i>	(Wang et al., 2018)
Μαύρη σήψη από είδη Aspergillus (Black mould rot)	<i>Aspergillus spp.</i>	(Plascencia-Jatomea et al., 2014)
Πράσινη σήψη (Green mould rot)	<i>Penicillium digitatum</i>	(Cheng et al., 2020)
Σήψη από είδη Rhizopus (Rhizopus rot)	<i>Rhizopus oryzae,</i> <i>Rhizopus stolonifer</i>	(Plant Disease, 2005)
Τεφρά σήψη (Botrytis bunch rot)	<i>Botrytis cinerea</i>	(Cheung et al., 2020)

Σκωρίαση (Rust)	<i>Phakopsora euvitis</i>	(Primiano et al., 2017)
Foot rot ή Black foot	<i>Cylindrocarpon spp.</i>	(Mundy, 2015)

Τα επιτραπέζια σταφύλια, λόγω της υψηλής περιεκτικότητας σε σάκχαρα και του εύκολου τραυματισμού είναι κατάλληλοι ξενιστές για διάφορα είδη μυκήτων και βακτηρίων. Αν και η ευαισθησία των ποικιλιών ως προς την ευκολία επιμόλυνσης διαφέρει όλα τα επιτραπέζια σταφύλια μπορούν να μολυνθούν εάν οι συνθήκες είναι ευνοϊκές για ένα συγκεκριμένο παθογόνο (Fourie, 2008).

Οι σήψεις που προκαλούνται από είδη των γενών των μυκήτων *Aspergillus*, *Botrytis*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Mucor*, *Rhizopus* και *Alternaria* είναι οι κύριοι παράγοντες που μειώνουν τη ποιότητα και την ποσότητα της παραγωγής των επιτραπέζιων σταφυλιών μετά τη συγκομιδή (Singh, 2016). Τις συνηθέστερες μετασυλλεκτικές ασθένειες των σταφυλιών (Πίνακας 2.1), αποτελούν η μπλε σήψη (Blue mould rot), η μαύρη σήψη (Black mould rot), η πράσινη σήψη (Green mould rot), η τεφρά σήψη που προκαλείται από μύκητες του γένους *Rhizopus* (*Rhizopus* rot) και η τεφρά γκρι σήψη (*Botrytis* bunch rot) (Alajrami & Naser, 2019), (Mitra, 2021).

Μετά τη συγκομιδή των σταφυλιών, σήψη προκαλείται κυρίως από το σαπροφυτικό είδος *B. cinerea*, ωστόσο υπάρχουν και άλλα παθογόνα, όπως προαναφέρθηκε, τα οποία δρουν ανάλογα με τις συνθήκες αποθήκευσης. Οι μολυσματικές ύλες που εμπλέκονται στην πρόκληση μιας ασθένειας είναι πανταχού παρούσες επιβιώνουν κυρίως στον αμπελώνα ή σε γειτονικούς οπωρώνες άλλων ειδών φρούτων ή κηπευτικών καλλιεργειών. Τα είδη των παθογόνων που προκαλούν σήψη έχουν διαφορετικούς ξενιστές και διάφορους φορείς που μεταφέρουν τα σπόριά τους, όπως είναι τα έντομα πχ μύγες, μέλισσες και μυρμήγκια (Fourie, 2008).

Η τεφρά σήψη (*Botrytis bunch rot*) αρχίζει να εμφανίζεται κατά τη φάση του μαλακώματος της σάρκας των καρπών. Η εξάπλωση της ασθένειας σε ολόκληρα τα τσαμπιά, γίνεται με την κάλυψη αυτών από μια γκρίζα σκόνη, η οποία αποτελεί τα σπόρια του παθογόνου αιτίου. Ο *B. cinerea* αναφέρεται πως είναι το κυρίαρχο παθογόνο που προκαλεί σήψη στις περισσότερες περιοχές ανά τον κόσμο (Alajrami & Naser, 2019) ; (Zahavi et al., 2000).

Η μπλε ή κυανή σήψη (Blue mould rot) των σταφυλιών προκαλείται από το είδος *P. italicum* και παρατηρείται μετασυλλεκτικά με την ανάπτυξη λευκής-γαλαζοπράσινης εξάνθισης. Τα επιμολυσμένα σταφύλια δίνουν μία έντονη γεύση σήψης στους καταναλωτές. Οι μύκητες αυτοί καλύπτουν ολόκληρη την επιφάνεια των ραγών και μεταδίδονται ταχύτατα από τσαμπί σε τσαμπί (Bhatta, 2022).

Τα είδη του γένους *Aspergillus* εισέρχονται στις ράγες των τσαμπιών μέσω υπαρχόντων τραυματισμών, οι οποίοι προκαλούνται από λανθασμένους χειρισμούς κατά τη μετασυλλεκτική περίοδο των σοδειών και κυρίως κατά τη μεταφορά και την αποθήκευσή τους και προκαλούν τη μαύρη σήψη των σταφυλιών (Black mould rot) (Cohen et al., 2021).

Η πράσινη σήψη (Green mould rot) με παθογόνο αίτιο το του *P. digitatum*, προκαλείται μέσω της εισόδου του μύκητα των μικροοργανισμών από σε τραυματισμούς των συγκομισμένων καρπών των σταφυλιών και αποχρωματίζοντας τις ράγες μετατρέποντάς τις σε κιτρινοπράσινες και στη συνέχεια οδηγώντας τις σε συρρίκνωση των προσβεβλημένων καρπών (Palou, 2014).

Η σήψη από είδη του γένους *Rhizopus spp.* (*Rhizopus rot*) προκαλεί σε μετασυλλεκτικό στάδιο, αρχικά ακανόνιστες, στρογγυλές, με ανοιχτό καφέ χρωματισμό, υδαρείς αλλοιώσεις στην επιφάνεια των προσβεβλημένων καρπών, οι οποίες αναδύουν δυσάρεστη οσμή μούχλας. Στη συνέχεια, σε όλη την έκταση των καρπών αναπτύσσεται μια κονιορτώδης, χνουδωτή εξάνθιση, που αποτελείται από μια μάζα μαύρων σπορίων και λευκών μυκηλίων δημιουργώντας ένα παχύ στρώμα γκρίζας μούχλας. Η ανάπτυξη του συγκεκριμένου παθογόνου γίνεται

ιδανικά σε θερμές και υγρές περιβαλλοντικές συνθήκες (Stone Fruit Disease - Rhizopus Rot, 2023).

Οι παθογόνοι μύκητες που μελετώνται κυρίως είναι οι *Aspergillus spp.*, *Penicillium spp.*, *Rhizopus spp.* και *B. cinerea*. Ωστόσο, στη βιβλιογραφία αναφέρονται τελευταία και άλλοι παθογόνοι μύκητες του σταφυλίου επιπρόσθετοι στα προαναφερθέντα γένη, όπως το γένος *Colletotrichum spp.*, *Phomopsis spp.* και *Lasiopodia spp.* (Di Canito et al., 2021).

2.3 Απώλειες και κίνδυνοι μετασυλλεκτικών ασθενειών σε σταφύλια και παραγόμενα από αυτά προϊόντα

Εξαιτίας των συνεχώς αυξανόμενων προσβολών των σταφυλίων από μετασυλλεκτικές ασθένειες οι απώλειες που σημειώνονται μετά τη συγκομιδή μπορεί να είναι εξαιρετικά υψηλές και μερικές φορές να φθάνουν το 50% της συνολικής παραγωγής. Οι απώλειες αυτές σημειώνονται, λόγω των ακατάλληλων χειρισμών και της έλλειψης σωστών μεθόδων και μέσων για τη πρόληψη των μετασυλλεκτικών ασθενειών (Youssef et al., 2022).

Πιο συγκεκριμένα, οι αλλοιώσεις των σταφυλίων προκαλούν απώλειες της τάξης του 30-40% στις ανεπτυγμένες χώρες, οι οποίες διαθέτουν προηγμένες τεχνολογίες και έως 50% και άνω στις αναπτυσσόμενες χώρες.

Οι απώλειες, μπορούν να κατανεμηθούν σε διάφορους τύπους, με βάση τις διαφορές ως προς τα στάδια της μετασυλλεκτικής διαδικασίας. Μπορεί να είναι άμεσες ή έμμεσες. Παρατηρείται σε κάποιες περιπτώσεις απώλεια βάρους, δηλαδή μείωσης της περιεκτικότητας του προϊόντος σε υγρασία κατά τη μετασυλλεκτική περίοδο, ποιοτική απώλεια ως προς τα θρεπτικά συστατικά ενός προϊόντος, ποσοτική απώλεια λόγω φυσικών παραγόντων, οικονομική απώλεια που είναι το αποτέλεσμα όλων των παραπάνω αιτιών και οι αναπόφευκτες απώλειες, λόγω μηχανικών τραυματισμών και άλλων παραγόντων. Οι τελευταίες μπορούν να αντισταθμιστούν με την αύξηση του ρυθμού παραγωγής, ώστε να είναι υψηλότερος από τον ρυθμό εμφάνισης των απωλειών (Singh et al., 2021).

Οι περισσότεροι μύκητες δεν παράγουν μυκοτοξίνες. Υπάρχουν χιλιάδες μυκοτοξίνες, αλλά μόνο λίγες παρουσιάζουν σημαντικές προκλήσεις για την ασφάλεια των τροφίμων. Παράγονται κυρίως από τα είδη: *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Alternaria*, *Claviceps* και *Stachybotrys* (Milićević et al., 2010), τα οποία μπορούν να αναπτύξουν τοξίνες κατά την παραγωγή, τη συγκομιδή ή την αποθήκευση διάφορων προϊόντων, συμπεριλαμβανομένων των σταφυλιών.

Οι μυκοτοξίνες είναι από τις πιο ισχυρές μεταλλαξιογόνες και καρκινογόνες ουσίες που είναι ευρέως γνωστές. Οι επιδράσεις τους αποτελούν χρόνιους κινδύνους για την υγεία. Η παρατεταμένη έκθεση σε μυκοτοξίνες μέσω της διατροφής έχει συνδεθεί με καρκίνο και ασθένειες των νεφρών, του ήπατος και του ανοσοποιητικού συστήματος. Ορισμένα τρόφιμα είναι συχνά μολυσμένα από πολυάριθμα είδη τοξινών, αλλά οι περισσότερες μελέτες έχουν επικεντρωθεί στην εμφάνιση και στην τοξικολογία μιας μόνο μυκοτοξίνης, ανά τρόφιμο. Σύμφωνα με τον Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας (Food and Agriculture Organization (FAO)), περίπου το 25% των τροφίμων που παράγονται στον κόσμο είναι μολυσμένα με τουλάχιστον μία μυκοτοξίνη (Rogowska et al., 2019).

Η κατάποση μυκοτοξινών μπορεί να προκαλέσει διάφορες χρόνιες και οξείες επιδράσεις στην ανθρώπινη υγεία, όπως ηπατοτοξικές, γονοτοξικές, δερματοτοξικές, ανοσοκατασταλτικές, οιστρογονικές, νεφροτοξικές, μεταλλαξιογόνες, τερατογόνες και/ή καρκινογόνες επιπτώσεις. Επιπλέον, οι μυκοτοξίνες δεν εξαλείφονται πλήρως κατά τη διάρκεια των διαδικασιών επεξεργασίας των τροφίμων και έχουν τη δυνατότητα να μολύνουν και τα επεξεργασμένα προϊόντα τροφίμων. Σε αντίθεση με τις μολυσματικές ασθένειες, οι μυκοτοξινώσεις, λόγω των χρόνιων επιπτώσεών που έχουν στον άνθρωπο έχουν παραμεληθεί στις περισσότερες αναπτυσσόμενες χώρες (Alshannaq & Yu, 2017).

Έχουν ταυτοποιηθεί αρκετές εκατοντάδες διαφορετικές μυκοτοξίνες, αλλά οι πιο συχνά παρατηρούμενες μυκοτοξίνες, που παρουσιάζουν ανησυχία για την

ανθρώπινη υγεία, περιλαμβάνουν τις αφλατοξίνες, την ωχρατοξίνη Α, την πατουλίνη και τις φουμοσίνες (Gonçalves et al., 2019).

Η έκθεση των σταφυλιών σε μυκητιακή μόλυνση στον αμπελώνα μπορεί να αυξήσει τους κινδύνους για την υγεία λόγω της παρουσίας μυκοτοξινών. Αν και διάφορα είδη μυκήτων μπορούν να μολύνουν τα σταφύλια, τα κυριότερα είδη είναι εκείνα που παράγουν ωχρατοξίνη Α (OTA) και είναι κυρίως το γένος *Aspergillus* και δευτερευόντως το γένος *Penicillium*. Ως εκ τούτου, αποτελούν μακράν το μεγαλύτερο πρόβλημα στην αλλοίωση των σταφυλιών. Η OTA, για την οποία έχει ψηφιστεί εκτεταμένη νομοθεσία (Di Canito et al., 2021), αποτελεί κυρίως πρόβλημα πριν από τη συγκομιδή, αλλά η τοξίνη είναι ανθεκτική και υπάρχει σε πολλά προϊόντα σταφυλιών. Περιστασιακά, άλλοι μύκητες παράγουν μυκοτοξίνες στα σταφύλια, όπως η πατουλίνη (PAT) από το είδος *P. expansum* ή οι αφλατοξίνες (AFs) από τα είδη *A. flavus* και *A. parasiticus*. Η εμφάνιση της PAT αποτελεί κυρίως πρόβλημα πριν από τη συγκομιδή στα επιτραπέζια σταφύλια και στους χυμούς σταφυλιών, αλλά σπάνια εμφανίζεται σε υψηλά, μη επιτρεπόμενα επίπεδα.

Αντίθετα, οι AFs αποτελούν κυρίως μετασυλλεκτικό πρόβλημα σε αποξηραμένους καρπούς σταφυλιών (σταφίδες) και μπορούν επίσης να εμφανιστούν σε πολύ συγκεκριμένους, ειδικούς οίνους, λόγω ακατάλληλων συνθηκών ξήρανσης των σταφυλιών π.χ λιάσιμο σταφυλιών σε υπαίθριο χώρο (Khashaba et al., 2018).

Πειράματα in vitro έχουν δείξει, πως το είδος *B. cinerea*, το οποίο είναι συχνά παρόν στα σταφύλια, αποτελεί ισχυρό ανταγωνιστή του *P. expansum* όταν συμβιώνουν στον ίδιο ξενιστή, καθώς μεταβολίζει την PAT. Επιπλέον, αρκετοί συγγραφείς έχουν αναφέρει ότι παρουσία συγκεκριμένων στελεχών *B. cinerea* το *P. expansum* παράγει γεωσμίνη, η οποία πιστεύεται ότι παίζει ρόλο στον ανταγωνισμό με άλλα είδη μυκήτων και προκαλεί οργανοληπτική υποβάθμιση των προϊόντων. Η γεωσμίνη αυξάνει τον αποικισμό του *P. expansum* και κατά συνέπεια την παραγωγή μυκοτοξινών (Gonçalves et al., 2019).

Η μόλυνση τροφίμων όπως τα επιτραπέζια σταφύλια, οι αποξηραμένοι καρποί σταφυλιών (σταφίδες), το κρασί και ο χυμός σταφυλιών παρατηρείται παγκοσμίως. Οι μυκοτοξίνες εμφανίζονται στην τροφική αλυσίδα ως αποτέλεσμα της μόλυνσης των καλλιεργειών από κάποιο μυκητιακό στέλεχος τόσο πριν όσο και μετά τη συγκομιδή (World Health Organization, 2023).

Η εμφάνιση μυκήτων στα συγκομισμένα προϊόντα μπορεί να γίνει αντιληπτή από τους καταναλωτές μέσω δυσάρεστων αλλαγών στο άρωμα και τη γεύση των τροφίμων, που δημιουργούνται από την παρουσία μυκοτοξινών και αυτό αποτελεί μεγάλη ανησυχία για τις βιομηχανίες. Επιπλέον, η OTA είναι η πιο συχνά αναφερόμενη μυκοτοξίνη σε χυμούς σταφυλιού και σε οίνους (Welke, 2019).

Τα γένη *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Alternaria* και *Penicillium* είναι τα συχνότερα εμφανιζόμενα παθογόνα στο σταφύλι και τα προϊόντα του. Η εμφάνιση τόσο των μυκήτων στα προϊόντα, αλλά και η ανάπτυξη των μυκοτοξινών τους είναι αναπόφευκτη. Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο η Ε.Ε έχει θεσπίσει όρια για τις επιτρεπόμενες και μη συγκεντρώσεις των μυκοτοξινών σε διάφορα προϊόντα των σταφυλιών (Kizis et al., 2021).

Η φουμονισίνη B2 (FB2) και οι OTA είναι οι μυκοτοξίνες που ανιχνεύονται συχνότερα στα σταφύλια. Το κύριο είδος που είναι υπεύθυνο για την παραγωγή OTA στα σταφύλια είναι το *A. carbonarius*, αλλά και από τα είδη *A. ochraceus* και το *A. niger*, με το τελευταίο να απομονώνεται συχνότερα σε σύγκριση με τα υπόλοιπα. Το γένος *Penicillium* φαίνεται επίσης να είναι υπεύθυνο για τη μόλυνση από OTA. Διάφορα είδη *Penicillium* μπορούν να μολύνουν τα σταφύλια, με το *P. verrucosum* να κατέχει τον πιο ενεργό ρόλο ως προς τη παρουσία OTA (Cosme et al., 2024).

Το κρασί μαζί με τους χυμούς σταφυλιών αποτελούν τη δεύτερη πιο συχνή πηγή πρόσληψης OTA αμέσως μετά τα προϊόντα από σιτηρά (Pushparaj et al., 2023). Εκτός από την OTA, οι μυκοτοξίνες του γένους *Alternaria* έχουν ήδη ανιχνευθεί σε χυμούς σταφυλιών. Οι Dachery et al. (2017) μελέτησαν την επίδραση που έχει η επεξεργασία των σταφυλιών στη παραγωγή OTA κατά την διαδικασία παραγωγής χυμού σταφυλιών και κατά την οиноποίηση. Από αυτή τη μελέτη

διαπιστώθηκε πως υπήρξε 73 66% και 44% μείωση των επιπέδων OTA για τον χυμό σταφυλιών, το κόκκινο κρασί και το λευκό κρασί, αντίστοιχα.

Κατά την παραγωγή σταφίδων, η παρουσία και η ποσότητα των μυκοτοξινών εξαρτάται από την αρχική περιεκτικότητα στα σταφύλια, την επίδραση της ξήρανσης στη συγκέντρωση των τοξινών και την περαιτέρω παραγωγή τοξινών κατά την αποθήκευση, εάν οι συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας ευνοούν την παραγωγή μυκοτοξινών. Ανάλογα με τις εδαφοκλιματικές συνθήκες, η περιεκτικότητα σε OTA στις σταφίδες είναι συνήθως υψηλότερη από ότι σε άλλα προϊόντα σταφυλιών (Kizis et al., 2021).

Ως προς τη παραγωγή μυκοτοξινών στους οίνους, τα επίπεδα OTA εξαρτώνται τόσο από την αρχική παρουσία τοξινών στις πρώτες ύλες, όσο και από τη τεχνολογία οινοποίησης που ακολουθείται. Η χρήση βιολογικών παραγόντων κατά την οινοποίηση βοηθά στη μείωση των μυκοτοξινών στον οίνο. Οι γλυκείς, επιδόρπιοι ή ενισχυμένοι οίνοι τείνουν να έχουν υψηλότερη επίπεδο OTA λόγω της υψηλότερης συγκέντρωσής τους στις πρώτες ύλες εξαιτίας του υψηλού επιπέδου σακχάρων, ενώ οι ξηροί ερυθροί οίνοι τείνουν να έχουν υψηλότερο επίπεδο και από τους ροζέ και από τους λευκούς οίνους, κυρίως λόγω των διαφορετικών αρχικών σταδίων κατά την οινοποίηση. Μετά τη σύνθλιψη των σταφυλιών, η οινοποίηση ξεκινά με ένα στάδιο εκχύλισης που περιλαμβάνει την επαφή μεταξύ γλεύκους και φλοιού σταφυλιών, για την αύξηση της εκχύλισης των φαινολικών και άλλων ενώσεων από την φλούδα των τελευταίων. Αυτό το στάδιο της εκχύλισης διαρκεί περισσότερο στην ερυθρή οινοποίηση από ότι κατά την λευκή οινοποίηση. Συνεπώς, αυτό το στάδιο ευνοεί τη διαλυτότητα των OTA στο γλεύκος και τη μεταφορά τους κατ'επέκτασιν στο τελικό εμφιαλωμένο προϊόν (Gonçalves et al., 2019).

2.4 Αντιμετώπιση μετασυλλεκτικών ασθενειών σταφυλιών

Σήμερα, ο τομέας της αμπελουργίας έχει μεγάλο κίνητρο να αναπτύξει βιώσιμες προσεγγίσεις για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής, η οποία επηρεάζει

ολόκληρη την αμπελουργία σε όλο τον κόσμο. Συγκεκριμένα, ορισμένες περιοχές πλήττονται από όλο και πιο εκτεταμένες βροχοπτώσεις με κίνδυνο υδρογεωλογικής αστάθειας, ενώ άλλες πλήττονται από πρωτοφανείς ξηρασίες και καύσωνες (Jones et al., 2022).

