



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ

ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

**“Παραγωγή vegan προϊόντων από φρέσκο και ξηρό μυκήλιο και μανιτάρι
Pleurotus ostreatus υγρής ζύμωσης και μελέτη ποιοτικών
χαρακτηριστικών.”**

**“Production of vegan products from fresh and dried mycelium and wet-
fermented *Pleurotus ostreatus* mushroom and study of quality
characteristics.’**

ΙΣΡΑΕΛΙΑΝ ΕΛΙΣΑΒΕΤ-ΚΥΡΙΑΚΗ ΑΜ: 2820073

ΜΠΙΤΕΡΝΑ ΕΛΕΝΗ ΑΜ: 2820128

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΓΙΑΒΑΣΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΚΑΡΔΙΤΣΑ 2025

ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε στο Τμήμα Επιστήμης Τροφίμων και Διατροφής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στην Καρδίτσα, κατά το ακαδημαϊκό έτος 2024-2025, στα πλαίσια των απαιτήσεων της απόκτησης πτυχίου.

Φοιτήτριες :

Ισραελιάν Ελισάβετ Κυριακή ΑΜ: 2820073

Μπιτέρνα Ελένη ΑΜ: 2820128

Πρόλογος

Στόχος, της παρούσας προπτυχιακής διπλωματικής εργασίας, είναι αρχικά η εύρεση σωστού υποστρώματος για την βέλτιστη ανάπτυξη του μανιταριού *Pleurotus ostreatus* με υγρή ζύμωση και μετά η αποξήρανση του για χρήση του σε συνταγές vegan μπιφτεκιών, οι οποίες διαμορφώθηκαν και αξιολογήθηκαν πειραματικά έως την επιλογή της πλέον κατάλληλης.

Η πειραματική αυτή εργασία αποτελείται από δύο μέρη, το θεωρητικό και το πειραματικό μέρος.

Στο θεωρητικό μέρος, αναφέρονται γενικές πληροφορίες σχετικά με τα χαρακτηριστικά των μανιταριών, αναλύονται τα *Pleurotus* και το γένος *ostreatus* που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα ερευνητική εργασία. Αναλύεται η μορφολογία τους, η ανάπτυξή τους και περιγράφονται οι παράγοντες βελτιστοποίησης των συνθηκών ανάπτυξης τους για μέγιστη μυκηλιακή απόδοση. Τελικά παρουσιάζεται η ανάγκη για νέα vegan τρόφιμα που συμφωνούν με τις τάσεις της εποχής.

Στο πειραματικό μέρος, επισημαίνονται τα όργανα, τα υλικά και τα υποστρώματα που χρησιμοποιήθηκαν στις αναλύσεις, περιγράφονται αναλυτικά οι δοκιμές εύρεσης του κατάλληλου υποστρώματος ανάπτυξης, οι πειραματικές διαδικασίες που πραγματοποιήθηκαν στα δείγματα, οι δοκιμές εύρεσης συνταγών για τα vegan μπιφτέκια και τέλος γίνεται παρουσίαση των αποτελεσμάτων και συζήτηση αυτών.

Ευχαριστίες

Αρχικά, θα θέλαμε να εκφράσουμε τις θερμές μας ευχαριστίες στον επιβλέποντα καθηγητή μας, κύριο Ιωάννη Γιαβάση, για την ανάθεση της παρούσας πτυχιακής εργασίας, η οποία αποδείχθηκε ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα αλλά και απαιτητική. Η συνεχής καθοδήγηση, η αμέριστη υποστήριξη και η εμπιστοσύνη που μας έδειξε σε όλη τη διάρκεια της εκπόνησης αποτέλεσαν καθοριστικούς παράγοντες για την ολοκλήρωση του έργου μας.

Θα θέλαμε, επίσης, να εκφράσουμε την ειλικρινή μας ευγνωμοσύνη προς την κυρία Μιτσάγγα Χρυσάνθη, η πολύτιμη βοήθεια και οι ουσιαστικές συμβουλές της οποίας συνέβαλαν καθοριστικά στη διεκπεραίωση της μελέτης μας. Η συνεισφορά της υπήρξε ανεκτίμητη τόσο σε πρακτικό όσο και σε επιστημονικό επίπεδο.