Από μικροβιολογική άποψη, η κλιματική αλλαγή θα μπορούσε να αυξήσει τον κίνδυνο ασθενειών των φυτών λόγω του πολλαπλασιασμού των παθογόνων μυκήτων που ανήκουν στα γένη *Botrytis*, *Penicillium* και *Aspergillus*. Ο ανεξέλεγκτος πολλαπλασιασμός τους θα μπορούσε να προκαλέσει τεράστιες οικονομικές απώλειες. Η κατάσταση αυτή αντιμετωπίζεται συχνά με τη χρήση φυτοφαρμάκων, η κατάχρηση των οποίων οδήγησε την Ευρωπαϊκή Κοινότητα στη θέσπιση κανόνων για τη βιώσιμη χρήση των γεωργικών φαρμάκων, με σκοπό τη μείωση των κινδύνων και των επιπτώσεων τόσο στην υγεία των ανθρώπων όσο και στο περιβάλλον, μέσω του κανονισμού 2009/128/EK της ΕΕ. Επιπλέον, ο εν λόγω κανονισμός προωθεί τη χρήση της ολοκληρωμένης αντιμετώπισης και διαφορετικών προσεγγίσεων ή τεχνικών, όπως οι μη χημικές εναλλακτικές λύσεις φυτοπροστασίας, συμπεριλαμβανομένου του βιολογικού ελέγχου (Di Canito et al., 2021).

Όπως έχει αναφερθεί και στα προηγούμενα υποκεφάλαια, προκειμένου να μειωθούν οι απώλειες των σταφυλιών μετά τη συγκομιδή τους παγκοσμίως υπάρχει ισχυρή ανάγκη για πιο βελτιωμένο χειρισμό, συσκευασία, μεταφορά και αποθήκευση. Μελέτες σχετικές με την πρόληψη και τη διαχείριση των μετασυσλλεκτικών ασθενειών των επιτραπέζιων σταφυλιών υποδεικνύουν τη χρήση διάφορων μεθόδων, όπως φυσικές, βοτανικές, χημικές, μέθοδοι με χρήση φυτικών εκχυλισμάτων και βιολογικές.

Η χρήση συνθετικών μυκητοκτόνων, φυσικών μέτρων, βιολογικών παραγόντων και φυτικών εκχυλισμάτων φέρουν τόσο πλεονεκτήματα όσο και μειονεκτήματα στη διαχείριση των μετασυσλλεκτικών ασθενειών των σταφυλιών. Η συμμόρφωση με την ανάλυση κινδύνων και τα κρίσιμα σημεία ελέγχου (HACCP) πρέπει να λαμβάνεται υπόψη για τον σχεδιασμό στρατηγικών μετασυσλλεκτικής διαχείρισης των σταφυλιών ακολουθώντας τις ορθές γεωργικές πρακτικές (GAP) και τις ορθές

πρακτικές παραγωγής (GMP), για τη συμμόρφωση με τις απαιτήσεις της αγοράς. Οι μέθοδοι για την εξάλειψη του μικροβιακού φορτίου στα σταφύλια περιλαμβάνουν τη φυσική έκθεση σε υπεριώδη ακτινοβολία και την απολύμανση πριν από την αποθήκευση, τη χρήση φυτικών προϊόντων και μορίων που ενεργοποιούν την άμυνα των φυτών κατά τη μεταφορά και την αποθήκευση, τα οποία είναι γνωστό ότι ενισχύουν τη διάρκεια ζωής στο ράφι και μειώνουν τις απώλειες μετά τη συγκομιδή λόγω παθογόνων μυκήτων. Με την εισαγωγή φυσικών εχθρών του παθογόνου μπορεί να περιοριστεί η φυσιολογική ανάπτυξη ή δραστηριότητα του παθογόνου. Παρόλο που τα βοτανικά και τα βιολογικά μέσα αξιολογούνται ως καλύτερα από τα μυκητοκτόνα χρησιμοποιούνται λιγότερο στο εμπόριο (Singh et al., 2021).

Φυσικές μέθοδοι

Παραδοσιακά, τα μετασυλλεκτικά παθογόνα αίτια, ελέγχονται με τη χρήση συνθετικών μυκητοκτόνων. Συχνά ο έλεγχος των μετασυλλεκτικών ασθενειών επιτυγχάνεται με επεξεργασία με ζεστό νερό, θερμική επεξεργασία, χημικά μυκητοκτόνα, βιολογικά και φυτικά προϊόντα. Ωστόσο, οι φυσικές και οι χημικές μέθοδοι έχουν τους δικούς τους περιορισμούς. Ως εκ τούτου, βιολογικά ενεργά φυτικά προϊόντα έχουν μελετηθεί για την αποτελεσματικότητά τους στην προστασία των ευπαθών προϊόντων.

Η χρήση φυσικών μέτρων ελέγχου είναι ενδιαφέρουσα, επειδή μειώνει τη χρήση χημικών ουσιών κατά των παθογόνων μικροοργανισμών κατά τη διάρκεια της μετασυλλεκτικής περιόδου. Η μελέτη της βιβλιογραφίας έδειξε ότι η επεξεργασία με ζεστό νερό μετά τη συγκομιδή έχει επίσης δοκιμαστεί για τον έλεγχο της μετασυλλεκτικής σήψης των σταφυλιών. Τα αποτελέσματα των μελετών έδειξαν, ότι η θερμοκρασία του νερού πρέπει να είναι υψηλότερη από 50°C για να είναι αποτελεσματική η ελάττωση της εμφάνισης της σήψης των σταφυλιών, κατά την αποθήκευση τους σε θερμοκρασία 1°C για 30 ημέρες. Επίσης, οι Coursey και Booth (1972) ανέφεραν πως η αποθήκευση σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα, έχει βρει τεράστια εφαρμογή στην παράταση της διάρκειας ζωής των συγκομισμένων φρούτων. Η χρήση της τροποποιημένης ατμόσφαιρας δεν προτείνεται για

εμπορική χρήση, ωστόσο, ορισμένοι ερευνητές (Berry & Aled, 1997), επιβεβαίωσαν ότι υπάρχουν διάφορα πλεονεκτήματα από τη χρήση της CA για την αποθήκευση σταφυλιών, καθώς καθυστερεί την αναπνοή των σταφυλιών, μειώνει την αμαύρωση των καρπών, διατηρεί τη σφριγηλότητα των ραγών και καθυστερεί την ανάπτυξη της σήψης (Singh, 2016).

Βοτανικές μέθοδοι - Αιθέρια έλαια

Μεταξύ των φυτικών προϊόντων, τα αιθέρια έλαια και τα εκχυλίσματα τους έχουν προσελκύσει το ενδιαφέρον των ερευνητών, για τις αντιβακτηριακές, αντιμυκητιακές, αντιοξειδωτικές και βιορυθμιστικές τους ιδιότητες. Επιπλέον, η χρήση φυσικών προϊόντων όπως φυτικά εκχυλίσματα, αιθέρια έλαια, σαλικυλικό οξύ και χιτοζάνη ή η χρήση αυτών των προϊόντων σε συνδυασμό με άλλες μεθόδους, όπως η ελεγχόμενη ατμόσφαιρα (CA: Controlled Atmosphere) και η τροποποιημένη ατμόσφαιρα (MAP: Modified Atmosphere Packaging) αποθήκευσης έχει διερευνηθεί για τη διαχείριση της αλλοίωσης των επιτραπέζιων σταφυλιών.

Τα αιθέρια έλαια αποτελούν συμπυκνωμένα υδρόφοβα υγρά, που περιέχουν πτητικές, αρωματικές ενώσεις από φυτά. Τα πτητικά συστατικά των αιθέριων ελαίων μπορούν να ταξινομηθούν σε τέσσερις κύριες ομάδες: τα τερπένια, τα παράγωγα του βενζολίου, τους υδρογονάνθρακες και άλλες ενώσεις. Σήμερα, είναι γνωστά περίπου 3.000 αιθέρια έλαια, 300 από τα οποία είναι εμπορικά σημαντικά, ιδίως για τις βιομηχανίες φαρμάκων, γεωπονίας, τροφίμων, υγιεινής, καλλυντικών και αρωμάτων.

Το ενδιαφέρον για τα αιθέρια έλαια και την εφαρμογή τους στη συντήρηση τροφίμων έχει ενισχυθεί τα τελευταία χρόνια, από την ολοένα και πιο αρνητική αντίληψη των καταναλωτών για τα συνθετικά συντηρητικά. Επιπλέον, οι τροφιογενείς ασθένειες αποτελούν ένα αυξανόμενο πρόβλημα δημόσιας υγείας παγκοσμίως, που απαιτεί αποτελεσματικότερες στρατηγικές αντιμετώπισης. Τα περισσότερα αιθέρια έλαια έχουν την ικανότητα να αναστέλλουν τους μετασλλεκτικούς μικροοργανισμούς σε *in vitro* και *in vivo* συνθήκες. Οι Sukatta et al. (2008) ανέφεραν την αποτελεσματικότητα των ελαίων γαρυφάλου και

κανέλας στον έλεγχο της μετασυλλεκτικής σήψης των σταφυλιών, που προκαλείται κυρίως από έξι γένη μυκήτων, όπως τα *Aspergillus*, *Alternaria*, *Colletotrichum*, *Lasioplodia*, *Phomopsis* και *Rhizopus* και απέδειξαν ότι και τα δύο έλαια είναι αποτελεσματικά για τη διαχείριση των μετασυλλεκτικών ασθeneιών των επιτραπέζιων σταφυλιών. Επιπλέον, σε άλλη έρευνα σχετικά με την αντιμυκητιακή δράση των αιθέριων ελαίων, οι Bista et al. (2024), απέδειξαν μετά από δοκιμές in vivo για τον έλεγχο της δυνατότητας χρήσης των φυτικών αιθέριων ελαίων *Cinnamomum tamala*, *Cinnamomum tenuipile* (αιθαλείς ποικιλίες δέντρων), *Cymbopogon flaxuosus* (ποικιλία λεμονόχορτου), *Mentha spicata* (δυόσμος) και *Eucalyptus citriodora* (κιτρώδης ευκάλυπτος), πως υπήρξε σημαντική αναστολή της μυκητιακής ανάπτυξης από τη δράση όλων των αιθέριων ελαίων.

Χημικές μέθοδοι

Οι χημικές εναλλακτικές λύσεις με συμβατικά μυκητοκτόνα για τον έλεγχο των ασθeneιών μετά τη συγκομιδή είναι φυσικές ή συνθετικές ενώσεις. Παραδοσιακά, τα ισχυρά μυκητοκτόνα χρησιμοποιούνται αποτελεσματικά για να εξασφαλίσουν φρούτα υψηλής ποιότητας για παρατεταμένες χρονικές περιόδους. Κατά κύριο λόγο χρησιμοποιείται το διοξείδιο του θείου (SO_2) για τη καταπολέμηση των κυριότερων μετασυλλεκτικών ασθeneιών των σταφυλιών, που προκαλούνται από τους μικροοργανισμούς *Botrytis* και *Penicillium*. Το SO_2 πρέπει να χρησιμοποιείται με προσοχή αποφεύγοντας την υπερδοσολογία, η οποία θα μπορούσε να οδηγήσει σε υπέρβαση των αποδεκτών ορίων υπολειμμάτων και να προκαλέσει οργανοληπτικά μη αποδεκτές ζημιές στα σταφύλια (Fourie, 2008).

Ως εναλλακτική λύση του SO_2 , χρησιμοποιείται το οξικό οξύ, το οποίο θα μπορούσε να προσφέρει πολλά οφέλη στη βιομηχανία επιτραπέζιων σταφυλιών. Οι Crisosto, Garner και Crisosto (2002) διαπίστωσαν ένα εύρος συγκεντρώσεων CO_2 και O_2 ως πιθανό υποκατάστατο της επεξεργασίας με SO_2 για τον έλεγχο της ανάπτυξης σήψης των επιτραπέζιων σταφυλιών κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης.

Επιπλέον έχει αναφερθεί ότι κατά τη διάρκεια της μετασυλλεκτικής απολύμανσης των σταφυλιών με (E)-2-εξενάλη, μια ένωση με αντιμυκητιακή δράση, που παράγεται στους φυτικούς ιστούς, μειώθηκε η αλλοίωση των εξεταζόμενων καρπών. Το συμπέρασμα από τις έρευνες είναι πως η συγκεκριμένη ένωση, προκαλεί βλάβη στις μεμβράνες και τα κυτταρικά τοιχώματα των μυκήτων, η οποία οδηγεί σε κατάρρευση των υφών του μύκητα και τελικά στην υποχώρηση της ασθένειας. Το όζον, επίσης, είναι ένας ισχυρός αντιμικροβιακός παράγοντας και έχει χρησιμοποιηθεί σε πειράματα, για τη διαχείριση της μετασυλλεκτικής σήψης διαφόρων ευπαθών προϊόντων και βρέθηκε ότι είναι υπεύθυνο για τη μείωση της δραστηριότητας του *R. stolonifer*.

Η αιθανόλη βρέθηκε ότι ελαττώνει τη δραστηριότητα του ενζύμου Β-γλυκοσιδάση, που υπάρχει φυσικά στα σταφύλια. Άλλο ένα φυσικό βιοπολυμερές που χρησιμοποιείται για την διαχείριση των μετασυλλεκτικών ασθενειών είναι η χιτοζάνη. Η χιτοζάνη είναι μια διαλυτή μορφή της χιτίνης, η οποία για να χρησιμοποιηθεί και να ενεργοποιηθούν οι αντιμικροβιακές της ιδιότητες, πρέπει να διαλυθεί σε όξινο διάλυμα. Η χιτοζάνη και τα παράγωγά της έχουν φυτοπροστατευτικές και αντιμυκητιακές ιδιότητες. Η χιτοζάνη διαλυμένη σε οξικό οξύ, είναι αποτελεσματική ως προς τη μείωση της τέφρας και της μπλε/κυανής σήψης των επιτραπέζιων σταφυλιών σε μετασυλλεκτικό στάδιο. Ωστόσο, καμία από τις εναλλακτικές λύσεις του SO₂ δεν έχει αποδειχθεί ότι είναι πιο αποτελεσματική ή πιο πρακτική από το SO₂ σε εμπορική κλίμακα (“Control of Spoilage in Table Grapes,” 2006).

Μέθοδοι με χρήση φυτικών εκχυλισμάτων

Ελάχιστη είναι η βιβλιογραφία, σχετικά με τα φυτικά εκχυλίσματα και την εφαρμογή τους στην καταπολέμηση των ασθενειών των επιτραπέζιων σταφυλιών. Η Aloe vera είναι ένα τροπικό και υποτροπικό φυτό που χρησιμοποιείται εδώ και αιώνες για τις φαρμακευτικές και θεραπευτικές του ιδιότητες. Προτάσεις για προστασία των φρούτων με τη χρήση της Aloe vera, περιλαμβάνουν την επικάλυψη των φρούτων με γέλη του φυτού, λόγω της αποδεδειγμένης αντιμυκητιακής δράσης της. Ο Valverde et al. (2005) ανέφεραν ότι οι καρποί

σταφυλιών, που υποβλήθηκαν σε επεξεργασία με γέλη αλόης παρουσίασαν καθυστέρηση στις απώλειες ποιότητας μετά τη συγκομιδή και παράταση της διατηρησιμότητας για έως και 35 ημέρες σε θερμοκρασία 1°C. Τα φυτικά εκχυλίσματα θεωρούνται γενικά πιο αποδεκτά και λιγότερο επικίνδυνα από τις συνθετικές ενώσεις.

Βιολογικοί παράγοντες

Ο βιολογικός έλεγχος των ασθενειών μετά τη συγκομιδή έχει αναδειχθεί ως μία αποτελεσματική εναλλακτική λύση. Αρκετά μετασυσλλεκτικά παθογόνα ελέγχονται από διάφορους ανταγωνιστικούς μικροοργανισμούς, όπως μύκητες, ζύμες και βακτήρια. Μέσω μελετών ελέγχθηκε η μετασυσλλεκτική σήψη επιτραπέζιων σταφυλιών με εφαρμογή βιολογικής απολύμανσης με τον μύκητα *Muscodor albus*. Οι πτητικοί μεταβολίτες, που παράγονται από τον *M. albus* είναι ένα μείγμα ενώσεων χαμηλού μοριακού βάρους, οι οποίες είναι βιοκτόνες ή βιοστατικές για μια ευρεία ποικιλία μικροοργανισμών, συμπεριλαμβανομένου του *B. cinerea*.

Οι βοτανικοί και βιολογικοί έλεγχοι αποτελούν εναλλακτικές μεθόδους της χημικής καταπολέμησης των μετασυσλλεκτικών ασθενειών των σταφυλιών, καθώς η χρήση συνθετικών μυκητοκτόνων και διοξειδίου του θείου δεν επιτρέπεται στα βιολογικά σταφύλια και η μελέτη των εναλλακτικών μεθόδων για τον έλεγχο της μετασυσλλεκτικής σήψης έχει αναπτυχθεί εδώ και αρκετές δεκαετίες, παράλληλα με τη ζήτηση για ασφαλέστερες μεθόδους αποθήκευσης (Sonker et al., 2016).

Καινοτόμες στρατηγικές βιοελέγχου περιλαμβάνουν τη χρήση επιλεγμένων μικροοργανισμών ζυμομυκήτων (BCAs: BioControl Agents), με ανταγωνιστική δράση έναντι σε άλλους παθογόνους μικροοργανισμούς, για την επίτευξη της μείωσης της χρήσης φυτοφαρμάκων και για την ενίσχυση της ποιότητας των τροφίμων και της ασφάλειας της δημόσιας υγείας (Wilson et al., 1991). Τα κριτήρια για την επιλογή ενός ιδανικού BCA είναι τα ακόλουθα: πρέπει να χαρακτηρίζεται από γενετική σταθερότητα, να είναι αποτελεσματικός σε χαμηλές συγκεντρώσεις, να μην είναι απαιτητικός ως προς τις διατροφικές του ανάγκες, να διαθέτει ικανότητα επιβίωσης σε δυσμενείς περιβαλλοντικές συνθήκες, να

είναι αποτελεσματικός έναντι ενός ευρέος φάσματος παθογόνων μικροοργανισμών και διαφόρων συγκομιζόμενων προϊόντων, να είναι ανθεκτικός σε φυτοφάρμακα και να μην είναι παραγωγός μεταβολιτών επιβλαβών για τον άνθρωπο. Επιπλέον, ένας μικροβιακός ανταγωνιστής θα πρέπει να έχει προσαρμοστικό πλεονέκτημα έναντι συγκεκριμένων παθογόνων.

Ένας από τους πιο μελετημένους μηχανισμούς δράσης των BCAs στον βιοέλεγχο είναι ο ανταγωνισμός για χώρο και θρεπτικά συστατικά με τα παθογόνα αίτια. Ο μηχανισμός αυτός αποκτά μεγάλη σημασία στις μετασυλλεκτικές θεραπείες, δεδομένου ότι πολλές μολύνσεις προέρχονται από πληγές που προκαλούνται κατά τη διάρκεια της συλλογής, συσκευασίας και εμπορίας των σταφυλιών. Ο ανταγωνισμός είναι μια αποτελεσματική δραστηριότητα βιοελέγχου εάν ο ανταγωνιστής είναι παρών την ίδια στιγμή και στην ίδια θέση με το παθογόνο σε μια επαρκή ποσότητα, περιορίζοντας τους διαθέσιμους πόρους του. Ένα άλλο είδος ανταγωνισμού που συμβαίνει μεταξύ των παθογόνων και των ανταγωνιστών τους είναι η πρόσληψη ιόντων Fe^{3+} .

Οι παθογόνοι μύκητες που μελετώνται κυρίως στα σταφύλια είναι οι *Aspergillus spp.*, *Penicillium spp.* και *B. cinerea*. Ωστόσο, έχουν αναφερθεί στη βιβλιογραφία και άλλοι παθογόνοι μύκητες των σταφυλιών, όπως οι *R. stolonifer*, *M. piriformis*, *C. acutatum*, μύκητες του γένους *Alternaria sp.* και του γένους *Rhizoctonia sp.* Οι ζυμομύκητες που ασκούν δράση βιοελέγχου έναντι αυτών των μυκήτων είναι, οι *Trichoderma harzianum*, *Pichia membranifaciens*, *Kloeckera apiculata*, *Candida guilliermondii*, *Cryptococcus laurentii*, *Cryptococcus flavus*, *Cryptococcus albicus*, *Candida pyralidae*, *Pichia kluyveri* και *P. expansum*. Ο βιολογικός έλεγχος μπορεί να ενεργοποιηθεί από φυτικά προϊόντα ή/και ανταγωνιστικούς μικροοργανισμούς για τον έλεγχο των παθογόνων μικροοργανισμών. Ο βιοέλεγχος επεκτείνεται στην παραγωγή και τη συντήρηση των τροφίμων. Επιπλέον, η δράση των ζυμομυκήτων έναντι των παθογόνων μικροοργανισμών που προσβάλλουν τα σταφύλια δύναται να ενισχυθεί με τον συνδυασμό τους με άλλες ουσίες ή οργανισμούς (Di Canito et al., 2021).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙΙ- ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

3.1.1 Σκοπός του πειράματος

Βασικός σκοπός της παρούσας πειραματικής εργασίας ήταν η απομόνωση και ταυτοποίηση των κυριότερων παθογόνων αιτίων, που προκαλούν μετασυλλεκτικές ασθένειες στα σταφύλια. Συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκαν πέντε σειρές απομονώσεων, στις οποίες μολυσμένο ή μη φυτικό υλικό από 6 διαφορετικές ποικιλίες επωάστηκε σε συγκεκριμένες συνθήκες και για ορισμένο χρόνο, ώστε να εντοπισθεί η εμφάνιση μετασυλλεκτικών και κυρίως μυκητολογικών ασθενειών, να γίνει η απομόνωση αυτών και ο προσδιορισμός τους, όπου ήταν εφικτός, σύμφωνα με τη διαθέσιμη βιβλιογραφία και τη βοήθεια κλείδων.

Η παρατήρηση των βασικότερων μετασυλλεκτικών ασθενειών έγινε σε σταφύλια τόσο προερχόμενα από περιοχές της Κεφαλονιάς, όπου διεξάχθηκε το πειραματικό μέρος της πτυχιακής εργασίας, αλλά και από εισαγόμενα, ώστε να είναι εφικτή η σύγκριση των ασθενειών.

Οι πειραματικές διαδικασίες έλαβαν χώρα στο πρώην εργαστήριο Φυτοπαθολογίας.

3.1.2 Υλικά και όργανα

- Potato dextrose agar-PDA (Biolife)
- Petri dishes
- Αποστειρωμένα νυστέρια και λαβίδες
- Φωτιστικό οινόπνευμα
- Ογκομετρικά μπουκάλια Simax
- Ογκομετρικοί σωλήνες

- Ηλεκτρονικός αναλυτικός ζυγός Kern
- Θερμαινόμενος μαγνητικός αναδευτήρας Velp Scientifica
- Αυτόκαυστο Prestige Medical
- Θάλαμος κάθετης νηματικής ροής (Laminar flow) για ασηπτικές συνθήκες καλλιέργειας
- Λάμπα UVC (200-280nm)
- Λύχνος Bunsen
- Ψυγείο σε θερμοκρασία 4°C για συντήρηση θρεπτικού υλικού και δειγμάτων
- Επωαστικός θάλαμος (25°C)
- Στερεοσκόπιο Zeiss
- Μικροσκόπιο Zeiss

3.1.3 Μεθοδολογία

Παρασκευή θρεπτικού υλικού

Παρασκευάστηκε θρεπτικό υλικό PDA (Potato Dextrose Agar) της εταιρείας Biolife, το οποίο είναι εγκεκριμένο από την AOAC (Association of Official Agricultural Chemists) και την APHC (American Public Health Association) για την καλλιέργεια, την απομόνωση και την καταμέτρηση ζυμών και μυκήτων από τρόφιμα. Συγκεκριμένα, ζυγίσθηκαν 42g PDA σε ηλεκτρονικό αναλυτικό ζυγό Kern και εισήχθησαν σε γυάλινο πυρίμαχο ογκομετρικό μπουκάλι. Στη συνέχεια προστέθηκε κρύο απιονισμένο νερό μέχρι την χαραγή 1000mL. Το διάλυμα αναδεύτηκε πάνω σε ειδικό θερμαινόμενο μαγνητικό αναδευτήρα (Stirrer-Heating) έως ότου να φθάσει στο σημείο βρασμού του. Μετά το μπουκάλι με το θρεπτικό υλικό αποσύρθηκε από τον αναδευτήρα και αποστειρώθηκε στο αυτόκαυστο (κλίβανο υγρής αποστείρωσης) στους 126° C για 12 λεπτά. Έπειτα το θρεπτικό υλικό μεταφέρεται στο θάλαμο κάθετης νηματικής ροής, αφήνεται να πέσει η θερμοκρασία του στους 60-50°C περίπου και χύνεται ισόποσα

κατανεμημένο σε κάθε τρυβλίο (20-25mL/τρυβλίο). Τα τρυβλία με το PDA διατηρούνταν σε θερμοκρασία ψύξης (4°C) για αρκετό καιρό.

Δειγματοληψία σταφυλιών

Πρώτο μέλημα ήταν η εύρεση δειγμάτων σταφυλιών διαφορετικών ποικιλιών πάνω σε πρέμνα της αμπέλου λόγω της προχωρημένης εποχής - τέλη Νοεμβρίου με αρχές Δεκεμβρίου και αργότερα η εύρεση εισαγόμενων φρέσκων σταφυλιών στους χώρους πώλησης (μανάβικα, σούπερ μάρκετ). Μεταφορά των δειγμάτων στο εργαστήριο και επώαση αυτών στους 25°C μέσα σε αυτοσχέδιους υγρούς θαλάμους όταν δεν έφεραν εμφανείς προσβολές από μικροοργανισμούς.

Οι εμφανώς προσβεβλημένες ράγες απομονώνονταν κατευθείαν σε τρυβλία με PDA λαμβάνοντας μόλυσμα (υφές, καρποφορίες, σπόρια μυκήτων κλπ.) ή μικρό τεμάχιο μολυσμένου φυτικού ιστού από την ταξικαρπία κάτω από ασηπτικές συνθήκες στον θάλαμο κάθετης νηματικής ροής με χρήση λύχνου Bunsen για αποστείρωση των εργαλείων απομόνωσης των μικροοργανισμών.

Στη συνέχεια τα τρυβλία κλείνονταν και τοποθετούνταν σε επωαστικό θάλαμο στους 25°C για 5 έως και 7 ημέρες, με συνεχή παρακολούθηση και καταγραφή παρατηρήσεων την τρίτη, πέμπτη ή/και έβδομη ημέρα επώασης εάν κρινόταν απαραίτητο.

Το χρονοδιάγραμμα των πειραματικών κύκλων πραγματοποιήθηκε ως εξής (Πίνακας 3.1):

Πίνακας 3.1. Χρονοδιάγραμμα πειραμάτων-σειρά απομονώσεων.

Κύκλοι πειραμάτων	Χρονική περίοδος- διάρκεια
1	25/11/22-2/12/22
2	5/12/22-12/12/22
3	16/2/23-21/2/23
4	14/3/23-21/3/23
5	17/3/23-24/3/23

3.1.4 Περιγραφή ερευνητικής πορείας

1ος κύκλος απομονώσεων (25/11/2022- 2/12/2022)

Το πρώτο πείραμα πραγματοποιήθηκε συνολικά με τη χρήση τριών διαφορετικών προσβεβλημένων φυτικών υλικών, που συλλέχθηκαν στα τέλη Νοεμβρίου του 2022. Τα δείγματα, αφορούσαν:

- Τσαμπιά πυκνόραγου σταφυλιού, άγνωστης ποικιλίας, από κληματαριά σπιτιού στην Πεσσάδα της Κεφαλονιάς με μερικές ράγες αυτού να είναι προσβεβλημένες από κάποιο παθογόνο μύκητα.

Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκαν:

- 3 τρυβλία (1.1, 1.2, 1.3) στα οποία τοποθετήθηκαν υφές μυκήτων από εμφανώς προσβεβλημένες ράγες.
- 3 τρυβλία (1.Ι, 1.ΙΙ, 1.ΙΙΙ) με μικρά τεμάχια «σχισμένων-ανοιγμένων» ραγών από διαφορετικό τσαμπί της ίδιας ποικιλίας, τα οποία έφεραν λευκή εξάνθιση, όπως φαίνονται και στην Εικόνα 3.1.



Εικόνα 3.1. Τσαμπιά άγνωστης ποικιλίας από την Πεσσάδα Κεφαλονιάς.

- Τσαμπιά γνωστής ποικιλίας με την ονομασία «Επτάκοιλος» από κληματαριά σπιτιού στα Θηράματα Κεφαλονιάς (Εικόνα 3.2), από τα οποία χρησιμοποιήθηκαν μικρά τεμάχια από διαφορετικές ράγες, από κάθε ένα τσαμπί και προέκυψαν:

-3 τρυβλία (2.1, 2.2, 2.3) και

-3 τρυβλία (2.I, 2.II, 2.III).



Εικόνα 3.2. Τσαμπιά της ποικιλίας «Επτάκοιλος».

Η ποικιλία αμπέλου Επτάκοιλος είναι ανατολικής προέλευσης και πιθανότατα συγγενεύει στενά με το αμπέλι του Αγίου Τύχωνα της Κύπρου, γνωστό από τον 7ο αιώνα μ.Χ. Καλλιεργείται στην Ελλάδα από τον 11ο αιώνα και το όνομά της αποδίδεται στην υψηλή παραγωγικότητά της. Πρόσφατα, διαπιστώθηκε ότι η ποικιλία του επτάκοιλου, αποτελεί μητρική ποικιλία μεγάλου αριθμού ποικιλιών μεταξύ των οποίων είναι το Μοσχάτο Αλεξάνδρειας (Stavrakaki & Biniari, 2016).

- Τσαμπιά «μουμιοποιημένα»¹ άγνωστης ποικιλίας, από κληματαριά στο Αργοστόλι Κεφαλονιάς, με μολυσμένα τμήματα, τα οποία απομονώθηκαν σε:

-3 τρυβλία (3.1, 3.2, 3.3) από τρεις διαφορετικές ράγες, διαφορετικών τσαμπιών με εμφανή σήψη γκρι χρώματος.

-3 τρυβλία (3.I, 3.II, 3.III) ως επανάληψη της πρώτης.

-3 τρυβλία (3.1BL, 3.2BL, 3.3BL) από ράγα διαφορετικού τσαμπιού από τα προηγούμενα δείγματα, με μαύρες, στρογγυλές, γυαλιστερές καρποφορίες μικροοργανισμού, πιθανόν μύκητα και

-3 τρυβλία (3.A, 3.B, 3.Γ), από κομμάτι ράγας με καστανές καρποφορίες μύκητα στο εσωτερικό αυτής.



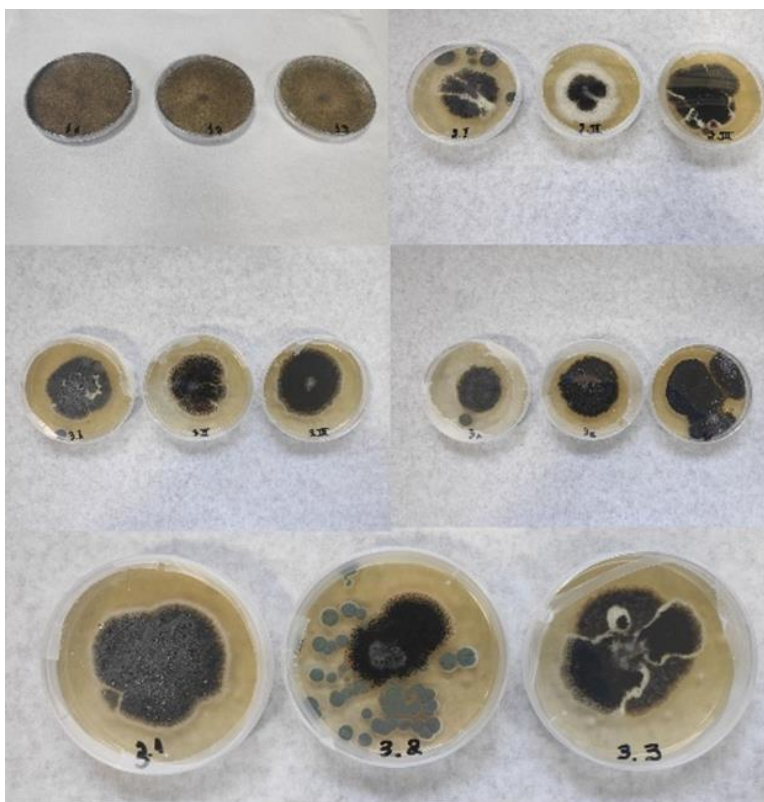
Εικόνα 3.3. «Μουμιοποιημένα» τσαμπιά άγνωστης ποικιλίας από την Κεφαλονιά.

Ο πρώτος κύκλος πειραμάτων με τα παραπάνω σταφύλια, είχε διάρκεια επώασης 7 ημέρες και υπήρξαν παρατηρήσεις για κάθε ένα τρυβλίο κατά την 3^η, 5^η και 7^η ημέρα.

¹: Μουμιοποιημένα φρούτα: Ονομάζονται τα μικρά, αποξηραμένα φρούτα που παραμένουν στο δέντρο κατά τη διάρκεια του χειμώνα και προσφέρουν άριστες συνθήκες για τη προσβολή τους από ένα μεγάλο φάσμα παθογόνων και μη παθογόνων μικροοργανισμών, συμπεριλαμβανομένων και των μυκήτων (S. Weißhaupt, L. Kohl et al., 2015).

Κατά τη τρίτη αλλά και κατά τη πέμπτη ημέρα επώασης οι παρατηρήσεις ήταν παρόμοιες, με τη μόνη διαφορά την σταδιακή αύξηση του μεγέθους των αποικιών των μικροοργανισμών.

Την έβδομη και τελευταία ημέρα επώασης και παρατηρήσεων πραγματοποιήθηκε φωτογράφιση των τρυβλίων κάθε δείγματος και πάρθηκαν δείγματα από κάθε διαφορετική αποικία για μικροσκοπική εξέταση και ταυτοποίηση του παθογόνου αιτίου, τουλάχιστον μέχρι και το γένος.



Εικόνα 3.4. Απεικόνιση τρυβλίων Petri στα οποία έχουν αναπτυχθεί χαρακτηριστικές αποικίες μυκήτων που προσβάλλουν μετασυλλεκτικά τα σταφύλια. Συγκεκριμένα, στην εικόνα φαίνονται τα τρυβλία 1.1, 1.2, 1.3 (Πυκνόραγο σταφύλι)- 2.I, 2.II, 2.III (Ποικιλία «Επτάκοιλος»)- 3.I, 3.II, 3.III- 3.A, 3.B, 3.Γ και 3.1, 3.2, 3.3 («Μουμιοποιημένα» τσαμπιά).

2ος κύκλος απομονώσεων (5/12/22- 12/12/22)

Ο πειραματικός αυτός κύκλος ολοκληρώθηκε με τη χρήση δύο διαφορετικών ποικιλιών σταφυλιών, τα οποία συλλέχθηκαν στις αρχές του Δεκεμβρίου 2022 και πρόκειται για:

Τσαμπιά της ποικιλίας «Επτάκοιλος» (Εικόνα 3.5) από τα Θηράματα της Κεφαλονιάς. Από τις προσβεβλημένες ράγες των σταφυλιών απομονώθηκαν τα ακόλουθα δείγματα:

-3 τρυβλία (1.1, 1.2, 1.3) χρησιμοποιώντας την ίδια μολυσμένη ράγα.

-3 τρυβλία (1.I, 1.II, 1.III) από μύκητα διαφορετικής ράγας από τη πρώτη.

-3 τρυβλία (3.A, 3.B, 3.Γ) από ράγα σχισμένη και προβεβλημένη από διαφορετικούς μικροοργανισμούς, και 3 τρυβλία (3.1, 3.2, 3.3) με δείγματα από την ίδια επιλεγμένη ράγα για επανάληψη.



Εικόνα 3.5. Τσαμπιά ποικιλίας «Επτάκοιλος».

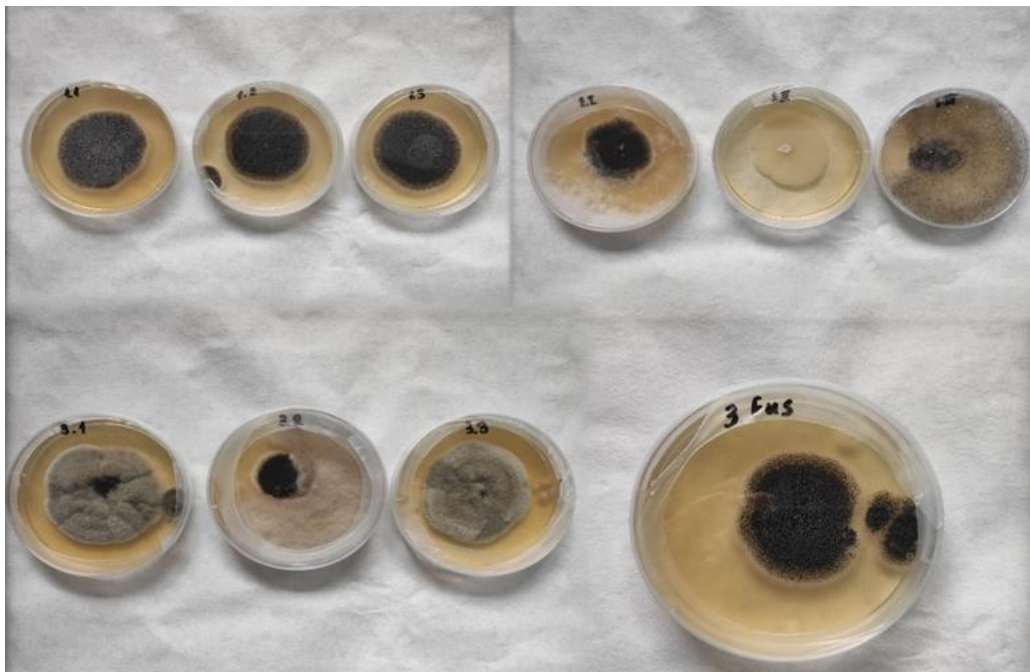
- Τσαμπιά της ποικιλίας «Κοντορεγάλε» (Εικόνα 3.6), μια κίτρινη ποικιλία σταφυλιού από τη Λακκήθρα της Κεφαλονιάς, ράγες του οποίου ήταν εμφανώς ασθενείς και διέθεταν μικροσκοπικές καρποφορίες από μύκητα.

- 3 τρυβλία (2.1, 2.2, 2.3) από μία μολυσμένη ράγα.
- 3 τρυβλία (2.I, 2.II, 2.III) από σπόρια τριών διαφορετικών ραγών.
- 1 τρυβλίο (3.Fus) από ράγα με βαθούλωμα, που πιθανόν προκλήθηκε από τη δράση κάποιου εντόμου και
- 1 τρυβλίο από διαφορετική μολυσμένη ράγα που έφερε λευκή εξάνθιση μύκητα.



Εικόνα 3.6. Τσαμπιά ποικιλίας «Κοντορεγάλε».

Έπειτα από την επώαση 7 ημερών των καλλιεργειών στα τρυβλία, εντός του επωαστικού κλιβάνου, ο οποίος ήταν ρυθμισμένος στους 25°C, μία γενική εικόνα των αποικιών που αναπτύχθηκαν φαίνεται στην Εικόνα 3.7 και Εικόνα 3.8.



Εικόνα 3.7. Ενδεικτική απεικόνιση ανάπτυξης μικροοργανισμών κατά την 7^η ημέρα παρατηρήσεων του δεύτερου κύκλου πειραμάτων. Τα τρυβλία που απεικονίζονται είναι τα: 1.1, 1.2, 1.3- 2.I, 2.II, 2.III- 3.1, 3.2, 3.3- 3.Fus.



Εικόνα 3.8. 7η ημέρα επώασης τρυβλίου με σπόρια από λευκή εξάνθηση μύκητα.

3ος κύκλος απομονώσεων (16/2/23-21/2/23)

Ο κύκλος αυτός περιλαμβάνει τη χρήση αποκλειστικά ενός είδους σταφυλιού εμπορίου άγνωστης ποικιλίας εισαγόμενου από το εξωτερικό, του οποίου η αγορά πραγματοποιήθηκε στις 9/2/23. Η αρχική κατάσταση του φυτικού υλικού ήταν καλή και για να αναπτυχθούν πιθανοί μύκητες, δημιουργήθηκαν αυτοσχέδιοι υγροί θάλαμοι² με χρήση σακουλιών ειδικών για τρόφιμα, βρεγμένο βαμβάκι και εγκλωβισμένο αέρα, μέσα στους οποίους τοποθετήθηκαν τρεις ράγες. Στη συνέχεια, αφότου αφέθηκαν για τουλάχιστον 24 ώρες στους υγρούς θαλάμους σε θερμοκρασία δωματίου, τοποθετήθηκαν για πέντε ημέρες στον επωαστικό θάλαμο στους 25°C, για να διευκολυνθεί η ανάπτυξη μυκήτων. Μόλις εμφανίσθηκαν μούχλες στην εξωτερική επιφάνεια των ραγών (Εικόνα 3.9), λήφθηκαν δείγματα των μυκήτων και απομονώθηκαν σε τρυβλία για επώαση. Σύνολο 6 τρυβλία:

-2 τρυβλία (1.A, 1.B) από πολύ χυμώδη ράγα με εμφανή λευκή εξάνθιση μούχλας.

-2 τρυβλία (2.A, 2.B) από δεύτερη μολυσμένη ράγα.