Επιπλέον, οφείλουμε να ευχαριστήσουμε τους συμφοιτητές και φίλους μας, καθώς και τα μέλη του διδακτικού προσωπικού, για τη συνεργασία, την αλληλοϋποστήριξη και τη βοήθεια που μας παρείχαν καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μας.

Τέλος, ένα ιδιαίτερο και βαθύ «ευχαριστώ» οφείλουμε στις οικογένειές μας, οι οποίες με υπομονή, αγάπη και αδιάκοπη στήριξη μας ενθάρρυναν σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μας και συνέβαλαν ουσιαστικά στην επίτευξη των στόχων μας.

Περίληψη

Η παρούσα πτυχιακή διπλωματική εργασία εστιάζει στην παραγωγή vegan προϊόντων από φρέσκο και ξηρό μυκήλιο καθώς και από το μανιτάρι *Pleurotus ostreatus*, το οποίο καλλιεργήθηκε με τη μέθοδο της υγρής ζύμωσης. Στόχος της μελέτης ήταν αφενός η εύρεση του καταλληλότερου υποστρώματος για τη βέλτιστη ανάπτυξη του μύκητα και αφετέρου η αξιοποίηση της παραγόμενης μυκηλιακής βιομάζας, αφού αφαιρεθεί υγρασία με διαδικασία λυοφιλίωσης, για την παρασκευή vegan μπιφτεκιών, τα οποία διαμορφώθηκαν, δοκιμάστηκαν και αξιολογήθηκαν με στόχο την επιλογή της βέλτιστης συνταγής.

Στο θεωρητικό μέρος παρουσιάζονται εκτενώς τα μορφολογικά και θρεπτικά χαρακτηριστικά των μανιταριών και ειδικότερα του γένους *Pleurotus*, το οποίο αποτελεί τη δεύτερη σημαντικότερη ομάδα καλλιεργούμενων μανιταριών παγκοσμίως. Αναλύονται οι μέθοδοι καλλιέργειας και οι τεχνολογίες ζύμωσης με ιδιαίτερη έμφαση στη ζύμωση υγρής φάσης, καθώς και οι περιβαλλοντικοί, χημικοί και βιολογικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη μυκηλιακή ανάπτυξη και απόδοση. Επιπλέον, επισημαίνεται η σημασία της ανάπτυξης νέων τροφίμων που ανταποκρίνονται στις σύγχρονες διατροφικές ανάγκες και στη στροφή προς προϊόντα με χαμηλό περιβαλλοντικό αποτύπωμα.

Κατά την ολοκλήρωση των πειραματικών δοκιμών, διαπιστώθηκε ότι από τα υποστρώματα που εξετάστηκαν, εκείνα που βασίζονταν σε λιγνοκυτταρινούχα υλικά (όπως γλυκόζη και μελάσα) παρείχαν την μεγαλύτερη μυκηλιακή ανάπτυξη και την υψηλότερη απόδοση βιομάζας. Η βιομάζα που συλλέχθηκε λυοφιλιώθηκε, αλέσθηκε και ενσωματώθηκε σε διάφορες συνταγές vegan μπιφτεκιών, οι οποίες αξιολογήθηκαν αισθητηριακά ως προς την γεύση, την υφή, το άρωμα και τη συνολική αποδοχή τους. Συνολικά, η μελέτη αναδεικνύει τη δυνατότητα αξιοποίησης του μυκηλίου και των μανιταριών *Pleurotus* ως πρώτων υλών για την παραγωγή καινοτόμων vegan προϊόντων, ενισχύοντας τις προοπτικές βιομηχανικής εφαρμογής τους και τη συμβουλή τους σε πιο υγιεινές και βιώσιμες διατροφικές επιλογές.

Abstract

This undergraduate thesis focuses on the production of vegan products from fresh and dried mycelium as well as from the mushroom *Pleurotus ostreatus*, which was cultivated using the method of submerged liquid fermentation. The aim of the study was, on the one hand, to identify the most suitable substrate for the optimal growth of the fungus and, on the other hand, to utilize the produced mycelial biomass, after moisture removal through lyophilization, for the preparation of vegan burgers, which were shared, tested, and evaluated with the goal of selecting the most appropriate recipe.