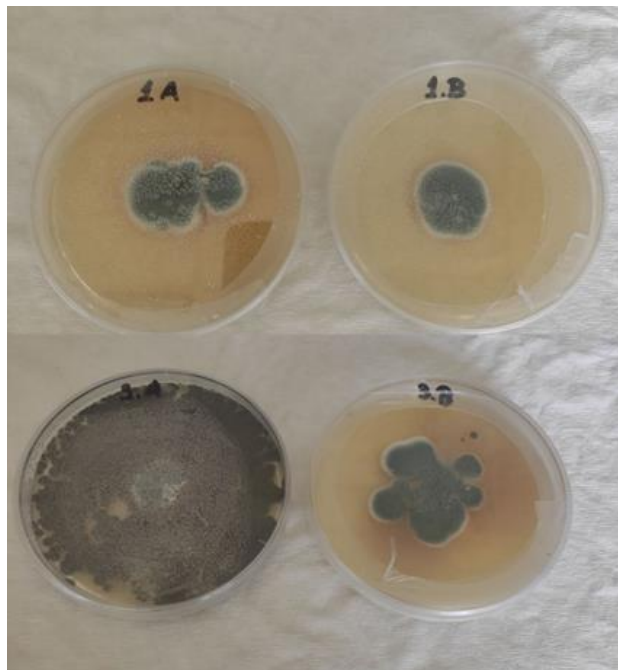
-2 τρυβλία (3.A, 3.B) από τρίτη διαφορετική ράγα και

-2 τρυβλία (4.A, 4.B) από τέταρτη ράγα.



Εικόνα 3.9. Σταφύλι εισαγωγής άγνωστης προέλευσης μετά την επώαση στον επωαστικό κλίβανο.

Το συγκεκριμένο πείραμα ολοκληρώθηκε εντός πέντε ημερών, καθώς οι παρατηρήσεις στις καλλιέργειες, δεν παρουσίαζαν καμία διαφορά στην 7^η ημέρα. Μερικές από τις εικόνες που λήφθηκαν απεικονίζονται στην Εικόνα 3.10.



Εικόνα 3.10. 5^η ημέρα τρίτου πειραματικού κύκλου. Στην εικόνα φαίνονται τα τρυβλία 1.A, 1.B- 2.A, 2.B.

4ος κύκλος απομονώσεων (14/3/23-21/3/23)

Σε αυτόν τον κύκλο χρησιμοποιήθηκαν προσβεβλημένες ράγες από σταφύλι εισαγόμενο από το Περού, της ποικιλίας «Red globe», το οποίο αγοράστηκε στις 10/3/23 (Εικόνα 3.11). Απομονώθηκαν και επώασθηκαν δείγματα σε 8 τρυβλία, δηλαδή ένα ζεύγος τρυβλίων για κάθε μία από τις παρακάτω ράγες (I.A, I.B- II.A, II.B- III.A, III.B- IV.A, IV.B αντίστοιχα).

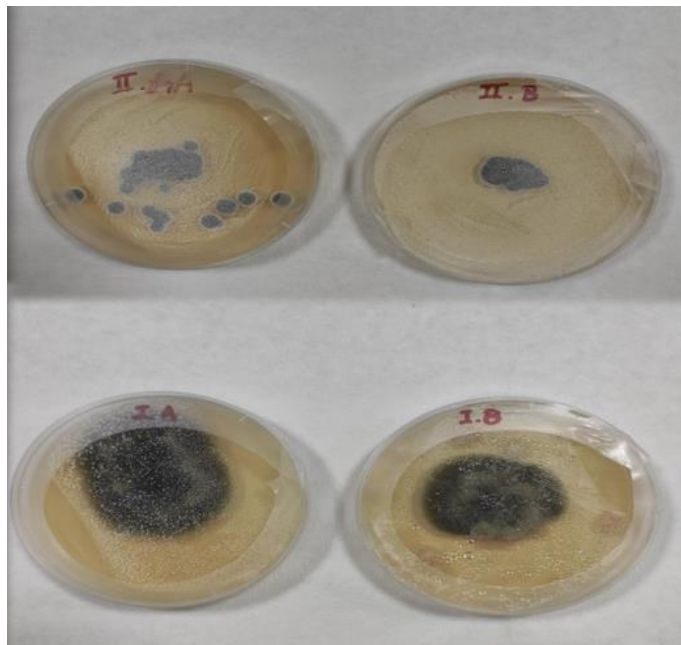
²: Θάλαμοι δοκιμών υγρασίας, οι οποίοι είναι ικανοί να παράγουν διάφορες κλιματικές συνθήκες. Οι δοκιμές μπορούν να διεξαχθούν σε στατική κατάσταση χωρίς καμία μεταβολή των συνθηκών ή σε δυναμική κατάσταση, με σταδιακές μεταβολές (<https://www.iqsdirectory.com/articles/environmental-chamber.html>).

Η ποικιλία σταφυλιών «Red Globe» είναι μια δημοφιλής ποικιλία επιτραπέζιων σταφυλιών, γνωστή για το μεγάλο μέγεθος, τη γλυκιά γεύση και τη σφικτή σάρκα τους. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, αναπτύχθηκαν στην Καλιφόρνια στα τέλη της δεκαετίας του 1950 και αποτελούν διασταύρωση των ποικιλιών Muscat of Alexandria και Thompson Seedless (Abbas, 2023).



Εικόνα 3.11. Προσβεβλημένες ράγες σταφυλιού «Red globe»

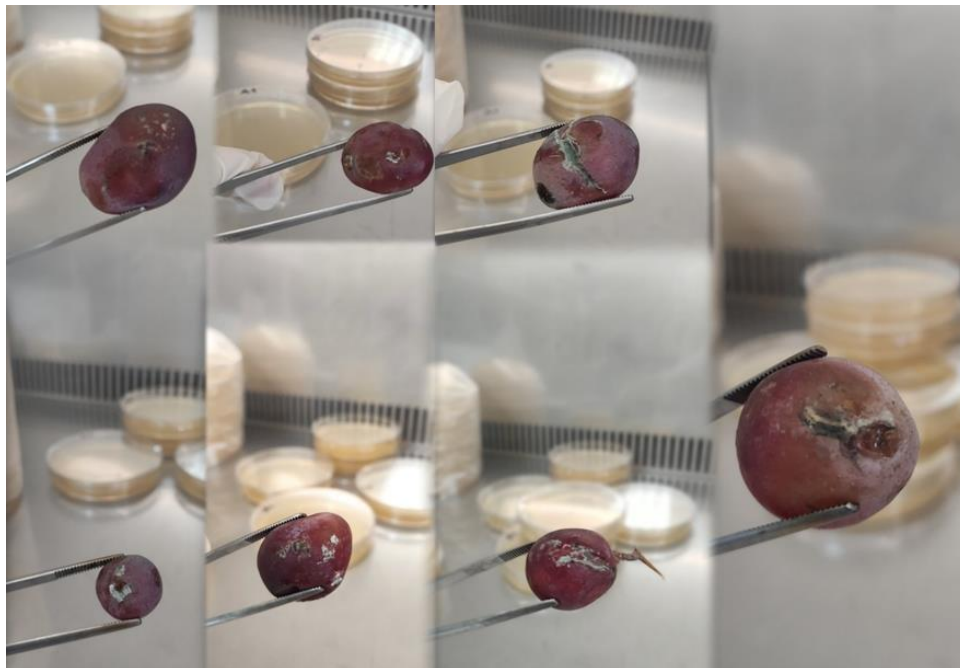
Έπειτα από 7 ημέρες επώασης στους 25°C εντός του επωαστικού θαλάμου, μερικές από τις αποικίες που αναπτύχθηκαν φαίνονται στην Εικόνα 3.12.



Εικόνα 3.12. Ανάπτυξη μυκήτων κατά την 7^η ημέρα επώασης των τρυβλίων: II.A, II.B- I.A, I.B.

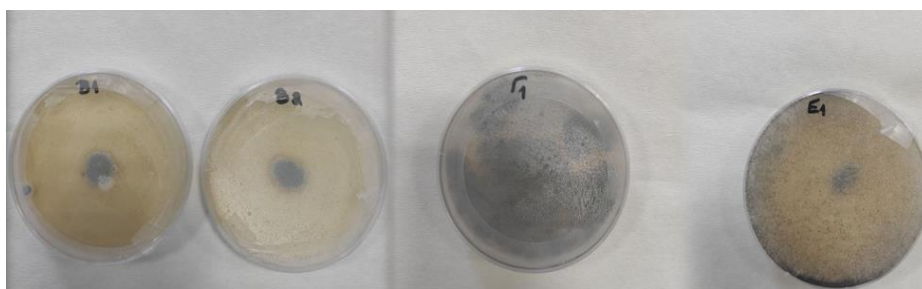
5ος κύκλος απομονώσεων (17/3/23-24/3/23)

Στον τελευταίο κύκλο πειραμάτων επιλέχθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν προσβεβλημένες ράγες από το σταφύλι του 4ου κύκλου πειραμάτων, το οποίο αγοράστηκε στις 10/3/23. Οι ράγες αυτές, τοποθετήθηκαν σε υγρούς θαλάμους από την ημέρα αγοράς τους έως και τις 17/3/23, όπου σπόρια των μυκήτων, τοποθετήθηκαν στα τρυβλία προς επώαση.



Εικόνα 3.13. Μολυσμένες ράγες σταφυλιού «Red globe». Απεικονίζονται κατά σειρά από αριστερά προς τα δεξιά οι ράγες που χρησιμοποιήθηκαν σε κάθε ένα από τα 7 τρυβλία: Α1, Β1-Β2, Γ1, Δ1, Ε1, Ζ1-Ζ2, Η1.

Μετά το πέρας της επώασης των δειγμάτων για μία εβδομάδα, η ανάπτυξη των μυκήτων είχε ολοκληρωθεί και μερικές από τις φωτογραφίες φαίνονται στην Εικόνα 3.14.



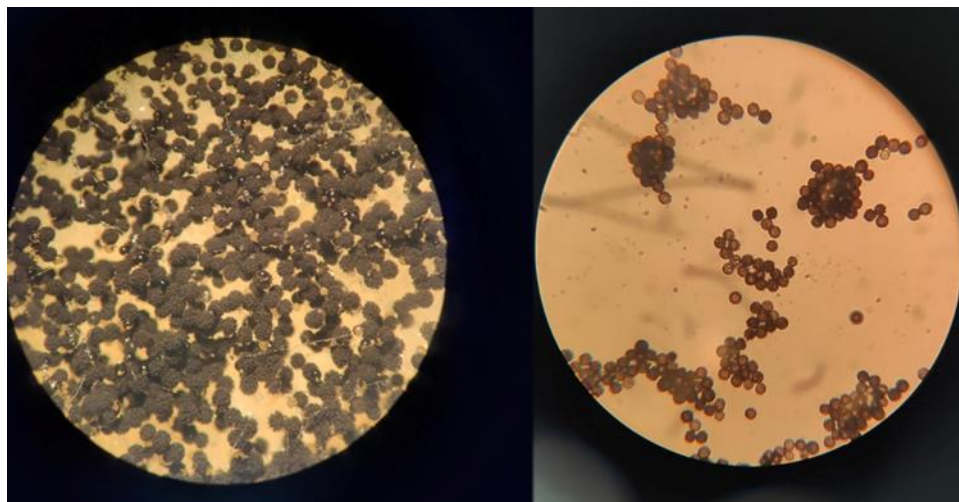
Εικόνα 3.14. 7^η ημέρα παρατηρήσεων τελευταίου κύκλου πειραμάτων. Στην εικόνα φαίνονται τα τρυβλία B1-B2, Γ1 και Ε1.

3.1.5 Αποτελέσματα

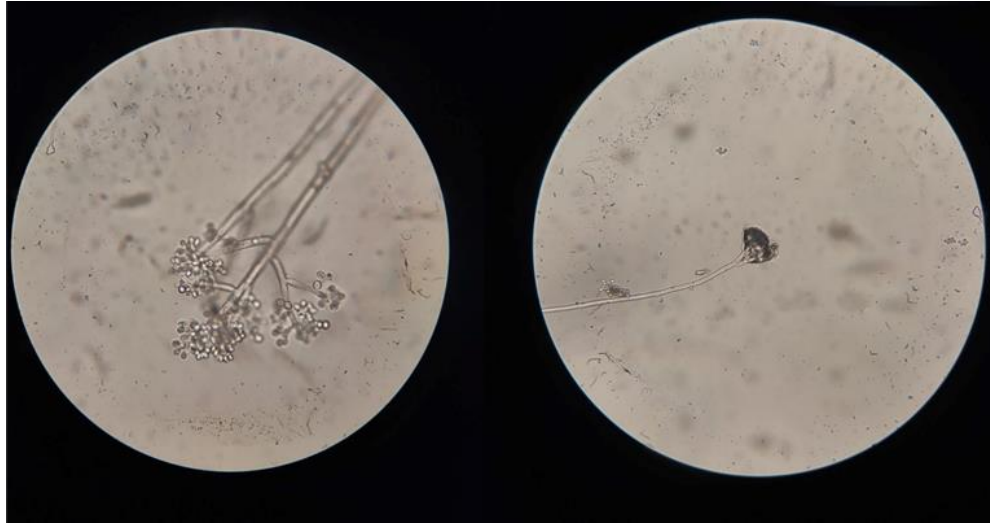
Στα αποτελέσματα παρουσιάζονται οι μετασυλλεκτικοί μύκητες που αναπτύχθηκαν σε κάθε έναν ξεχωριστό κύκλο (σειρά) απομονώσεων παραθέτοντας φωτογραφίες των παρασκευασμάτων από τις υφές, τις καρποφορίες και τα σπόρια των μυκήτων με τη χρήση στερεοσκοπίου και μικροσκοπίου, πίνακες με τα είδη των μυκήτων που αναπτύχθηκαν και ταυτοποιήθηκαν ανά τρυβλίο και τέλος γραφήματα με τα ποσοστά % των μυκήτων που εμφανίστηκαν ανά ποικιλία που ελέγχτηκε.

3.1.5.1 Ταυτοποίηση μυκήτων με χρήση στερεοσκοπίου και μικροσκοπίου

Τα είδη των μυκήτων που προσδιορίστηκαν ήταν τα *Aspergillus spp.* (πιθανόν *A. niger*), *Aspergillus ochraceus*, *Rhizopus stolonifer*, *Botrytis cinerea*, *Penicillium spp.*, *Alternaria spp.*, *Fusarium spp.*, *Cladosporium spp.*, *Phomopsis viticola* και ξεχωριστά ανιχνεύθηκαν χλαμυδοσπόρια σε μερικά από τα παρασκευάσματα του πέμπτου κύκλου απομονώσεων, όπως παρουσιάζονται στις παρακάτω εικόνες (Εικόνα 3.15, Εικόνα 3.16, Εικόνα 3.17, Εικόνα 3.18, Εικόνα 3.19, Εικόνα 3.20).

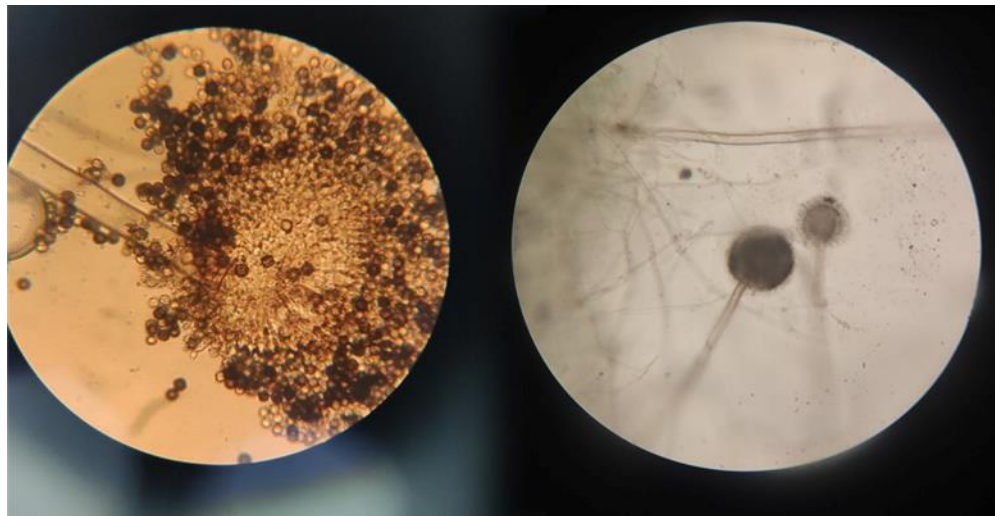


Εικόνα 3.15. Απεικόνιση των σποραγγειοφόρων του μύκητα *Rhizopus stolonifer* στο στερεοσκόπιο (αριστερά) και χαρακτηριστικών σπορίων του μύκητα, στο μικροσκόπιο σε μεγέθυνση x40 (δεξιά).



Εικόνα 3.16. Κονιδιοφόροι του μύκητα *Botrytis cinerea* (αριστερά) και κονιδιοφόρος του γένους *Penicillium spp.* (δεξιά).

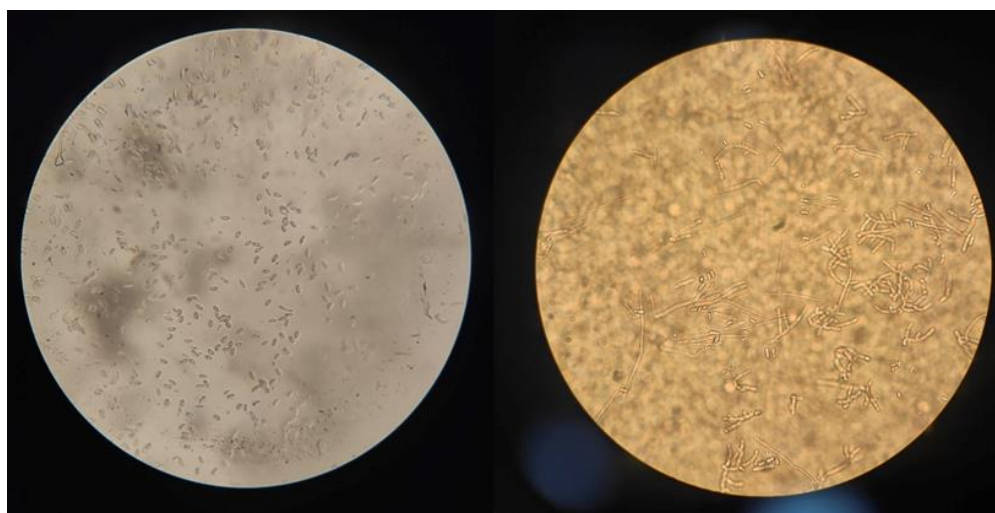
Τα σταφύλια, σύμφωνα με βιβλιογραφικές αναφορές φαίνεται να επιμολύνονται κυρίως από το είδος *P. expansum*. του γένους *Penicillium spp.* (Kim et al., 2007) ; (Guerche et al., 2004) ; (Salman Ghuffar et al., 2021).



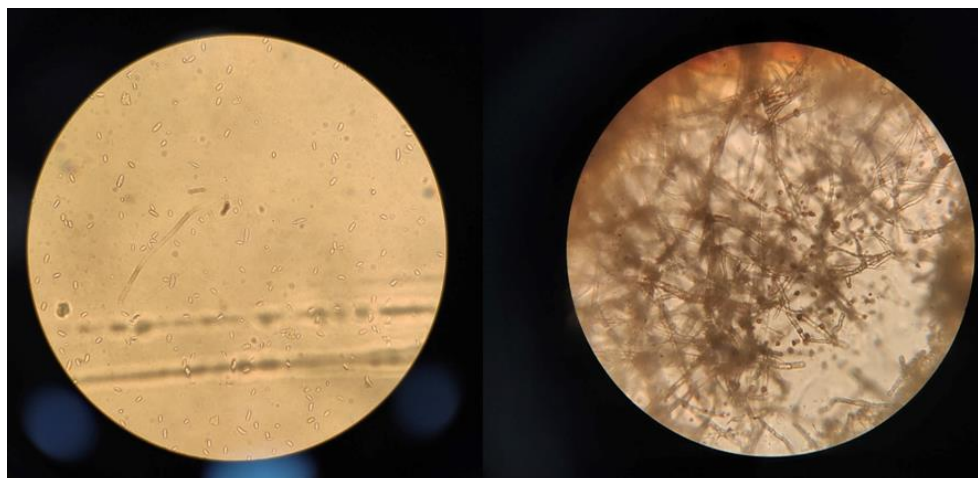
Εικόνα 3.17. Χαρακτηριστικός κονιδιοφόρος με κονίδια του μύκητα *Aspergillus spp.*-πιθανόν *A. niger* (αριστερά) και του *Aspergillus ochraceus* (δεξιά).



Εικόνα 3.18. Χαρακτηριστικά κονίδια του μύκητα *Alternaria spp.*- πιθανόν *Alternaria alternata*, σε μεγέθυνση x10 (αριστερά) και x40 (δεξιά) στο μικροσκόπιο.



Εικόνα 3.19. Κονίδια του μύκητα *Phomopsis viticola* (αριστερά) και υφές του μύκητα *Cladosporium spp.* (δεξιά).



Εικόνα 3.20. Κονίδια το μύκητα *Fusarium spp.* (αριστερά) και χλαμυδοσπόρια (δεξιά).

3.1.5.2 Πίνακες με τα είδη των μυκήτων που αναπτύχθηκαν και ταυτοποιήθηκαν ανά τρυβλίο σε κάθε κύκλο απομονώσεων.

Πίνακας 3.2. Ανάπτυξη παθογόνων αιτίων μετασυλλεκτικών ασθενειών ανά τρυβλίο κατά τον πρώτο κύκλο απομονώσεων.