In the theoretical part, the morphological and nutritional characteristics of mushrooms are extensively presented, with particular emphasis on the genus *Pleurotus*, which represents the second most important group of cultivated mushrooms worldwide. Cultivation methods and fermentation technologies are analyzed, with special reference to liquid fermentation, as well as the environmental, chemical, and biological factors that affect mycelial growth and yield. Moreover, the importance of developing new foods that meet modern dietary needs and the shift toward products with a low environmental footprint is highlighted.

Upon completion of the experimental trials, it was found that among the substrates tested, those based on lignocellulosic materials (such as glucose and molasses) provided the greatest mycelial growth and the highest biomass yield. The collected biomass was lyophilized, ground and incorporated into various vegan burger formulations, which were evaluated sensorially in terms of taste, texture, aroma, and overall acceptability. Overall, the study highlights the potential of utilizing *Pleurotus* mycelium and mushrooms as raw materials for the production of innovative vegan products, enhancing their prospects for industrial application and their contribution to healthier and more sustainable dietary choices.

Πίνακας Περιεχομένων

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ - Προοίμιο	9
1.1.Μανιτάρια.....	11
1.1.1. Γενικές Πληροφορίες	11
1.1.2. Δομή και Ταξινόμηση.....	11
1.1.3. Είδη μανιταριών	14
1.1.4. Ιδιότητες.....	14
1.2.Το γένος <i>Pleurotus</i>	15
1.2.1. Γενικά Στοιχεία	15
1.2.2. Μορφολογικά χαρακτηριστικά	16
1.2.3. Μακροσκοπικά χαρακτηριστικά.....	16
1.2.4. Αναπαραγωγή.....	17
1.2.5. Πλεονεκτήματα	18
1.2.6. Μυκοτοξίνες και <i>Pleurotus</i>	18
1.2.7. Εργαστηριακή καλλιέργεια των μανιταριών <i>Pleurotus</i>	19
1.2.8. Είδη <i>Pleurotus</i>	19
1.2.9. Περιβαλλοντικές συνθήκες ανάπτυξης	21
1.3. <i>Pleurotus ostreatus</i>	22
1.3.1 Γενικά Στοιχεία	22
1.3.2 Δομή... ..	22
1.3.3. Χρήσεις	23
1.4.Μέθοδοι καλλιέργειας	24

1.4.1. Ζύμωση Στερεής Κατάστασης – σε στερεό θρεπτικό υπόστρωμα...	24
1.4.2. Ζύμωση Υγρής Κατάστασης – σε υγρό θρεπτικό υπόστρωμα...	24
i. Παράγοντες ανάπτυξης	27
ii. Βελτιστοποίηση των συνθηκών ανάπτυξης για μυκηλιακή απόδοση....	34
iii. Βελτιστοποίηση συνθηκών καλλιέργειας <i>P. ostreatus</i>	35
1.5. ΒΙΓΚΑΝΙΣΜΟΣ/ ΧΟΡΤΟΦΑΓΙΑ.....	38
1.5.1.Γενικά Στοιχεία.....	38
1.5.2.Κίνητρα για μια vegan ζωή.....	41
1.5.3.Οφέλη της vegan διατροφής.....	43
1.5.4. Ελλείψεις της vegan διατροφή.....	45
1.6.Χρήση μανιταριών σε vegan τρόφιμα.....	46
1.7.Φυτικά υποκατάστατα κρέατος... ..	51
1.8.VEGAN μπιφτέκια.....	51
1.9.QUORN.....	52
2. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	54
2.1.Στόχοι και οργάνωση του πειράματος... ..	54
2.1.1. Υλικά και όργανα	54
2.1.2. Εκτέλεση πειραματικής διαδικασίας	56
Α. ΖΥΜΩΣΗ <i>P. ostreatus</i>	56
Β. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ VEGAN ΜΠΙΦΤΕΚΙΟΥ... ..	77
2.2.ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	84
2.3.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	89
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	90