1ος κύκλος απομονώσεων (25/11/22- 2/12/22)

**Ποικιλία/ Κωδικός αριθμός
τρυβλίου**

Είδη μυκήτων που αναπτύχθηκαν

Πυκνόραγο σταφύλι κληματαριάς άγνωστης ποικιλίας- Πεσσάδα

1.1	<i>R. stolonifer</i>
1.2	<i>R. stolonifer</i>
1.3	<i>R. stolonifer</i>

- 1.I *R. stolonifer* και επιπλέον ανάπτυξη
βακτηρίου
- 1.II *R. stolonifer*
- 1.III *R. stolonifer*

Επτάκοιλος- Θηράμονα

- 2.1 *Penicillium spp.* και ανάπτυξη βακτηρίου
- 2.2 *Aspergillus spp.*
- 2.3 Βακτηριακές αποικίες

- 2.I 2 αποικίες *Penicillium spp.*, *Aspergillus*
spp.

- 2.II *Aspergillus spp.*

- 2.III *Aspergillus spp.*

Άγνωστη ποικιλία κληματαριάς- Αργοστόλι

- 3.1 *Aspergillus spp.*
- 3.2 *Aspergillus spp.*, *Penicillium spp.*
- 3.3 *Aspergillus spp.*
- 3.I *Aspergillus spp.*

3.II	<i>Aspergillus spp.</i>
3.III	<i>Aspergillus spp.</i>
3.A	<i>Aspergillus spp.</i> , <i>Penicillium spp.</i>
3.B	<i>Aspergillus spp.</i>
3.Γ	<i>Aspergillus spp.</i>
3.1 BL	<i>Aspergillus spp.</i>
3.2 BL	<i>Aspergillus spp.</i>
3.3 BL	<i>Aspergillus spp.</i>

Πίνακας 3.3. Ανάπτυξη παθογόνων αιτίων μετασυλλεκτικών ασθενειών ανά τρυβλίο κατά τον δεύτερο κύκλο απομονώσεων.

2ος κύκλος απομονώσεων (5/12/22- 12/12/22)

Ποικιλία/ Κωδικός αριθμός τρυβλίου	Είδη μυκήτων που αναπτύχθηκαν
---	--

Επτάκοιλος-Πεσσάδα

1.1	<i>Aspergillus spp.</i>
1.2	<i>Aspergillus spp.</i>
1.3	<i>Aspergillus spp.</i>

1.I	<i>P. viticola</i>
-----	--------------------

- 1.II *Aspergillus spp.*, *Penicillium spp.*
- 1.III *B. cinerea*, Σκληρώτια ³ *B. cinerea*
- 3.A *Aspergillus spp.*, *Alternaria spp.*
- 3.B *Alternaria spp.*, *Cladosporium spp.*
- 3.Γ *Alternaria spp.*, *Cladosporium spp.*
- 3.1 *Aspergillus spp.*,
Penicillium spp.,
Cladosporium spp.
- 3.2 *Aspergillus spp.*, *B. cinerea*
- 3.3 *Cladosporium spp.*

Κοντορεγάλε- Λακήθρα

- 2.1 *Alternaria spp.*, ανάπτυξη
βακτηρίου
- 2.2
- 2.3 *Alternaria spp.*
Alternaria spp.
- 2.I *Aspergillus spp.*

2.II Μόνο ανάπτυξη βακτηρίου

2.III *R. stolonifer*

3. Fus *Aspergillus spp.*

White mold *A. ochraceus, Penicillium spp.*

³: Σκληρώτιο ονομάζεται ένα επίμονο, βλαστικό σπόριο που παράγουν ορισμένοι μύκητες (Botrytis, Sclerotium) και αποτελείται από ένα σκληρό, πυκνό και συμπαγές μυκήλιο (μάζα νηματίων που αποτελούν το σώμα ενός τυπικού μύκητα), το οποίο ποικίλλει από μορφή σε μορφή και έχει σκουρόχρωμο κάλυμμα (Britannica, The Editors of Encyclopaedia. "sclerotium". Encyclopedia Britannica, 10 Oct. 2008, <https://www.britannica.com/science/sclerotium>. Accessed 2 November, 2023)

Πίνακας 3.4. Ανάπτυξη παθογόνων αιτίων μετασυλλεκτικών ασθενειών ανά τρυβλίο κατά τον τρίτο κύκλο απομονώσεων.

3ος κύκλος απομονώσεων (16/2/2023-21/2/23)

Ποικιλία/ Κωδικός αριθμός τρυβλίου	Είδη μυκήτων που αναπτύχθηκαν
------------------------------------	-------------------------------

Άγνωστη ποικιλία εισαγωγής

1.A	<i>Penicillium spp.</i>
-----	-------------------------

1.B	<i>B. cinerea</i>
-----	-------------------

2.A	Μόνο ανάπτυξη βακτηρίου
-----	-------------------------

2.B	<i>B. cinerea</i>
-----	-------------------

3.A	<i>Penicillium spp.</i>
-----	-------------------------

3.B	<i>Penicillium spp.</i>
-----	-------------------------

4.A	<i>B. cinerea</i>
4.B	<i>B. cinerea</i>

Πίνακας 3.5. Ανάπτυξη παθογόνων αιτίων μετασυλλεκτικών ασθενειών ανά τρυβλίο κατά τον τέταρτο κύκλο απομονώσεων.

4ος κύκλος απομονώσεων (14/3/23-21/3/23)

Ποικιλία/ Κωδικός αριθμός τρυβλίου	Είδη μυκήτων που αναπτύχθηκαν
---------------------------------------	-------------------------------

Red globe- Περού

I.A	<i>Alternaria spp.</i>
I.B	<i>Alternaria spp.</i> , ανάπτυξη βακτηρίου
II.A	<i>Penicillium spp.</i>
II.B	<i>Penicillium spp.</i>
III.A	Χλαμυδοσπόρια ⁴ , <i>Fusarium spp.</i>
III.B	<i>Alternaria spp.</i>
IV.A	<i>Penicillium spp.</i>
IV.B	<i>Penicillium spp.</i>

⁴: Τα χλαμυδοσπόρια: αγενή σπόρια, με παχύ κυτταρικό τοίχωμα, τα οποία προκύπτουν από τη στρογγυλοποίηση ενός κυττάρου ή περισσότερων κυττάρων (Cletus P. Kurtzman, Jack W. Fell et al., 2011).

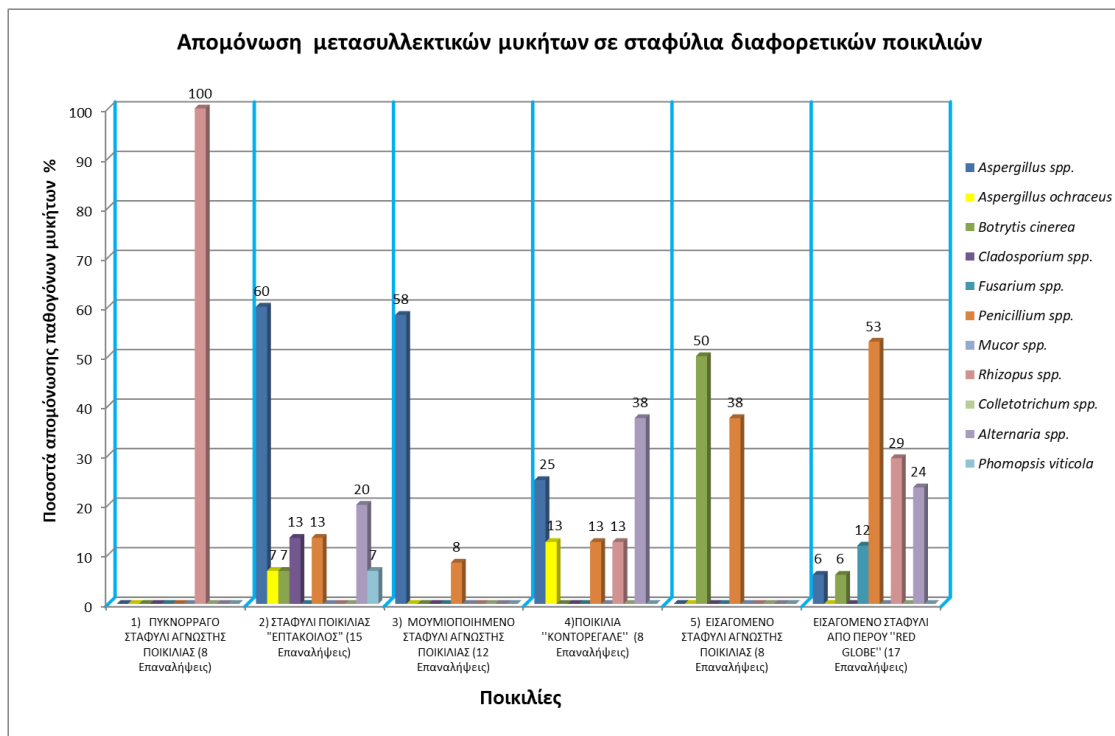
Πίνακας 3.6. Ανάπτυξη παθογόνων αιτίων μετασυλλεκτικών ασθενειών ανά τρυβλίο κατά τον πέμπτο κύκλο απομονώσεων.

5ος κύκλος απομονώσεων (17/3/23-24/3/23)

Ποικιλία/ Κωδικός αριθμός τρυβλίου	Είδη μυκήτων που αναπτύχθηκαν
<u>Red globe- Περού</u>	
A.1	<i>R. stolonifer</i>
B.1	<i>A. niger, Penicillium spp.</i>
B.2	<i>Penicillium spp.</i>
Γ.1	<i>Penicillium spp.</i>
Δ.1	<i>Penicillium spp., B. cinerea, Χλαμυδοσπόρια</i>
E.1	<i>R. stolonifer</i>
Z.1	<i>R. stolonifer, Penicillium spp.</i>
Z.2	<i>R. stolonifer</i>
H.1	<i>R. stolonifer</i>

3.1.5.3 Διαγραμματική παρουσίαση των σημαντικότερων αποτελεσμάτων της πειραματικής διαδικασίας

Διάγραμμα 1. Ποσοστά απομόνωσης μυκήτων ανά ποικιλία %.



Στο παραπάνω διάγραμμα παρατηρούνται τα ποσοστά απομόνωσης των ειδών μυκήτων % ανά ποικιλία. Συγκεκριμένα:

Στην 1^η ποικιλία στο 100% των δειγμάτων απομονώθηκε ο μύκητας *Rhizopus stolonifer*.

Στην ποικιλία "Επτάκοιλος" στο 60% των δειγμάτων απομονώθηκε *Aspergillus spp.* ακολουθώντας με 20% *Alternaria spp.*, με 13% *Penicillium spp.* και 7% *Phomopsis spp.*, *A. ochraceus* και *Botrytis cinerea*.

Στην 3^η ποικιλία στο 58% των δειγμάτων απομονώθηκε *Aspergillus spp.* και στο 8% *Penicillium spp.*.

Στην ποικιλία 'Κοντορεγάλε' στο 38% των δειγμάτων απομονώθηκε *Alternaria spp.* και ακολουθούν με ένα 13% *A. ochraceus*, *Penicillium spp.* και *Rhizopus stolonifer*.

Στην 5^η ποικιλία το 58% των δειγμάτων εμφάνισε *Botrytis cinerea* και το 38% *Penicillium spp.*.

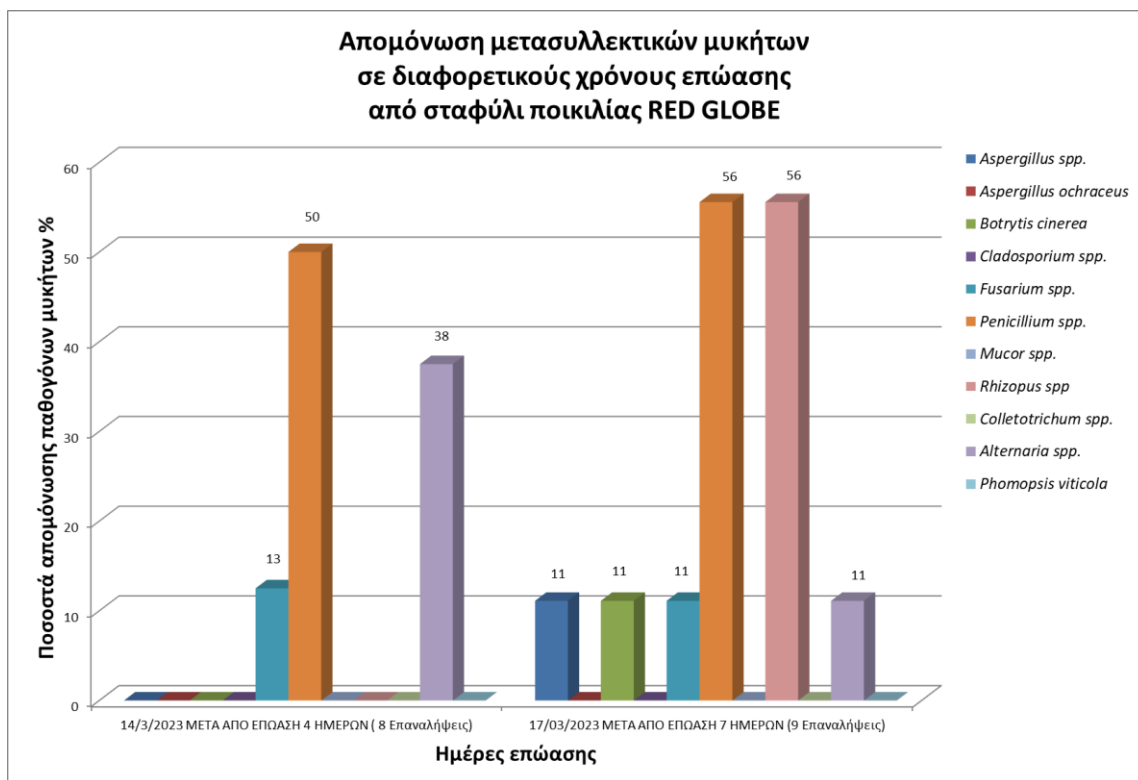
Στην ποικιλία 'Red Globe' το 53% των δειγμάτων εμφάνισε *Penicillium spp.*, το 29% *Rhizopus stolonifer*, το 24% *Alternaria spp.* ακολουθώντας με 12% *Fusarium spp.* και 6% *Aspergillus spp.* και *Botrytis cinerea*.

Διάγραμμα 2. Ποσοστά απομόνωσης μυκήτων σε διαφορετικούς χρόνους δειγματοληψίας της ποικιλίας 'Επτάκοιλος'.



Στο παραπάνω διάγραμμα παρατηρείται κατά τη δεύτερη δειγματοληψία η ανάπτυξη 5 νέων ειδών μυκήτων (*A. ochraceus*, *B. cinerea*, *Cladosporium spp.*, *Alternaria spp.* και *Phomopsis spp.*), που δεν είχαν απομονωθεί κατά την πρώτη δειγματοληψία, η οποία είχε πραγματοποιηθεί 11 ημέρες νωρίτερα, καθώς και η απουσία του *Penicillium spp.* που είχε απομονωθεί αρχικά μαζί με τον μύκητα *Aspergillus spp.*.

Διάγραμμα 3. Ποσοστά απομόνωσης μυκήτων σε διαφορετικούς χρόνους επώασης της ποικιλίας 'Red Globe'.



Στο παραπάνω διάγραμμα παρατηρείται η αύξηση των ειδών μυκήτων, που απομονώθηκαν με αύξηση κατά 3 ημέρες του χρόνου επώασης των σταφυλιών.

3.1.6 Συζήτηση-Συμπεράσματα

Αν και ήταν προχωρημένη η εποχή που συλλέχθηκαν τα δείγματα σταφυλιών από κληματαριές κατοικιών, πολλά από αυτά διατηρούνταν αρκετά καλά, λόγω του ήπιου καιρού (θερμοκρασίες άνοιξης και ελάχιστες βροχοπτώσεις).

Σύμφωνα με προηγούμενες μελέτες, τα σταφύλια μετά τη συγκομιδή είναι ευαίσθητα σε έξι κύριες ασθένειες, όπως η μπλε μούχλα (*Penicillium spp.*), η τεφρά σήψη (*Botrytis cinerea*), η ασπεργίλλωση (*Aspergillus spp.*), η μαλακή σήψη (*Rhizopus spp.*), η κλαδοσπορίωση (*Cladosporium spp.*) και η αλτερναρίωση (*Alternaria spp.*). Στην παρούσα πτυχιακή εργασία απομονώθηκαν από έναν περιορισμένο αριθμό ποικιλιών και μέσα σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα, εκτός από τις 6 κύριες μετασυλλεκτικές ασθένειες άλλες δύο, όπως ήταν η φουζαρίωση (*Fusarium spp.*) και η φόμοψη (*Phomopsis viticola*).

Στα δείγματα σταφυλιών των ποικιλιών Επτάκοιλος και Κοντορεγάλε απομονώθηκαν περισσότερα είδη μυκήτων, 6 και 5 είδη αντίστοιχα, σε σύγκριση με τις άλλες δύο άγνωστες ποικιλίες που συλλέχθηκαν από την Κεφαλονιά και απομονώθηκαν μόνο 1-2 είδη μυκήτων. Αυτό μπορεί να οφείλεται στο ότι οι ποικιλίες Επτάκοιλος και Κοντορεγάλε δεν είχαν δεχθεί κανέναν ψεκασμό με μυκητοκτόνες ουσίες κατά την καλλιεργητική περίοδο ή στο διαφορετικό μικροκλίμα της περιοχής ή στην ευαισθησία της ποικιλίας.

Ο μύκητας που απομονώθηκε στις περισσότερες ποικιλίες (5/6) ήταν ο *Penicillium spp.*, δεύτερος σε συχνότητα εμφανίστηκε ο *Aspergillus spp.* (4/6) και την τρίτη θέση κατέλαβαν οι *Alternaria spp.*, *Botrytis cinerea* και *Rhizopus stolonifer* (3/6). Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία τα δύο πρώτα είδη είναι τα πιο συχνά απαντώμενα ως μετασυσλλεκτικά παθογόνα των φρούτων γενικότερα.

Ο μύκητας *Penicillium spp.* εμφανίζει υψηλότερο ποσοστό ανάπτυξης στα τρυβλία με τα εισαγόμενα σταφύλια, κάτι το οποίο είναι λογικό διότι συγκαταλέγεται στις κύριες αιτίες αλλοίωσης των τροφίμων, λόγω του ότι μπορεί να επιβιώσει στους χώρους αποθήκευσης, συντήρησης και μεταφοράς τους.

Επίσης, στο εισαγόμενο σταφύλι ποικιλίας Red Globe αναπτύχθηκαν χλαμυδοσπόρια, τα οποία είναι σπόρια διαχείμασης του *Fusarium spp.* με παχιά τοιχώματα, ώστε να επιβιώνει ο μύκητας σε δυσμενείς συνθήκες, όπως είναι οι χαμηλές θερμοκρασίες των ψυγείων που συντηρούνται τα σταφύλια, για να μπορούν να μεταφερθούν σε μεγάλες αποστάσεις.

Ιδιαίτερη προσοχή αξίζει να δοθεί σε μερικά από τα προαναφερθέντα είδη μετασυσλλεκτικών μυκήτων του σταφυλιού, καθώς αποτελούν κίνδυνο ανάπτυξης και εξάπλωσης τοξικών μυκοτοξινών. Πιο συγκεκριμένα, τα γένη *Aspergillus spp.* και *Penicillium spp.* είναι υπεύθυνα για τη παραγωγή της ωχρατοξίνης Α (OTA), το είδος *Penicillium expansum* παράγει τη πατουλίνη, το *Aspergillus niger* παράγει τη φουμονισίνη Β2 και τα *Aspergillus flavus* και *Aspergillus parasiticus* παράγουν τις αφλατοξίνες Β1. Οι μύκητες έχουν τη δυνατότητα να παράγουν μυκοτοξίνες τόσο στα νωπά σταφύλια, όσο και στα προϊόντα αυτών. Η εκτεταμένη πρόσληψή τους είναι εξαιρετικά επικίνδυνη για την ανθρώπινη υγεία

και μπορεί να έχει μεταλλαξιογόνες, καρκινογόνες, νευροτοξικές, νεφροτοξικές, γονοτοξικές, ακόμη και τερατογονικές επιπτώσεις. Συνεπώς, χρειάζεται σωστός και ελεγχόμενος χειρισμός των σταφυλιών από το στάδιο της συγκομιδής έως και την επεξεργασία, ώστε να αποφεύγονται οι μεταδόσεις ασθενειών και παραγωγή μυκοτοξινών στα τελικά προϊόντα.

3.1.7 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Η Κεφαλονιά είναι ένας τόπος που ως κύρια καλλιέργεια έχει το αμπέλι.

Οι περισσότερες ποικιλίες που καλλιεργούνται ανήκουν στις οινοποιήσιμες ποικιλίες. Θα ήταν λοιπόν σκόπιμο, να ελεγχθεί για παρουσία μετασλλεκτικών ασθενειών ένας ικανοποιητικός αριθμός δειγμάτων σταφυλιών, κατά τη συγκομιδή από όλη την Κεφαλονιά και να ελεγχθούν επίσης και τα παραγόμενα προϊόντα (κρασιά, μούστος κλπ.) για την παρουσία μυκοτοξινών.