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Προοίμιο

Η διατροφή αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες που επηρεάζουν άμεσα την υγεία, την ποιότητα ζωής και την ευημερία του ανθρώπου. Στις μέρες μας, η αυξημένη ανησυχία για τις επιπτώσεις της υπερβολικής κατανάλωσης ζωικών προϊόντων, τόσο στην ανθρώπινη υγεία όσο και στο περιβάλλον, έχει οδηγήσει σε μια έντονη στροφή προς εναλλακτικές διατροφικές επιλογές. Η υιοθέτηση χορτοφαγικών ή vegan διατροφικών προτύπων δεν αποτελεί πλέον μια περιθωριακή τάση, αλλά αντιθέτως μια δυναμικά αναπτυσσόμενη επιλογή που συνδέεται με την προστασία της υγείας, τη μείωση του οικολογικού αποτυπώματος και την προώθηση της βιώσιμης ανάπτυξης.

Οι επιστημονικές μελέτες καταδεικνύουν ότι η εντατική κτηνοτροφία συνδέεται με σοβαρά περιβαλλοντικά προβλήματα, όπως η εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου, η υπερκατανάλωση νερού και η ρύπανση του εδάφους και των υδάτων (Αραμπατζή, Σ., Διαχείριση αγροκτηνοτροφικών αποβλήτων) (Λεμονίδου, Ρ. Ι. (2024)). Παράλληλα, ζητήματα που αφορούν την καλή μεταχείριση των ζώων και την ηθική διάσταση της κατανάλωσης κρέατος έχουν οδηγήσει πολλούς καταναλωτές στην αναζήτηση φυτικών εναλλακτικών λύσεων. Ως αποτέλεσμα, η παγκόσμια αγορά των φυτικών υποκατάστατων κρέατος παρουσιάζει συνεχή ανάπτυξη, με αυξημένη ζήτηση για προϊόντα που συνδυάζουν θρεπτική αξία, ευχάριστη γεύση και υφή, αλλά και μειωμένο περιβαλλοντικό κόστος.

Σε αυτό το πλαίσιο, τα μανιτάρια αναδεικνύονται ως μια ιδιαίτερη υποσχόμενη πρώτη ύλη για την παραγωγή καινοτόμων τροφίμων. Η υψηλή περιεκτικότητα τους σε πρωτεΐνη, φυτικές ίνες, βιταμίνες και βιοδραστικά συστατικά, σε συνδυασμό με τη χαμηλή περιεκτικότητα σε λίπος και θερμίδες, τα καθιστούν εξαιρετική διατροφική επιλογή. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το είδος *Pleurotus ostreatus*, το οποίο κατέχει τη δεύτερη θέση στην παγκόσμια αγορά καλλιεργούμενων μανιταριών και διακρίνεται για την ταχεία ανάπτυξη του, την ανθεκτικότητα του και την ικανότητα του να αξιοποιεί αγροβιομηχανικά υπολείμματα για την καλλιέργεια του. Η καλλιέργεια του *Pleurotus ostreatus* μέσω υγρής ζύμωσης (submerged liquid fermentation) αποτελεί μια σύγχρονη και αποδοτική μέθοδο, η οποία επιτρέπει τη μαζική παραγωγή μυκηλιακής βιομάζας με σταθερά ποιοτικά χαρακτηριστικά.

Η αξιοποίηση τόσο του καρποφόρου σώματος όσο και του μυκηλίου του μύκητα δημιουργεί νέες δυνατότητες στην ανάπτυξη φυτικών προϊόντων υψηλής διατροφικής αξίας. Το μυκήλιο, μετά από διαδικασία αποξήρανσης, μπορεί να ενσωματωθεί σε συνταγές vegan προϊόντων,

προσφέροντας πλούσια πηγή πρωτεϊνών και λειτουργικών συστατικών. Η καινοτόμος αυτή προσέγγιση συμβαδίζει με τις διεθνείς τάσεις για παραγωγή βιώσιμων και υγιεινών τροφίμων, που ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις ενός ολοένα και πιο απαιτητικού καταναλωτικού κοινού.