Επιπλέον, επειδή οι καταναλωτές αγοράζουν επιτραπέζια σταφύλια και τους χειμερινούς μήνες καλό θα ήταν να ελέγχονται όχι μόνο για την παρουσία φυτοφαρμάκων, αλλά και των επιβλαβών για την υγεία του καταναλωτή μυκοτοξινών.

Κατάλογος Βιβλιογραφίας

- N. 4303/2014 (ΦΕΚ 231/Α' 17.10.2014) | ΕΛΙΝΥΑΕ. (2014). Elinyae.gr. <https://www.elinyae.gr/ethniki-nomothesia/n-43032014-fek-231a-17102014>
- Νικολάου Ν.Α., 2020 [α]. Αμπελουργία. Σύγχρονη Παιδεία, Θεσσαλονίκη.
- Νικολάου Ν.Α., 2020 [β]. Αμπελουργία. Σύγχρονη Παιδεία, Θεσσαλονίκη.
- Abbas, A. (2023, November 16). Red Globe Grapes- Origin, Characteristics, Nutritional Benefits & Uses. Grapedose-Explore the Benefits of Grapes. <https://grapedose.com/red-globe-grapes>.
- ACIR Community. (2023). Usda.gov. <https://acir.aphis.usda.gov/s/cird-taxon/a0ut0000002iHV7AAM/phomopsis-viticola>
- ACIR Community. (2023). Usda.gov. <https://acir.aphis.usda.gov/s/cird-taxon/a0ut0000002iK32AAE/fusarium-oxysporum-f-sp-cepae>
- Aflatoxins (sum of B1, B2, G1, G2) in cereals and cereal-derived food products. (2013). EFSA Supporting Publications, 10(3). <https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2013.en-406>
- Al-mohanna, Moshtaq (2016). METHODS FOR FUNGAL ENUMERATION, ISOLATION AND IDENTIFICATION. 10.13140/RG.2.2.12515.96809.
- Ali, A., Xia, C., Ouattara, N., Mahmood, I., & Faisal, M. (2021). Economic and environmental consequences of postharvest loss across food supply Chain in the developing countries. Journal of Cleaner Production, 323, 129146. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129146>
- Alshannaq, A., & Yu, J.-H. (2017). Occurrence, Toxicity, and Analysis of Major Mycotoxins in Food. International Journal of Environmental Research and Public Health, 14(6), 632. <https://doi.org/10.3390/ijerph14060632>
- Annual Assessment of the World Vine and Wine Sector in 2021 International Organisation of Vine and Wine Intergovernmental Organisation. (1924).

https://www.oiv.int/sites/default/files/documents/OIV_Annual_Assessment_of_the_World_Vine_and_Wine_Sector_in_2021.pdf

Anonymous. (2015, January 6). Brassicas, Black Rot. Center for Agriculture, Food, and the Environment. <https://ag.umass.edu/vegetable/fact-sheets/brassicas-black-rot#:~:text=Black%20rot%2C%20caused%20by%20Xanthomonas%20campestris%20pv.%20campestris>

anthracnose | Description, Symptoms, & Control. (n.d.). Encyclopedia Britannica. <https://www.britannica.com/science/anthracnose>

Aremu, B. R., & Babalola, O. O. (2015) [a]. Classification and Taxonomy of Vegetable Macergens. *Frontiers in Microbiology*, 6. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.01361>

Aremu, B. R., & Babalola, O. O. (2015) [b]. Classification and Taxonomy of Vegetable Macergens. *Frontiers in Microbiology*, 6. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.01361>

Aremu, B. R., & Babalola, O. O. (2015) [c]. Classification and Taxonomy of Vegetable Macergens. *Frontiers in Microbiology*, 6. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.01361>

Aremu, B. R., & Babalola, O. O. (2015) [d]. Classification and Taxonomy of Vegetable Macergens. *Frontiers in Microbiology*, 6. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.01361>

Aremu, B. R., & Babalola, O. O. (2015) [e]. Classification and Taxonomy of Vegetable Macergens. *Frontiers in Microbiology*, 6. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.01361>

Aremu, B. R., & Babalola, O. O. (2015) [f]. Classification and Taxonomy of Vegetable Macergens. *Frontiers in Microbiology*, 6. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.01361>

Averilla, J. N., Oh, J., Kim, H. J., Kim, J. S., & Kim, J.-S. (2019). Potential health benefits of phenolic compounds in grape processing by-products. *Food Science and Biotechnology*, 28(6), 1607–1615. <https://doi.org/10.1007/s10068-019-00628-2>

Bacterial Leaf Spot: A Comprehensive Guide to a Common Plant Disease - PlantPropagation.org. (2023, August 15). Plantpropagation.org. <https://plantpropagation.org/bacterial-leaf-spot/>

Bacterial Soft Rot of Carrot. (2017, October 12). <https://www.greenlife.co.ke/bacterial-soft-rot-of-carrot/>

Bancal, V., & Ray, R. C. (2022). Overview of Food Loss and Waste in Fruits and Vegetables: From Issue to Resources. 3–29. https://doi.org/10.1007/978-981-16-9527-8_1

Bautista-Baños, S., Bosquez-Molina, E., & Barrera-Necha, L. L. (2014) [a]. *Rhizopus stolonifer* (Soft Rot). *Postharvest Decay*, 1–44. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-411552-1.00001-6>

Barkai-Golan, R. (2001). *Postharvest Diseases of Fruits and Vegetables*. <https://doi.org/10.1016/b978-0-444-50584-2.x5000-x>

Baron, S. (1996) [a]. *Medical microbiology* (4th ed.). University Of Texas Medical Branch At Galveston. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK7627/>

Baron, S. (1996) [b]. *Medical microbiology* (4th ed.). University Of Texas Medical Branch At Galveston. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK7627/>

Baron, S. (1996) [c]. *Medical microbiology* (4th ed.). University Of Texas Medical Branch At Galveston. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK7627/>

Baron, S. (1996) [d]. *Medical microbiology* (4th ed.). University Of Texas Medical Branch At Galveston. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK7627/>

Baron, S. (1996) [e]. *Medical microbiology* (4th ed.). University Of Texas Medical Branch At Galveston. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK7627/>

Baylis, C. L. (2006) [a]. Enterobacteriaceae. Food Spoilage Microorganisms, 624–667. <https://doi.org/10.1533/9781845691417.5.624>

Baylis, C. L. (2006) [b]. Enterobacteriaceae. Food Spoilage Microorganisms, 624–667. <https://doi.org/10.1533/9781845691417.5.624>

Berry, G., & Aked, J. (1997). Controlled atmosphere alternatives to the post-harvest use of sulphur dioxide to inhibit the development of *Botrytis cinerea* in table grapes. CA 97 proceedings, postharvest horticulture series no. 19, Postharvest Outreach Program (Vol. 3, pp. 160–164). Davis: University of California.

Bhatta, U. K. (2022). Alternative Management Approaches of Citrus Diseases Caused by *Penicillium digitatum* (Green Mold) and *Penicillium italicum* (Blue Mold). *Frontiers in Plant Science*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.833328>

Bista, U., Chaudhary, D., Bist, D. B., & Joshi, A. P. (2024). Antifungal Activity of Some Essential oil of Aromatic Plants Against Post Harvest Disease of Grapes (*Vitis vinifera*). *AMC Journal (Dhangadhi)*, 5(1), 147–154. <https://doi.org/10.3126/amcjd.v5i1.69131>

Blackford M, Comby M, Zeng L, Dienes-Nagy Á, Bourdin G, Lorenzini F, Bach B. A Review on Stems Composition and Their Impact on Wine Quality. *Molecules*. 2021; 26(5):1240. <https://doi.org/10.3390/molecules26051240>

Bullerman, L. B. (2003) [a]. SPOILAGE | Fungi in Food – An Overview. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*, 5511–5522. <https://doi.org/10.1016/b0-12-227055-x/01129-9>

Bullerman, L. B. (2003) [b]. SPOILAGE | Fungi in Food – An Overview. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*, 5511–5522. <https://doi.org/10.1016/b0-12-227055-x/01129-9>

Bullerman, L. B. (2003) [c]. SPOILAGE | Fungi in Food – An Overview. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*, 5511–5522. <https://doi.org/10.1016/b0-12-227055-x/01129-9>

Cambridge Dictionary. (2022, May 18). *terroir*. Cambridge Words.
<https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/terroir>

Carolina Virginia, T., Javier Néstor, A., Adrián Dario, C., & Graciela Noemí, P. (2020). Cladosporium species causing “Cladosporium rot” on “Bosc” pear fruit in Argentina. *Revista Argentina de Microbiología*.
<https://doi.org/10.1016/j.ram.2019.11.006>

(PDF) Characteristics and taxonomy of Cladosporium fungi. (n.d.). ResearchGate.
https://www.researchgate.net/publication/233818972_Characteristics_and_taxonomy_of_Cladosporium_fungi

Cheng, Y., Lin, Y., Cao, H., & Li, Z. (2020). Citrus Postharvest Green Mold: Recent Advances in Fungal Pathogenicity and Fruit Resistance. *Microorganisms*, 8(3), 449. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8030449>

Cheung, N., Tian, L., Liu, X., & Li, X. (2020). The Destructive Fungal Pathogen *Botrytis cinerea*—Insights from Genes Studied with Mutant Analysis. *Pathogens*, 9(11), 923. <https://doi.org/10.3390/pathogens9110923>

Ch. Paschalidis & P. Zamanidis & L. Papakonstantinou & D. Petropoulos & St. Sotiropoulos & D. Taskos & G. Chamurliiev & M. A. Ovchinnicov, 2019 [a]. "The current state and prospects for the development of viticulture and winemaking in Greece," *Business & Entrepreneurship Journal*, SCIENPRESS Ltd, vol. 8(2), pages 1-3.

Ch. Paschalidis & P. Zamanidis & L. Papakonstantinou & D. Petropoulos & St. Sotiropoulos & D. Taskos & G. Chamurliiev & M. A. Ovchinnicov, 2019 [b]. "The current state and prospects for the development of viticulture and winemaking in Greece," *Business & Entrepreneurship Journal*, SCIENPRESS Ltd, vol. 8(2), pages 1-3.

Citrus canker. (n.d.). [Www.agric.wa.gov.au](https://www.agric.wa.gov.au/citruscanker/citrus-canker).
<https://www.agric.wa.gov.au/citruscanker/citrus-canker>

Cleveland Clinic. (2022, February 12) [a]. Bacteria: Definition, Types, Benefits, Risks & Examples. Cleveland Clinic. <https://my.clevelandclinic.org/health/articles/24494-bacteria>

Cleveland Clinic. (2022, February 12) [b]. Bacteria: Definition, Types, Benefits, Risks & Examples. Cleveland Clinic. <https://my.clevelandclinic.org/health/articles/24494-bacteria>

Cleveland Clinic. (2022, February 12) [c]. Bacteria: Definition, Types, Benefits, Risks & Examples. Cleveland Clinic. <https://my.clevelandclinic.org/health/articles/24494-bacteria>

Coates, L., & Johnson, G. (n.d.-a). 33 POSTHARVEST DISEASES OF FRUIT AND VEGETABLES.

Coates, L., & Johnson, G. (n.d.-b). 33 POSTHARVEST DISEASES OF FRUIT AND VEGETABLES.

Coates, L., & Johnson, G. (n.d.-c). 33 POSTHARVEST DISEASES OF FRUIT AND VEGETABLES.

Cohen, Y., Shulhani, R., Rot, Y., Zemach, H., Belausov, E., Grinberg-Baran, M., Borenstein, M., Pivonia, S., Ezra, D., & Shtienberg, D. (2021). *Aspergillus niger*, the causal agent of black mould disease in date fruits, infects and colonizes flowers and young fruitlets. *Plant Pathology*, 70(5), 1195–1208. <https://doi.org/10.1111/ppa.13358>

Cosme, F., Ribeiro, M., Luís Filipe-Ribeiro, & Nunes, F. M. (2024). Review of mycotoxins in grapes and grape products. IntechOpen EBooks. <https://doi.org/10.5772/intechopen.1005454>

Coursey, D. G., & Booth, R. H. (1972). The post-harvest phytopathology of perishable tropical produce. *Review of Plant Pathology*, 51, 751–765

Crisosto, C.H., D. Garner and G. Crisosto, 2002. Carbon dioxide-enriched atmospheres during cold storage limit losses from botrytis but accelerate rachis

browning of 'red globe' table grapes. *Postharvest Biology and Technology*, 26(2): 181-189.

Current Trends in Plant Disease Diagnostics and Management Practices. (2016) [a]. In P. Kumar, V. K. Gupta, A. K. Tiwari, & M. Kamle (Eds.), *Fungal Biology*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-27312-9>

Current Trends in Plant Disease Diagnostics and Management Practices. (2016) [b]. In P. Kumar, V. K. Gupta, A. K. Tiwari, & M. Kamle (Eds.), *Fungal Biology*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-27312-9>

Dachery, B., Veras, F. F., Dal Magro, L., Manfro, V., & Welke, J. E. (2017). Exposure risk assessment to ochratoxin A through consumption of juice and wine considering the effect of steam extraction time and vinification stages. *Food and Chemical Toxicology*, 109, 237–244. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2017.09.013>

DeMers, M. (2022). *Alternaria alternata* as endophyte and pathogen. *Microbiology (Reading, England)*, 168(3). <https://doi.org/10.1099/mic.0.001153>

Di Canito, A., Mateo-Vargas, M. A., Mazzieri, M., Cantoral, J., Foschino, R., Cordero-Bueso, G., & Vigentini, I. (2021) [a]. The Role of Yeasts as Biocontrol Agents for Pathogenic Fungi on Postharvest Grapes: A Review. *Foods*, 10(7), 1650. <https://doi.org/10.3390/foods10071650>

Di Canito, A., Mateo-Vargas, M. A., Mazzieri, M., Cantoral, J., Foschino, R., Cordero-Bueso, G., & Vigentini, I. (2021) [b]. The Role of Yeasts as Biocontrol Agents for Pathogenic Fungi on Postharvest Grapes: A Review. *Foods*, 10(7), 1650. <https://doi.org/10.3390/foods10071650>

Di Canito, A., Mateo-Vargas, M. A., Mazzieri, M., Cantoral, J., Foschino, R., Cordero-Bueso, G., & Vigentini, I. (2021) [c]. The Role of Yeasts as Biocontrol Agents for Pathogenic Fungi on Postharvest Grapes: A Review. *Foods*, 10(7), 1650. <https://doi.org/10.3390/foods10071650>

Di Canito, A., Mateo-Vargas, M. A., Mazzieri, M., Cantoral, J., Foschino, R., Cordero-Bueso, G., & Vigentini, I. (2021) [d]. The Role of Yeasts as Biocontrol

Agents for Pathogenic Fungi on Postharvest Grapes: A Review. *Foods*, 10(7), 1650. <https://doi.org/10.3390/foods10071650>

Difco™ & BBL™ Manual, 2nd Edition Potato Dextrose Agar • Potato Dextrose Broth. (n.d.). Retrieved September 14, 2021, from https://www.humeau.com/media/blfa_files/213300.pdf

Diggle, S. P., & Whiteley, M. (2019) [a]. Microbe Profile: *Pseudomonas aeruginosa*: Opportunistic Pathogen and Lab Rat. *Microbiology*, 166(1). <https://doi.org/10.1099/mic.0.000860>

Diggle, S. P., & Whiteley, M. (2019) [b]. Microbe Profile: *Pseudomonas aeruginosa*: Opportunistic Pathogen and Lab Rat. *Microbiology*, 166(1). <https://doi.org/10.1099/mic.0.000860>

Disease Triangle: Plants, Model & Concept | StudySmarter. (n.d.). StudySmarter UK. <https://www.studysmarter.co.uk/explanations/biology/communicable-diseases/disease-triangle/>

Downy Mildew of Grape. (2016). Osu.edu. <https://ohioline.osu.edu/factsheet/plpath-fru-33>

Eh Teet, S., & Hashim, N. (2023) [a]. Recent advances of application of optical imaging techniques for disease detection in fruits and vegetables: A review. *Food Control*, 109849. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2023.109849>

Eh Teet, S., & Hashim, N. (2023) [b]. Recent advances of application of optical imaging techniques for disease detection in fruits and vegetables: A review. *Food Control*, 109849. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2023.109849>

Elazar Fallik. (2021). *Postharvest Disease Development*. MDPI.

El-Sayed, R. A., Jebur, A. B., Kang, W., El-Esawi, M. A., & El-Demerdash, F. M. (2022). An overview on the major mycotoxins in food products: characteristics, toxicity, and analysis. *Journal of Future Foods*, 2(2), 91–102. <https://doi.org/10.1016/j.jfutfo.2022.03.002>

Fang, Y., & Ramasamy, R. (2015) [a]. Current and Prospective Methods for Plant Disease Detection. Biosensors, 5(3), 537–561. <https://doi.org/10.3390/bios5030537>

Fang, Y., & Ramasamy, R. (2015) [b]. Current and Prospective Methods for Plant Disease Detection. Biosensors, 5(3), 537–561. <https://doi.org/10.3390/bios5030537>

Fang, Y., & Ramasamy, R. (2015) [c]. Current and Prospective Methods for Plant Disease Detection. Biosensors, 5(3), 537–561. <https://doi.org/10.3390/bios5030537>

Farid Moradinezhad, & Ranjbar, A. (2023) [a]. Advances in Postharvest Diseases Management of Fruits and Vegetables: A Review. Horticulturae, 9(10), 1099–1099. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9101099>

Farid Moradinezhad, & Ranjbar, A. (2023) [b]. Advances in Postharvest Diseases Management of Fruits and Vegetables: A Review. Horticulturae, 9(10), 1099–1099. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9101099>

Farid Moradinezhad, & Ranjbar, A. (2023) [c]. Advances in Postharvest Diseases Management of Fruits and Vegetables: A Review. Horticulturae, 9(10), 1099–1099. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9101099>

Fatima, U., Bhorali, P., Borah, S., & Senthil-Kumar, M. (2019). Perspectives on the utilization of resistance mechanisms from host and nonhost plants for durable protection of Brassica crops against Alternaria blight. PeerJ, 7, e7486. <https://doi.org/10.7717/peerj.7486>

Fek – National Printing House. (2019). Search.et.gr. <https://search.et.gr/el/fek/?fekId=546409>

Fisheries, A. and. (2022, October 19) [a]. Bacterial soft rots. [Www.business.qld.gov.au. https://www.business.qld.gov.au/industries/farms-fishing-forestry/agriculture/biosecurity/plants/diseases/horticultural/bacterial-soft-rots](https://www.business.qld.gov.au/industries/farms-fishing-forestry/agriculture/biosecurity/plants/diseases/horticultural/bacterial-soft-rots)

Fisheries, A. and. (2022, October 19) [b]. Bacterial soft rots. [Www.business.qld.gov.au. https://www.business.qld.gov.au/industries/farms-fishing-forestry/agriculture/biosecurity/plants/diseases/horticultural/bacterial-soft-rots](https://www.business.qld.gov.au/industries/farms-fishing-forestry/agriculture/biosecurity/plants/diseases/horticultural/bacterial-soft-rots)

Fourie, J. F. (2008) [a]. HARVESTING, HANDLING AND STORAGE OF TABLE GRAPES (WITH FOCUS ON PRE- AND POST-HARVEST PATHOLOGICAL ASPECTS). *Acta Horticulturae*, 785, 421–424. <https://doi.org/10.17660/actahortic.2008.785.54>

Fourie, J. F. (2008) [b]. HARVESTING, HANDLING AND STORAGE OF TABLE GRAPES (WITH FOCUS ON PRE- AND POST-HARVEST PATHOLOGICAL ASPECTS). *Acta Horticulturae*, 785, 421–424. <https://doi.org/10.17660/actahortic.2008.785.54>

Fourie, J. F. (2008) [c]. HARVESTING, HANDLING AND STORAGE OF TABLE GRAPES (WITH FOCUS ON PRE- AND POST-HARVEST PATHOLOGICAL ASPECTS). *Acta Horticulturae*, 785, 421–424. <https://doi.org/10.17660/actahortic.2008.785.54>

Francel, L. J. (2001) [a]. The. Disease Triangle: A Plant Pathological Paradigm Revisited. *The Plant Health Instructor*. <https://doi.org/10.1094/phi-t-2001-0517-01>

Francel, L. J. (2001) [b]. The. Disease Triangle: A Plant Pathological Paradigm Revisited. *The Plant Health Instructor*. <https://doi.org/10.1094/phi-t-2001-0517-01>

Francel, L. J. (2001) [c]. The. Disease Triangle: A Plant Pathological Paradigm Revisited. *The Plant Health Instructor*. <https://doi.org/10.1094/phi-t-2001-0517-01>

Fruit Breeding. (2012) [a]. In *Springer eBooks*. Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0763-9>

Fruit Breeding. (2012) [b]. In Springer eBooks. Springer Nature.
<https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0763-9>

Fungal and mycotoxin problems in grape juice and wine industries. (2019).
Current Opinion in Food Science, 29, 7–13.
<https://doi.org/10.1016/j.cofs.2019.06.009>

Fusarium dry rot of potatoes | Agriculture and Food. (2016). Wa.gov.au.
<https://www.agric.wa.gov.au/potatoes/fusarium-dry-rot-potatoes>

Gautam, A. K. (2014) [a]. *Colletotrichum gloeosporioides*: Biology, Pathogenicity and Management in India. *Journal of Plant Physiology & Pathology*, 02(02).
<https://doi.org/10.4172/2329-955x.1000125>

Gautam, A. K. (2014) [b]. *Colletotrichum gloeosporioides*: Biology, Pathogenicity and Management in India. *Journal of Plant Physiology & Pathology*, 02(02). <https://doi.org/10.4172/2329-955x.1000125>

Gautam, A. K. (2014) [c]. *Colletotrichum gloeosporioides*: Biology, Pathogenicity and Management in India. *Journal of Plant Physiology & Pathology*, 02(02).
<https://doi.org/10.4172/2329-955x.1000125>

Gautam, A. K. (2014) [d]. *Colletotrichum gloeosporioides*: Biology, Pathogenicity and Management in India. *Journal of Plant Physiology & Pathology*, 02(02). <https://doi.org/10.4172/2329-955x.1000125>

Gautam, A. K. (2014) [e]. *Colletotrichum gloeosporioides*: Biology, Pathogenicity and Management in India. *Journal of Plant Physiology & Pathology*, 02(02).
<https://doi.org/10.4172/2329-955x.1000125>

Gautam, A. K. (2014) [f]. *Colletotrichum gloeosporioides*: Biology, Pathogenicity and Management in India. *Journal of Plant Physiology & Pathology*, 02(02).
<https://doi.org/10.4172/2329-955x.1000125>

Głos, H., Bryk, H., Michalecka, M., & Puławska, J. (2022). The Recent Occurrence of Biotic Postharvest Diseases of Apples in Poland. *Agronomy*, 12(2), 399. <https://doi.org/10.3390/agronomy12020399>

Grapevine - Description of the fungus. (2023). Ephytia.inra.fr. Retrieved November 17, 2023, from <https://ephytia.inra.fr/en/C/7151/Grapevine-Description-of-the-fungus>

Goldammer, T. (2018). The grape grower's handbook : a guide to viticulture for wine production (3rd ed.). Apex Publishers.