Η παρούσα εργασία εντάσσεται σε αυτό το επιστημονικό και κοινωνικό πλαίσιο, μελετώντας τη διαδικασία καλλιέργειας του *Pleurotus ostreatus* με τη μέθοδο της υγρής ζύμωσης, την αποξήρανση και αξιοποίηση της παραγόμενης μυκηλιακής βιομάζας, καθώς και την εφαρμογή της σε συνταγές vegan μπιφτεκιών. Στόχος είναι η διερεύνηση των κατάλληλων υποστρωμάτων και συνθηκών ανάπτυξης του μύκητα, η αξιολόγηση των ιδιοτήτων της βιομάζας και τελικά η παραγωγή προϊόντων που να συνδυάζουν υψηλή θρεπτική αξία, ικανοποιητικά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και προοπτικές βιομηχανικής εφαρμογής. Με αυτόν τον τρόπο, η εργασία συμβάλλει στη διερεύνηση των δυνατοτήτων αξιοποίησης των μανιταριών ως πρώτης ύλης για την ανάπτυξη καινοτόμων vegan προϊόντων, ενισχύοντας παράλληλα τη μετάβαση προς πιο υγιεινές και βιώσιμες διατροφικές επιλογές.

1.1 ΜΑΝΙΤΑΡΙΑ

1.1.1 Γενικές Πληροφορίες

Τα μανιτάρια ανήκουν στους μύκητες, που βοτανικά ταξινομούνται στα κρυπτόγαμα θαλλόφυτα. Οι μύκητες αποτελούν ένα ξεχωριστό βασίλειο που περιλαμβάνει μονοκύτταρους ή πολυκύτταρους ευκαρυωτικούς οργανισμούς. Στερούνται χλωροφύλλης και αδυνατούν να συνθέσουν οργανικές ενώσεις, για το λόγο αυτό απορροφούν τις απαραίτητες οργανικές ενώσεις από ζωντανούς ή νεκρούς οργανισμούς και γι' αυτό και θεωρούνται το "βιολογικό εργαστήριο αποδόμησης των οργανικών ουσιών", αφού ουσιαστικά κάνουν την ανακύκλωση των θρεπτικών συστατικών στα οικοσυστήματα. Η λέξη "μανιτάρι" προέρχεται από το παλαιό-γαλλικό όρο "mousseron", το οποίο βασίστηκε στον προερχόμενο όρο "mousse" που σημαίνει βρύα, καθώς ορισμένα μανιτάρια αναπτύσσονται σε μέρη με βρύα και αρκετή υγρασία. Εξελίχτηκε σε «muscheron», και στη συνέχεια σε «mushroom» στα σύγχρονα αγγλικά. Η επιστημονική μελέτη των μυκήτων, συμπεριλαμβανομένων των μανιταριών, είναι η μυκητολογία, όρος που προέρχεται από το ελληνικό «μύκης» (μύκες), μύκητας ή μανιτάρι.

Το μανιτάρι είναι ένα μυκητιακό, σποροφόρο καρποφόρο σώμα, το οποίο είναι συνήθως πάνω από το έδαφος, κατοικεί στο έδαφος ή σε οργανικό υλικό σε αποσύνθεση. Τα μανιτάρια έρχονται σε μια τεράστια ποικιλία σχημάτων, μεγεθών και χρωμάτων και περιλαμβάνουν είδη που είναι βρώσιμα, φαρμακευτικά, δηλητηριώδη και ψυχεδελικά (Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων, 2014).

1.1.2 Δομή και Ταξινόμηση

Το πρότυπο για το όνομα "μανιτάρι" είναι το καλλιεργούμενο λευκό μανιτάρι, *Agaricus bisporus*. Ως εκ τούτου, η λέξη "μανιτάρι" χρησιμοποιείται συχνότερα σε εκείνους τους μύκητες (*Basidiomycota*, *Agaricomycetes*) που έχουν στέλεχος (stipe), κάλυμμα (pileus) και βράγχια (lamellae, sing. lamella) στην κάτω πλευρά του καπακιού.