Gomes, A., Queiroz, M., & Pereira, O. L. (2015). Mycofumigation for the Biological Control of PostHarvest Diseases in Fruits and Vegetables: A Review Outline of Fungi View project Orchid mycorrhizal specificity on Epidendrum secundum View project Gomes AAM, Queiroz MV and Pereira OL.

Gonçalves, A., Palumbo, R., Guimarães, A., Gkrillas, A., Dall'Asta, C., Dorne, J.-L., Battilani, P., & Venâncio, A. (2019) [a]. The Route of Mycotoxins in the Grape Food Chain. American Journal of Enology and Viticulture, 71(2), 89–104. <https://doi.org/10.5344/ajev.2019.19039>

Gonçalves, A., Palumbo, R., Guimarães, A., Gkrillas, A., Dall'Asta, C., Dorne, J.-L., Battilani, P., & Venâncio, A. (2019) [b]. The Route of Mycotoxins in the Grape Food Chain. American Journal of Enology and Viticulture, 71(2), 89–104. <https://doi.org/10.5344/ajev.2019.19039>

Gonçalves, A., Palumbo, R., Guimarães, A., Gkrillas, A., Dall'Asta, C., Dorne, J.-L., Battilani, P., & Venâncio, A. (2019) [c]. The Route of Mycotoxins in the Grape Food Chain. American Journal of Enology and Viticulture, 71(2), 89–104. <https://doi.org/10.5344/ajev.2019.19039>

Guan, J., Zeng, K., & Chen, Z. (2023) [a]. Editorial: Postharvest disease management in fruits and vegetables: recent advances and mechanisms. Frontiers in Microbiology, 14. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1203010>

Guan, J., Zeng, K., & Chen, Z. (2023) [b]. Editorial: Postharvest disease management in fruits and vegetables: recent advances and mechanisms. Frontiers in Microbiology, 14. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1203010>

Guerche, S. L., Garcia, C., Darriet, P., Dubourdieu, D., & Labarère, J. (2004). Characterization of *Penicillium* Species Isolated from Grape Berries by Their Internal Transcribed Spacer (ITS1) Sequences and by Gas Chromatography? Mass Spectrometry Analysis of Geosmin Production. *Current Microbiology*, 48(6). <https://doi.org/10.1007/s00284-003-4176-4>

Habib, M. K., & Rizk, H. (2022). Pre-Harvest and Post-Harvest Techniques for Plant Disease Detections.

Habib, M. K., & Rizk, H. (2021). Pre-Harvest and Post-Harvest Techniques for Plant Disease Detections. IntechOpen EBooks. <https://doi.org/10.5772/intechopen.97612>

Hakim, S. (2018, March 20). *Rhizopus stolonifer*. Viticulture and Enology. <https://wineserver.ucdavis.edu/industry-info/enology/wine-microbiology/yeast-mold/rhizopus-stolonifer>

Hamad, S. H. (2012). Factors Affecting the Growth of Microorganisms in Food. In *Progress in Food Preservation* (pp. 405–427). Wiley-Blackwell. <https://doi.org/10.1002/9781119962045.ch20>

Hassan, E.A.; Mostafa, Y.S.; Alamri, S.; Hashem, M.; Nafady, N.A. Bioagents. *Plants* 2021, 10, 2737. Biosafe Management of Botrytis Grey <https://doi.org/10.3390/Mold of Strawberry Fruit by Novelplants10122737>

Hellman, Edward. (2003). Grapevine Structure and Function. Grape Grower's Handbook.

Houbraken, J. A. M. P., Frisvad, J. C., & Samson, R. A. (2010). Taxonomy of *Penicillium citrinum* and related species. *Fungal Diversity*, 44(1), 117–133. doi:10.1007/s13225-010-0047-z

Hussain, S. Z., Naseer, B., Qadri, T., Fatima, T., & Bhat, T. A. (2021). Fruits Grown in Highland Regions of the Himalayas. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-75502-7>

Introduction to Root Diseases – Disease Triangle | PRO-MIX. (2016). [a]
Www.pthorticulture.com. <https://www.pthorticulture.com/en/training-center/introduction-to-root-diseases-disease-triangle/>

Introduction to Root Diseases – Disease Triangle | PRO-MIX. (2016). [b]
Www.pthorticulture.com. <https://www.pthorticulture.com/en/training-center/introduction-to-root-diseases-disease-triangle/>

Introduction to Root Diseases – Disease Triangle | PRO-MIX. (2016). [c]
Www.pthorticulture.com. <https://www.pthorticulture.com/en/training-center/introduction-to-root-diseases-disease-triangle/>

Jürgen Fröhlich, Helmut König, & Gottfried Uden. (2017). Biology of Microorganisms on Grapes, in Must and in Wine. Springer International Publishing.

J. Lević, Slavica Stanković, Vesna Krnjaja, & Bočarov-Stančić, A. S. (2009). Fusarium species: The occurrence and the importance in agriculture of Serbia. Zbornik Matice Srpske Za Prirodne Nauke, 116, 33–48. <https://doi.org/10.2298/zmspn09160331>

Kado, C. I. (2006). Erwinia and Related Genera. The Prokaryotes, 443–450. https://doi.org/10.1007/0-387-30746-x_15

Kamle, M., & Kumar, P. (2016). Colletotrichum gloeosporioides: Pathogen of Anthracnose Disease in Mango (Mangifera indica L.). Fungal Biology, 207–219. https://doi.org/10.1007/978-3-319-27312-9_9

Khashaba, Reham & Farag, M & Al-Geddawy, M & Zohri, Abdel-Naser & Ragab, W. (2018). Mycobiota and Mycotoxins Associated With Fresh and Dried Grape fruits in Egypt. Assiut Journal of Agricultural Sciences. 49. 10.21608/ajas.1999.11893.

Kim, W. K., Sang, H. K., Woo, S. K., Park, M. S., Paul, N. C., & Yu, S. H. (2007). Six Species of Penicillium Associated with Blue Mold of Grape. Mycobiology, 35(4), 180. <https://doi.org/10.4489/myco.2007.35.4.180>

Kizis, D., Vichou, A.-E., & Natskoulis, P. I. (2021) [a]. Recent Advances in Mycotoxin Analysis and Detection of Mycotoxigenic Fungi in Grapes and Derived Products. *Sustainability*, 13(5), 2537. <https://doi.org/10.3390/su13052537>

Kizis, D., Vichou, A.-E., & Natskoulis, P. I. (2021) [b]. Recent Advances in Mycotoxin Analysis and Detection of Mycotoxigenic Fungi in Grapes and Derived Products. *Sustainability*, 13(5), 2537. <https://doi.org/10.3390/su13052537>

Kjaergaard, L. (2006). *The Redox Potential: Its Use and Control in Biotechnology*.

Kumar, P., Mahato, D. K., Sharma, B., Borah, R., Haque, S., Mahmud, M. M. C., Shah, A. K., Rawal, D., Bora, H., & Bui, S. (2020). Ochratoxins in food and feed: Occurrence and its impact on human health and management strategies. *Toxicon*, 187, 151–162. <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2020.08.031>

Kwon, J.-H., Kang, S.-W., Kim, J.-S., & Park, C.-S. (2001). Rhizopus Soft Rot on Cherry Tomato Caused by *Rhizopus stolonifer* in Korea. *Mycobiology*, 29(3), 176–178. <https://doi.org/10.1080/12298093.2001.12015783>

Laboratory Testing for Grapevine Diseases | Lodi Growers. (2023) [a]. [Lodigrowers.com](https://lodigrowers.com). Retrieved November 29, 2023, from <https://lodigrowers.com/laboratory-testing-for-grapevine-diseases/>

Laboratory Testing for Grapevine Diseases | Lodi Growers. (2023) [b]. [Lodigrowers.com](https://lodigrowers.com). Retrieved November 29, 2023, from <https://lodigrowers.com/laboratory-testing-for-grapevine-diseases/>

Laboratory Testing for Grapevine Diseases | Lodi Growers. (2023) [c]. [Lodigrowers.com](https://lodigrowers.com). Retrieved November 29, 2023, from <https://lodigrowers.com/laboratory-testing-for-grapevine-diseases/>

Lawrence, D. P., Rotondo, F., & Gannibal, P. B. (2015). Biodiversity and taxonomy of the pleomorphic genus *Alternaria*. *Mycological Progress*, 15(1). <https://doi.org/10.1007/s11557-015-1144-x>

Lee, B., Lee, Y., Kim, S.-M., Kim, K., & Kim, M.-G. (2022). Rapid membrane-based photothermal PCR for disease detection. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 360, 131554. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2022.131554>

Liljeblad J (2023). Artportalen (Swedish Species Observation System). Version 92.339. SLU Artdatabanken. Occurrence dataset <https://doi.org/10.15468/kllkyl> accessed via GBIF.org on 2023-11-09. <https://www.gbif.org/occurrence/4021049404>

Mahato, D. K., Kamle, M., Sharma, B., Pandhi, S., Devi, S., Dhawan, K., Selvakumar, R., Mishra, D., Kumar, A., Arora, S., Singh, N. A., & Kumar, P. (2021). Patulin in food: A mycotoxin concern for human health and its management strategies. *Toxicon*, 198, 12–23. <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2021.04.027>

Mahmoud Ali Alajrami, & Abu-Naser, S. S. (2019) [a]. Grapes Expert System Diagnosis and Treatment. 3(5).

Mahmoud Ali Alajrami, & Abu-Naser, S. S. (2019) [b]. Grapes Expert System Diagnosis and Treatment. 3(5).

Mahmoud Ali Alajrami, & Abu-Naser, S. S. (2019) [c]. Grapes Expert System Diagnosis and Treatment. 3(5).

Maia, M., Cavaco, A. R., Laureano, G., Cunha, J., Eiras-Dias, J., Matos, A. R., Duarte, B., & Figueiredo, A. (2021) [a]. More than Just Wine: The Nutritional Benefits of Grapevine Leaves. *Foods*, 10(10), 2251. <https://doi.org/10.3390/foods10102251>

Maia, M., Cavaco, A. R., Laureano, G., Cunha, J., Eiras-Dias, J., Matos, A. R., Duarte, B., & Figueiredo, A. (2021) [b]. More than Just Wine: The Nutritional Benefits of Grapevine Leaves. *Foods*, 10(10), 2251. <https://doi.org/10.3390/foods10102251>

Mat Amin, N., Bunawan, H., Redzuan, R. A., & Jaganath, I. B. S. (2010). *Erwinia mallotivora* sp., a New Pathogen of Papaya (*Carica papaya*) in Peninsular

Malaysia. *International Journal of Molecular Sciences*, 12(1), 39–45.
<https://doi.org/10.3390/ijms12010039>

Michailides, T. J., Morgan, D. P., & Luo, Y. (2009) [a]. *Epidemiological Assessments and Postharvest Disease Incidence*. Springer eBooks, 69–88.
https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8930-5_6

Michailides, T. J., Morgan, D. P., & Luo, Y. (2009) [b]. *Epidemiological Assessments and Postharvest Disease Incidence*. Springer eBooks, 69–88.
https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8930-5_6

Microbiology Society. (2021) [a]. *Bacteria*. Microbiology Society.
<https://microbiologysociety.org/why-microbiology-matters/what-is-microbiology/bacteria.html>

Microbiology Society. (2021) [b]. *Bacteria*. Microbiology Society.
<https://microbiologysociety.org/why-microbiology-matters/what-is-microbiology/bacteria.html>

Microbiology Society. (2021) [c]. *Bacteria*. Microbiology Society.
<https://microbiologysociety.org/why-microbiology-matters/what-is-microbiology/bacteria.html>

Mikušová, P., Šrobárová, A., Sulyok, M., & Santini, A. (2013). Fusarium fungi and associated metabolites presence on grapes from Slovakia. *Mycotoxin Research*, 29(2), 97–102. <https://doi.org/10.1007/s12550-013-0157-z>

Milićević, D. R., Škrinjar, M., & Baltić, T. (2010). Real and Perceived Risks for Mycotoxin Contamination in Foods and Feeds: Challenges for Food Safety Control. *Toxins*, 2(4), 572–592. <https://doi.org/10.3390/toxins2040572>

Mohammed, S., & R. Roberts-Bain. (2020). Anthracnose in avocado. Factsheets for. <https://doi.org/10.1079/pwkb.20127802676>

Momol, T., Kucharek, T., & Dankers, H. (2008). Fungal and Bacterial Disease Diagnoses for Distance Diagnostic and Identification System (DDIS) 1. Retrieved

November 27, 2023, from
<https://ufdcimages.uflib.ufl.edu/IR/00/00/16/99/00001/DDIS200.pdf>

Mundy, D. C. (2015). Ecology and control of grapevine root diseases in New Zealand a review. *New Zealand Plant Protection*, 68, 396–404.
<https://doi.org/10.30843/nzpp.2015.68.5818>

Mycofumigation for the Biological Control of Post-Harvest Diseases in Fruits and Vegetables: A Review. In *Austin J Biotechnol Bioeng* (Vol. 2, Issue 4) (2015).
www.austinpublishinggroup.com

Nada El Darra, Nabil Grimi, Watson, I., & Khoury, A. (2023). Editorial: Risk assessment of mycotoxins in food. *Frontiers in Nutrition*, 10.
<https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1145998>

Nakayinga, R., Makumi, A., Tumuhaise, V., & Tinzaara, W. (2021). *Xanthomonas* bacteriophages: a review of their biology and biocontrol applications in agriculture. *BMC Microbiology*, 21(1).
<https://doi.org/10.1186/s12866-021-02351-7>

Omotayo, O. P., Omotayo, A. O., Mwanza, M., & Babalola, O. O. (2019). Prevalence of Mycotoxins and Their Consequences on Human Health. *Toxicological Research*, 35(1), 1–7. <https://doi.org/10.5487/tr.2019.35.1.001>

P. Narayanasamy. (2005) [a]. Detection and Identification of Postharvest Microbial Pathogens. 9–78. <https://doi.org/10.1002/0471751987.ch2>

P. Narayanasamy. (2005) [b]. Detection and Identification of Postharvest Microbial Pathogens. 9–78. <https://doi.org/10.1002/0471751987.ch2>

P Narayanasamy. (2008) [a]. Postharvest pathogens and disease management. Wiley India Pvt. Ltd.

P Narayanasamy. (2008) [b]. Postharvest pathogens and disease management. Wiley India Pvt. Ltd.

P Narayanasamy. (2008) [c]. Postharvest pathogens and disease management. Wiley India Pvt. Ltd.

Palou, L. (2014) [a]. *Penicillium digitatum*, *Penicillium italicum* (Green Mold, Blue Mold). Postharvest Decay, 45–102. doi:10.1016/b978-0-12-411552-1.00002-8

Palou, L. (2014) [b]. *Penicillium digitatum*, *Penicillium italicum* (Green Mold, Blue Mold). Postharvest Decay, 45–102. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-411552-1.00002-8>

Palumbo M, Attolico G, Capozzi V, Cozzolino R, Corvino A, de Chiara MLV, Pace B, Pelosi S, Ricci I, Romaniello R, et al. Emerging Postharvest Technologies to Enhance the Shelf-Life of Fruit and Vegetables: An Overview. *Foods*. 2022; 11(23):3925. <https://doi.org/10.3390/foods11233925>

Paret, M. L., Momol, T., Ritchie, L., & Dankers, H. (2011). 2011 Florida Plant Disease Management Guide: Apple (*Malus domestica*). EDIS, 2011(7). <https://doi.org/10.32473/edis-pg004-2011>

Parikh, L., Kodati, S., Eskelson, M. J., & Adesemoye, A. O. (2018). Identification and pathogenicity of *Fusarium* spp. in row crops in Nebraska. *Crop Protection*, 108, 120–127. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2018.02.019>

PART I CAUSES AND EFFECTS. (2006a).

PART I CAUSES AND EFFECTS. (2006b).

Parts of the Grape Vine: Shoots – Grapes. (2019) [a]. [Grapes.extension.org](https://grapes.extension.org). <https://grapes.extension.org/parts-of-the-grape-vine-shoots/>

Parts of the Grape Vine: Shoots – Grapes. (2019) [b]. [Grapes.extension.org](https://grapes.extension.org). <https://grapes.extension.org/parts-of-the-grape-vine-shoots/>

Pezzuto, J. M. (2008) [a]. Grapes and Human Health: A Perspective. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(16), 6777–6784. <https://doi.org/10.1021/jf800898p>

- Pezzuto, J. M. (2008) [b]. Grapes and Human Health: A Perspective. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(16), 6777–6784. <https://doi.org/10.1021/jf800898p>
- Pezzuto, J. M. (2016). Grapes and Health. In Springer eBooks. Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-28995-3>
- Petruzzello, M. (2019). Rhizopus | fungus genus. In *Encyclopædia Britannica*. <https://www.britannica.com/science/Rhizopus>
- Phomopsis Cane and Leaf Spot of Grape. (2011). Osu.edu. <https://ohioline.osu.edu/factsheet/plpath-fru-47>
- Pitt, J. I., & Hocking, A. D. (2009). *Fungi and Food Spoilage*. Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-92207-2> pp. 47-48.
- Plant Disease. (2005). <https://www.ctahr.hawaii.edu/oc/freepubs/pdf/PD-29.pdf#:~:text=Three%20species%20of%20plant-pathogenic%20fungi%20of%20the%20genus>
- Plascencia-Jatomea, M., Susana, M., Yépiz Gómez, & John Martin Velez-Haro. (2014). *Aspergillus* spp. (Black Mold). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-411552-1.00008-9>
- Pooja Singh,Pooja Singhand Tripathi,N. (2016) [a] , English, Journal article, India, Agra, The International Journal of Plant Reproductive Biology, (44–51), The Society of Plant Reproductive Biologists, Use of natural and safe alternatives methods to control postharvest diseases of grapes: a review
- Pooja Singh,Pooja Singhand Tripathi,N. (2016) [b] , English, Journal article, India, Agra, The International Journal of Plant Reproductive Biology, (44–51), The Society of Plant Reproductive Biologists, Use of natural and safe alternatives methods to control postharvest diseases of grapes: a review
- Postharvest Disease Development Elazar Fallik. (2021). www.mdpi.com/journal/horticulturae

Postharvest Pathology. (2021). www.springer.com/series/8169

powdery mildew | Description, Symptoms, & Control. (2017). Encyclopedia Britannica. <https://www.britannica.com/science/powdery-mildew>

Preventing and Managing Plant Diseases. (2017) [a]. Extension.missouri.edu.<https://extension.missouri.edu/publications/mg13>

Preventing and Managing Plant Diseases. (2017) [b]. Extension.missouri.edu.<https://extension.missouri.edu/publications/mg13>

Preventing and Managing Plant Diseases. (2017) [c]. Extension.missouri.edu.<https://extension.missouri.edu/publications/mg13>

Primiano, I. V., Loehrer, M., Amorim, L., & Schaffrath, U. (2017). Asian grapevine leaf rust caused by *Phakopsora euvtis*: an important disease in Brazil. *Plant Pathology*, 66(5), 691–701. <https://doi.org/10.1111/ppa.12662>

Prusky, D. (2011). Reduction of the incidence of postharvest quality losses, and future prospects. *Food Security*, 3(4), 463–474. <https://doi.org/10.1007/s12571-011-0147-y>

Pseudomonas syringae pv. *morsprunorum* (bacterial canker of stone fruits). (2022) [a]. PlantwisePlus Knowledge Bank, Species Pages. <https://doi.org/10.1079/pwkb.species.44978>