Ως ετερότροφοι και μη φωτοσυνθετικοί οργανισμοί έχουν ραγδαία ανάπτυξη. Το σώμα τους που λέγεται θαλλός, δεν έχει διαφοροποιημένα όργανα, δηλαδή ρίζες, βλαστούς και φύλλα, παρά μόνον όργανα αναπαραγωγής. Ο θαλλός στους ανώτερους μύκητες λέγεται μυκήλιο και αποτελείται από διακλαδισμένα νήματα, με διάμετρο 2-10 χιλιοστά του χιλιοστού και μήκος που φτάνει κάποια μέτρα. Αντίθετα, στους κατώτερους μύκητες είναι μια πρωτοπλασματική μάζα χωρίς κυτταρική μεμβράνη με 1-2 ή και περισσότερους πυρήνες.

Πιο συγκεκριμένα είναι μακροσκοπικές καρποφορίες που πολλαπλασιάζονται διασπείροντας τα σπόριά τους, τα οποία παράγονται στα βράγχια του μύκητα, χρησιμοποιώντας τον αέρα ως μέσο εξάπλωσης. Η αναπαραγωγή στους μύκητες είναι αγενής όταν γίνεται χωρίς την ένωση κυττάρων ή οργάνων αντίθετου φύλου, και εγγενής, όταν προηγείται η ένωση πυρήνων κυττάρων αντίθετου φύλου. Η αγενής αναπαραγωγή γίνεται με κομμάτια του μικκυλίου, με σπόρια που παράγονται αγενώς ή με άλλα όργανα σκληρωτικά ή ριζόμορφα, ενώ η εγγενής γίνεται με σπόρια που παράγονται από ένωση πυρήνων κυττάρων αντίθετου φύλου. Τα σπόρια των μυκήτων και στις δύο περιπτώσεις, αγενή και εγγενή πολλαπλασιασμού, σχηματίζονται μέσα σε ειδικά όργανα, που λέγονται καρποφορίες και τα οποία σχηματίζονται από τμήμα ή ολόκληρο το θαλλό. Σε κάθε ανεπτυγμένο μύκητα σχηματίζονται περίπου 15-20 δισεκατομμύρια σπόρια, που όταν ελευθερωθούν από το μητρικό σώμα και βρεθούν σε κατάλληλες συνθήκες βλασταίνουν και δίνουν το καθένα νέο μυκήλιο.

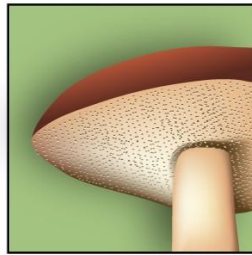
Ταξινομούνται σε δύο μεγάλες κατηγορίες με βάση τον μηχανισμό παραγωγής των σπορίων τους: τους βασιδιομύκητες και τους ασκομύκητες. Οι βασιδιομύκητες αποτελούν περίπου το 25% όλων των μυκήτων και περιλαμβάνουν περισσότερα από 450 γένη. Αυτά έχουν ποικίλα σχήματα, όπως ομπρέλες, χωνιά, κύπελλα ή αστέρια, και διακρίνονται από την παρουσία βασιδίων, μικροσκοπικών δομών στις οποίες παράγονται σπόρια. Οι ασκομύκητες, αντίθετα, έχουν σχήματα που μοιάζουν με πατάτα, σφαίρα ή κύπελλο και τα σπόρια τους παράγονται μέσα σε μικροσκοπικούς σάκους. Η ανάπτυξη τους μπορεί να είναι σαπροφυτική, δηλαδή να τρέφεται με νεκρή οργανική ύλη, παρασιτική, να ζει σε βάρος των ζωντανών φυτών ή να είναι συμβιωτική, δημιουργώντας σχέσεις αμοιβαίου οφέλους (μυκόρριζα) (Rajaratnam, S., Bano, Z., & Miles, P. G., 1987).