Pseudomonas syringae pv. *morsprunorum* (bacterial canker of stone fruits). (2022) [b]. PlantwisePlus Knowledge Bank, Species Pages. <https://doi.org/10.1079/pwkb.species.44978>

Pushparaj, K., Meyyazhagan, A., Pappuswamy, M., Mousavi Khaneghah, A., Liu, W., & Balasubramanian, B. (2023). Occurrence, identification, and decontamination of potential mycotoxins in fruits and fruit byproducts. *Food Frontiers*. <https://doi.org/10.1002/fft2.198>

Quero J, Jiménez-Moreno N, Esparza I, Osada J, Cerrada E, Ancín-Azpilicueta C, Rodríguez-Yoldi MJ. Grape Stem Extracts with Potential Anticancer and

Antioxidant Properties. Antioxidants. 2021; 10(2):243.
<https://doi.org/10.3390/antiox10020243>

Ramírez-Gil, J. G., Henao-Rojas, J. C., & Morales-Osorio, J. G. (2021) [a]. Postharvest diseases and disorders in avocado cv. Hass and their relationship to preharvest management practices. Heliyon, 7(1).
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e05905>

Ramírez-Gil, J. G., Henao-Rojas, J. C., & Morales-Osorio, J. G. (2021) [b]. Postharvest diseases and disorders in avocado cv. Hass and their relationship to preharvest management practices. Heliyon, 7(1).
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e05905>

Reisch, B. I., Owens, C. L., & Cousins, P. S. (2011). Grape. Fruit Breeding, 225–262. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0763-9_7

Reisch, B. I., Owens, C. L., & Cousins, P. S. (2012). Grape. Fruit Breeding, 225–262. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0763-9_7/FIGURES/1_7

Rhizopus rot. (2023). Plantpath.ifas.ufl.edu. <https://plantpath.ifas.ufl.edu/u-scout/tomato/rhizopus-rot.html>

Ricker-Gilbert, J., Omotilewa, O., & Kadjo, D. (2022). The Economics of Postharvest Loss and Loss-Preventing Technologies in Developing Countries. Annual Review of Resource Economics, 14(1). <https://doi.org/10.1146/annurev-resource-111820-020601>

Riley, M. B., Williamson, M. R., & Maloy, O. (2002) [a]. Plant disease diagnosis. The Plant Health Instructor. <https://doi.org/10.1094/phi-i-2002-1021-01>

Riley, M. B., Williamson, M. R., & Maloy, O. (2002) [b]. Plant disease diagnosis. The Plant Health Instructor. <https://doi.org/10.1094/phi-i-2002-1021-01>

Rogers, K., & Kadner, R. J. (2018) [a]. bacteria | Cell, Evolution, & Classification. In Encyclopædia Britannica. <https://www.britannica.com/science/bacteria>

Rogers, K., & Kadner, R. J. (2018) [b]. bacteria | Cell, Evolution, & Classification. In Encyclopædia Britannica. <https://www.britannica.com/science/bacteria>

Rogowska, A., Pomastowski, P., Sagandykova, G., & Buszewski, B. (2019). Zearalenone and its metabolites: Effect on human health, metabolism and neutralisation methods. *Toxicon: Official Journal of the International Society on Toxinology*, 162, 46–56. <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2019.03.004>

Sabra, A., Netticadan, T., & Wijekoon, C. (2021) [a]. Grape bioactive molecules, and the potential health benefits in reducing the risk of heart diseases. *Food Chemistry: X*, 12, 100149. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2021.100149>

Sabra, A., Netticadan, T., & Wijekoon, C. (2021) [b]. Grape bioactive molecules, and the potential health benefits in reducing the risk of heart diseases. *Food Chemistry: X*, 12, 100149. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2021.100149>

Salman Ghuffar, Irshad, G., Naz, F., & Muhammad Azam Khan. (2021). Studies of *Penicillium* species associated with blue mold disease of grapes and management through plant essential oils as non-hazardous botanical fungicides. *Green Processing and Synthesis*, 10(1), 021–036. <https://doi.org/10.1515/gps-2021-0007>

Scholthof, K.-B. G. (2006). The disease triangle: pathogens, the environment and society. *Nature Reviews Microbiology*, 5(2), 152–156. <https://doi.org/10.1038/nrmicro1596>

Shafique, M. S., Amrao, L., Saeed, S., Ahmed, M. Z., Ghuffar, S., Anwaar, H. A., Sheikh, U. A., KHAN, M. A., Qadir, A., & Abdullah, A. (2020). Occurrence of Leaf Spot Caused by *Alternaria alternata* on Eggplant (*Solanum melongena*) in Pakistan. *Plant Disease*. <https://doi.org/10.1094/pdis-08-20-1643-pdn>

Sharma, M., & Kulshrestha, S. (2015) [a]. *Colletotrichum gloeosporioides*: An Anthracnose Causing Pathogen of Fruits and Vegetables. *Biosciences Biotechnology Research Asia*, 12(2), 1233–1246. <https://doi.org/10.13005/bbra/1776>

Sharma, M., & Kulshrestha, S. (2015) [b]. *Colletotrichum gloeosporioides*: An Anthracnose Causing Pathogen of Fruits and Vegetables. *Biosciences Biotechnology Research Asia*, 12(2), 1233–1246. <https://doi.org/10.13005/bbra/1776>

Sharma, A., Gautam, S., & Wadhawan, S. (2014) [a]. *Xanthomonas*. *Encyclopedia of Food Microbiology*, 811–817. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-384730-0.00359-1>

Sharma, A., Gautam, S., & Wadhawan, S. (2014) [b]. *Xanthomonas*. *Encyclopedia of Food Microbiology*, 811–817. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-384730-0.00359-1>

Sharma, A., Gautam, S., & Wadhawan, S. (2014) [c]. *Xanthomonas*. *Encyclopedia of Food Microbiology*, 811–817. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-384730-0.00359-1>

Sharma, V., Kaushik, M., Agnihotri, C., Agnihotri, S., & Bhim Pratap Singh. (2023) [a]. Postharvest disease management of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) using endophytic actinobacteria as natural biocontrol agent. Elsevier EBooks, 137–150. <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-90620-3.00005-2>

Sharma, V., Kaushik, M., Agnihotri, C., Agnihotri, S., & Bhim Pratap Singh. (2023) [b]. Postharvest disease management of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) using endophytic actinobacteria as natural biocontrol agent. Elsevier EBooks, 137–150. <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-90620-3.00005-2>

Sharma, V., Kaushik, M., Agnihotri, C., Agnihotri, S., & Bhim Pratap Singh. (2023) [c]. Postharvest disease management of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) using endophytic actinobacteria as natural biocontrol agent. Elsevier EBooks, 137–150. <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-90620-3.00005-2>

Sharma, V., Kaushik, M., Agnihotri, C., Agnihotri, S., & Bhim Pratap Singh. (2023) [d]. Postharvest disease management of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) using endophytic actinobacteria as natural biocontrol agent. Elsevier EBooks, 137–150. <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-90620-3.00005-2>

- Sharma, V., Kaushik, M., Agnihotri, C., Agnihotri, S., & Bhim Pratap Singh. (2023) [e]. Postharvest disease management of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) using endophytic actinobacteria as natural biocontrol agent. Elsevier EBooks, 137–150. <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-90620-3.00005-2>
- Sheikh, M. A. (2017). Post Harvest Diseases of Temperate Fruits and their Management Strategies-A Review. *International Journal of Pure & Applied Bioscience*, 5(3), 885–898. <https://doi.org/10.18782/2320-7051.2981>
- Showmaker, K. C., Arick, M. A., Hsu, C.-Y., Martin, B. E., Wang, X., Jia, J., Wubben, M. J., Nichols, R. L., Allen, T. W., Peterson, D. G., & Lu, S.-E. (2017). The genome of the cotton bacterial blight pathogen *Xanthomonas citri* pv. *malvacearum* strain MSCT1. *Standards in Genomic Sciences*, 12. <https://doi.org/10.1186/s40793-017-0253-3>
- Siddiqui, Y., & Ali, A. (2014) [a]. *Colletotrichum gloeosporioides* (Anthracnose). *Postharvest Decay*, 337–371. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-411552-1.00011-9>
- Siddiqui, Y., & Ali, A. (2014) [b]. *Colletotrichum gloeosporioides* (Anthracnose). *Postharvest Decay*, 337–371. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-411552-1.00011-9>
- Siddiqui, Y., Kumar, A., & Srivastava, A. (2023) [a]. Editorial: Fight against food waste: tackling pre-harvest diseases. *Frontiers in Microbiology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1305400>
- Siddiqui, Y., Kumar, A., & Srivastava, A. (2023) [b]. Editorial: Fight against food waste: tackling pre-harvest diseases. *Frontiers in Microbiology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1305400>
- Singh, D., & Sharma, R. R. (2018). Postharvest Diseases of Fruits and Vegetables and Their Management. In *Postharvest Disinfection of Fruits and Vegetables* (pp. 1–52). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812698-1.00001-7>

Singh, D., Ram Roshan Sharma, V. Devappa, & Kamil, D. (2021) [a]. Postharvest Handling and Diseases of Horticultural Produce. CRC Press.

Singh, D., Ram Roshan Sharma, V. Devappa, & Kamil, D. (2021) [b]. Postharvest Handling and Diseases of Horticultural Produce. CRC Press.

Singh, D., Ram Roshan Sharma, V. Devappa, & Kamil, D. (2021) [c]. Postharvest Handling and Diseases of Horticultural Produce. CRC Press.

Singh, D., Ram Roshan Sharma, V. Devappa, & Kamil, D. (2021) [d]. Postharvest Handling and Diseases of Horticultural Produce. CRC Press.

Singh, A. (2022) [a]. Culture Media: Classification, Types, and Relevance. Conduct Science. <https://conductscience.com/culture-media/>

Singh, A. (2022) [b]. Culture Media: Classification, Types, and Relevance. Conduct Science. <https://conductscience.com/culture-media/>

Slippers, B. (2020) [a]. The Plant Disease Pyramid: The relevance of the original vision of plant pathology in 2020. South African Journal of Science, 116(11/12).<https://doi.org/10.17159/sajs.2020/9011>

Slippers, B. (2020) [b]. The Plant Disease Pyramid: The relevance of the original vision of plant pathology in 2020. South African Journal of Science, 116(11/12).<https://doi.org/10.17159/sajs.2020/9011>

Stavarakaki, M., & Biniari, K. (2016). Genotyping and phenotyping of twenty old traditional Greek grapevine varieties (*Vitis vinifera* L.) from Eastern and Western Greece. Scientia Horticulturae, 209, 86–95. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.06.021>

strawberry (*Fragaria x ananassa*). (2009, February 4). Invasive.org. <https://www.invasive.org/browse/detail.cfm?imgnum=5385843>

Stone Fruit Disease - Rhizopus Rot. (2023). Penn State Extension. <https://extension.psu.edu/stone-fruit-disease-rhizopus-rot>

Solairaj, D., Guillaume Legrand, N. N., Yang, Q., & Zhang, H. (2020). Isolation of pathogenic fungi causing postharvest decay in table grapes and in vivo biocontrol activity of selected yeasts against them. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 110, 101478. <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2020.101478>

Sonker, N., Pandey, A. K., & Singh, P. (2016) [a]. Strategies to control post-harvest diseases of table grape: a review. In *Journal of Wine Research* (Vol. 27, Issue 2, pp. 105–122). Routledge. <https://doi.org/10.1080/09571264.2016.1151407>

Sonker, N., Pandey, A. K., & Singh, P. (2016) [b]. Strategies to control post-harvest diseases of table grape: a review. In *Journal of Wine Research* (Vol. 27, Issue 2, pp. 105–122). Routledge. <https://doi.org/10.1080/09571264.2016.1151407>

Sonker, N., Pandey, A. K., & Singh, P. (2016) [c]. Strategies to control post-harvest diseases of table grape: a review. *Journal of Wine Research*, 27(2), 105–122. <https://doi.org/10.1080/09571264.2016.1151407>

Surajit Mitra., (2021). *Postharvest Management of Horticultural Crops*. Jaya Publishing House, Delhi (India)

Syed Zameer Hussain, Naseer, B., Qadri, T., Fatima, T., & Tashooq Ahmad Bhat. (2021) [a]. *Fruits Grown in Highland Regions of the Himalayas*. Springer Nature.

Syed Zameer Hussain, Naseer, B., Qadri, T., Fatima, T., & Tashooq Ahmad Bhat. (2021) [b]. *Fruits Grown in Highland Regions of the Himalayas*. Springer Nature.

Syed Zameer Hussain, Naseer, B., Qadri, T., Fatima, T., & Tashooq Ahmad Bhat. (2021) [c]. *Fruits Grown in Highland Regions of the Himalayas*. Springer Nature.

Tančinová, D., Mašková, Z., Rybárik, L., & Michalová, V. (2017). Species of genera *Botrytis*, *Fusarium* and *Rhizopus* on grapes of the Slovak origin. *Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 11(1), 403–409. <https://doi.org/10.5219/763>

The Editors of Encyclopaedia Britannica. (2019). grape | Taxonomy, Species, & Facts. In Encyclopædia Britannica. <https://www.britannica.com/plant/grape>

Thrane, U. (2014). Fusarium. Encyclopedia of Food Microbiology, 76–81. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-384730-0.00141-5>

Trinklein, D. (2013, August 7) [a]. Grapes: A Brief History (David Trinklein). Ipm.missouri.edu. <https://ipm.missouri.edu/MEG/2013/8/Grapes-A-Brief-History/>

Trinklein, D. (2013, August 7) [b]. Grapes: A Brief History (David Trinklein). Ipm.missouri.edu. <https://ipm.missouri.edu/MEG/2013/8/Grapes-A-Brief-History/>

Tsang, H.-L., Huang, J.-L., Lin, Y.-H., Huang, K.-F., Lu, P.-L., Lin, G.-H., Khine, A., Hu, A., & Chen, H.-P. (2016). Borneol Dehydrogenase from *Pseudomonas* sp. Strain TCU-HL1 Catalyzes the Oxidation of (+)-Borneol and Its Isomers to Camphor. *Applied and Environmental Microbiology*, 82(21), 6378–6385. <https://doi.org/10.1128/aem.01789-16>

Udomlak Sukatta, Vichai Haruthaithanasan, Walairut Chantarapanont, Uraiwan Dilokkunanant, & Panuwat Suppakul. (2008). Antifungal Activity of Clove and Cinnamon Oil and Their Synergistic Against Postharvest Decay Fungi of Grape in vitro.

Unit 1 MODULE 4 CONCEPT OF PLANT DISEASES. <https://chedro3.ched.gov.ph/wp-content/uploads/2021/12/04.Concept-of-Plant-Disease.pdf>

University, U. S. Fusarium and Verticillium Wilts of Vegetables. Extension.usu.edu. Retrieved May 24, 2023, from <https://extension.usu.edu/pests/research/fusarium-verticillium-wilts>

Valverde, J. M., Valero, D., Martínez-Romero, D., Guillén, F., Castillo, S., & Serrano, M. (2005). Novel Edible Coating Based on Aloe vera Gel To Maintain

Table Grape Quality and Safety. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(20), 7807–7813. <https://doi.org/10.1021/jf050962v>

Victor Kiaya ACF, B. (2014). POST-HARVEST LOSSES AND STRATEGIES TO REDUCE THEM.

Vitis vinifera - Plant Finder. [b]. [Www.missouribotanicalgarden.org](http://www.missouribotanicalgarden.org).
<https://www.missouribotanicalgarden.org/PlantFinder/PlantFinderDetails.aspx?taxonid=287551>

Vitis vinifera - Plant Finder. [c]. [Www.missouribotanicalgarden.org](http://www.missouribotanicalgarden.org).
<https://www.missouribotanicalgarden.org/PlantFinder/PlantFinderDetails.aspx?taxonid=287551>

Wan, C., Kahramanoğlu, İ., & Okatan, V. (2021). Application of plant natural products for the management of postharvest diseases in fruits. *Folia Horticulturae*, 33(1), 203–215. <https://doi.org/10.2478/fhort-2021-0016>

Wang, W., Liu, S., Deng, L., Ming, J., Yao, S., & Zeng, K. (2018). Control of Citrus Post-harvest Green Molds, Blue Molds, and Sour Rot by the Cecropin A-Melittin Hybrid Peptide BP21. *Frontiers in Microbiology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02455>

WILLIAMSON, B., TUDZYNSKI, B., TUDZYNSKI, P. and VAN KAN, J.A.L. (2007), Botrytis cinerea: the cause of grey mould disease. *Molecular Plant Pathology*, 8: 561-580. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2007.00417.x>

Wilson, C. L., & Wisniewski, M. E. (1989). BIOLOGICAL CONTROL OF POSTHARVEST DISEASES OF FRUITS AND VEGETABLES: AN EMERGING TECHNOLOGY*. In *Annu. Rev. Phytopathol* (Vol. 27). www.annualreviews.org

Wilson, C. L., Wisniewski, M. E., Biles, C. L., McLaughlin, R., Chalutz, E., & Droby, S. (1991). Biological control of post-harvest diseases of fruits and vegetables: alternatives to synthetic fungicides. *Crop Protection*, 10(3), 172–177. [https://doi.org/10.1016/0261-2194\(91\)90039-t](https://doi.org/10.1016/0261-2194(91)90039-t)

Wisniewski, M. E., & Wilson, C. L. (1992). Biological Control of Postharvest Diseases of Fruits and Vegetables: Recent Advances. *HortScience*, 27(2), 94–98. <https://doi.org/10.21273/hortsci.27.2.94>

World Health Organization. (2018, May 9). Mycotoxins. Who.int; World Health Organization: WHO. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/mycotoxins>

World Health Organization. (2023, October 2). Mycotoxins. Who.int; World Health Organization: WHO. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/mycotoxins>

Yadav et al., (2013) [a], *Pop. Kheti*, 1(3): 20-25

Yadav et al., (2013) [b], *Pop. Kheti*, 1(3): 20-25

Yahia, E. M. (2019). Introduction. In *Postharvest Technology of Perishable Horticultural Commodities* (pp. 1–41). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813276-0.00001-8>

Yahia, E. M. (2011). Mango (*Mangifera indica* L.). *Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits*, 492–567e. doi:10.1533/9780857092885.492

Youssef, K., Ippolito, A., & Roberto, S. R. (Eds.). (2022) [a]. *Postharvest Diseases of Fruit and Vegetable: Methods and Mechanisms of Action*. Frontiers Media SA. <https://doi.org/10.3389/978-2-88976-093-0>

Youssef, K., Ippolito, A., & Roberto, S. R. (2022) [b]. Editorial: Post-harvest Diseases of Fruit and Vegetable: Methods and Mechanisms of Action. *Frontiers in Microbiology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.900060>

Youssef, K., Ippolito, A., & Roberto, S. R. (2022) [c]. Editorial: Post-harvest Diseases of Fruit and Vegetable: Methods and Mechanisms of Action. *Frontiers in Microbiology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.900060>

Zago A, & Chugani, S. (2009) [a]. *Pseudomonas*. 245–260. <https://doi.org/10.1016/b978-012373944-5.00203-0>

Zago A, & Chugani, S. (2009) [b]. *Pseudomonas*. 245–260. <https://doi.org/10.1016/b978-012373944-5.00203-0>

Zahavi, T., Cohen, L., Weiss, B., Schena, L., Daus, A., Kaplunov, T., Zutkhi, J., Ben-Arie, R., & Droby, S. (2000). Biological control of Botrytis, Aspergillus and Rhizopus rots on table and wine grapes in Israel. *Postharvest Biology and Technology*, 20(2), 115–124. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(00\)00118-6](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(00)00118-6)

Zhang, S., Zheng, Q., Xu, B., & Liu, J. (2019) [a]. Identification of the fungal pathogens of postharvest disease on peach fruits and the control mechanisms of bacillus subtilis jk-14. *Toxins*, 11(6). <https://doi.org/10.3390/toxins11060322>

Zhang, S., Zheng, Q., Xu, B., & Liu, J. (2019) [b]. Identification of the fungal pathogens of postharvest disease on peach fruits and the control mechanisms of bacillus subtilis jk-14. *Toxins*, 11(6). <https://doi.org/10.3390/toxins11060322>

Zhou, D.-D., Li, J., Xiong, R.-G., Saimaiti, A., Huang, S.-Y., Wu, S.-X., Yang, Z.-J., Shang, A., Zhao, C.-N., Gan, R.-Y., & Li, H.-B. (2022) [a]. Bioactive Compounds, Health Benefits and Food Applications of Grape. *Foods*, 11(18), 2755. <https://doi.org/10.3390/foods11182755>

Zhou, D.-D., Li, J., Xiong, R.-G., Saimaiti, A., Huang, S.-Y., Wu, S.-X., Yang, Z.-J., Shang, A., Zhao, C.-N., Gan, R.-Y., & Li, H.-B. (2022) [b]. Bioactive Compounds, Health Benefits and Food Applications of Grape. *Foods*, 11(18), 2755. <https://doi.org/10.3390/foods11182755>

Zhou, K., & Raffoul, J. J. (2012). Potential Anticancer Properties of Grape Antioxidants. *Journal of Oncology*, 2012, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2012/803294>

10 Health Benefits of Grapes. (2021) . Cleveland Clinic. <https://health.clevelandclinic.org/health-benefits-of-grapes>