Spore-bearing surface under cap



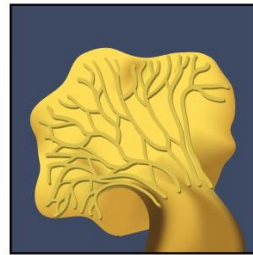
Gills:

wide and thin sheet-like plates radiating from stem



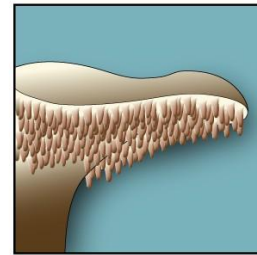
Pores:

many small tubes ending in a spongy surface



Ridges:

short, blunt elevated lines on stem and under cap



Teeth:

many small finger-like projections

Gill attachment



Adnate - gills widely attached widely to stem



Adnexed - gills attached narrowly to stem



Decurrent - gills running down stem for some length



Emarginate - gills notched immediately before attaching to stem



Free - gills not attached to stem



Seceding - gills attached, but breaking away from stem at margin (often older specimens)



Sinuate - gills smoothly notched and running briefly down stem



Subdecurrent - gills running briefly down stem

Cap morphology



Campanulate - bell-shaped



Conical - triangular



Convex - outwardly rounded



Depressed - with a low central region



Flat - with top of uniform height



Infundibuliform - deeply depressed, funnel-shaped



Ovate - shaped like half an egg



Umbillicate - with a small, deep depression



Umbonate - with a central bump or knob

Εικόνα 1: Μορφολογία καπέλωνμανιταριών,

<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9C%CE%B1%CE%BD%CE%B9%CF%84%CE%AC%CF%81%CE%B9>

1.1.3 Είδη μανιταριών

Υπάρχουν πάρα πολλά είδη μανιταριών εδώδιμα, δηλητηριώδη ή και θανατηφόρα και πάρα πολλά χωρίς καμία γαστρονομική αξία. Τα πιο γνωστά είδη από τα εδώδιμα και τα δηλητηριώδη μανιτάρια είναι:

Ενδεικτικά Εδώδιμα είδη: *Agaricus bisporus*, *A. bitorquis*, *A. arvensis*, *A. campestris*, *A. hortensis*, *Pleurotus ostreatus*, *Flamulina velutipes*, *Lentinus edodes*, *Coprinus comatus*, *Boletus edulis*, *Marasmius oreades*, *Cantharellus cibarius*, *Pholiota mutabilis*, *Agrocybe aegerica* και *Morchella rodunda*.

Ενδεικτικά Δηλητηριώδη είδη: *Amanita phalloides*, *A. verna*, *A. virosa*, *A. muscaria*, *A. pantherina*, *Hypoholoma fasciculata*, *Boletus satanas*, *B. feleus*, *B. calopus*, *Russula emetica*, *Clavaria formosa* και *Rhodophilus lividus*. (Πήγος, Ε.-Μ. Ε., 2023).

1.1.4 Ιδιότητες

Τα μανιτάρια, εκτός από τη γευστική τους ιδιαιτερότητα, έχουν σίγουρα προσελκύσει ενδιαφέρον και για τις ευεργετικές τους επιδράσεις στην υγεία. Αποτελούν σημαντική πηγή πρωτεΐνης (25-30%) , καθώς μπορούν να περιέχουν έως και το ένα τρίτο του βάρους τους σε πρωτεΐνη! Χαρακτηρίζονται ως μοναδική θρεπτική διατροφική επιλογή αφού ,περιλαμβάνουν τα εννέα απαραίτητα αμινοξέα που χρειάζεται ο οργανισμός και επιπλέον είναι χαμηλά σε λιπίδια, με σχεδόν καθόλου κορεσμένα λιπαρά.

Επιπλέον, τα μανιτάρια περιέχουν πληθώρα θρεπτικών και βιοδραστικών συστατικών, όπως β-γλυκάνες, πολυσακχαρίτες και αντιοξειδωτικές ουσίες. Αυτά τα στοιχεία φαίνεται να ενισχύουν το ανοσοποιητικό σύστημα, να καταπολεμούν τις φλεγμονές και να περιορίζουν την οξειδωτική βλάβη στα κύτταρα μέσω της εξουδετέρωσης των ελευθέρων ριζών. Είδη όπως το σιτάκε (*Lentinula edodes*), το ρέισι (*Ganoderma lucidum*) και το μάιτακε (*Grifola frondosa*) έχουν μελετηθεί για τις πιθανές αντικαρκινικές-ανοσοδιεγερτικές τους ιδιότητες, με έρευνες να δείχνουν ότι ενδέχεται να περιορίζουν την ανάπτυξη όγκων.

Πέρα από αυτά, κάποια είδη μανιταριών βοηθούν και στον έλεγχο του σακχάρου στο αίμα, με τις υποχοληστερολαιμικές/αντιαθηρογόνες τους ιδιότητες κάτι που τα καθιστά πολύ χρήσιμα για άτομα με διαβήτη τύπου 2. Η περιεκτικότητά τους σε φυτικές ίνες και φυτοστερόλες συνδέεται επίσης με τη μείωση της "κακής" χοληστερόλης LDL, συμβάλλοντας έτσι στη

συνολική καρδιαγγειακή υγεία. Επιπρόσθετα μπορούν να λειτουργήσουν ως κατασταλτικό της όρεξης αφού οι φυτικές ίνες προκαλούν μια αίσθηση κορεσμού και πληρότητας που οδηγεί σε διατήρηση του σωματικού βάρους.

Τέλος, ένα από τα πιο εντυπωσιακά πεδία μελέτης αφορά το νευρικό σύστημα. Το μανιτάρι *Hericium erinaceus* έχει δείξει υποσχόμενα αποτελέσματα σε σχέση με τη μνήμη και την εγκεφαλική λειτουργία, και ερευνάται για τον πιθανό ρόλο του στην πρόληψη εκφυλιστικών νόσων όπως το Alzheimer. Κάποιες μελέτες δείχνουν επίσης ότι ορισμένα μανιτάρια μπορούν να έχουν φυσικές αγχολυτικές ή ακόμα και αναλγητικές ιδιότητες (Raman et al., 2020).

1.2. Το γένος *Pleurotus*

1.2.1 Γενικά στοιχεία

Τα μανιτάρια του γένους *Pleurotus* κατέχουν τη δεύτερη θέση στην παγκόσμια αγορά μανιταριών. Η παραγωγή των *Pleurotus* αναλογεί στο ¼ της παγκόσμιας της παγκόσμιας παραγωγής καλλιεργούμενων μανιταριών (όλων των ειδών) (Raman et al., 2020).

Τα είδη του γένους *Pleurotus* κάνουν την εμφάνισή τους από τον Μάρτιο έως τις αρχές Νοεμβρίου, κυρίως σε τροπικά δάση βροχής, όπου επικρατούν θερμοκρασίες της τάξεως των 20-30°C.

Αφτιά λένε στην Πελοπόννησο τα φαγώσιμα μανιτάρια του γένους *Pleurotus*. Είναι μανιτάρια εκλεκτής ποιότητας και υπόκεινται σε αποξήρανση, αφού πωλούνται αποξηραμένα ως τροφή. (Κελτεμλίδης, 1990).

Το γένος *Pleurotus spp.*, ανήκει στους βασιδιομύκητες, στην τάξη *Agaricales* και στην οικογένεια *Tricholomataceae*. Εμφανίζει μία μορφολογική δομή που αποτελείται από το μυκήλιο (βλαστική φάση) και τα καρποφόρα σώματα (αναπαραγωγική φάση) (Sharma et al., 2021). Οι μύκητες αυτού του γένους κατατάσσονται στους λεγόμενους μύκητες λευκής σήψης, λόγω της ικανότητάς τους να παράγουν λευκό μυκήλιο και να αποδομούν λιγνοκυτταρινικά υλικά όπως κορμούς και κούτσουρα δένδρων, πριονίδια, άχυρα και άλλα υπολείμματα γεωργικών καλλιεργειών (σιτηρών βαμβακιού, αραβοσίτου, καπνού, ρυζιού κ.λπ.), (Tsujiyama & Ueno, 2013). Συνήθως καλλιεργούνται σε μη κομποστοποιημένα λιγνοκυτταρινικά υποστρώματα (Savoie et al., 2007). Το *Pleurotus spp.* είναι ένας από τους πιο μελετημένους

μύκητες λευκής σήψης, εξαιτίας της εξαιρετικής του ικανότητας αποδόμησης λιγνίνης (Philippoussis et al., 2001; Olivieri et al., 2006; Li & Shah, 2016). Σε αντίθεση με τους μύκητες καφέ σήψης, που διασπούν μόνο κυτταρίνη και ημικυτταρίνη, οι μύκητες του γένους *Pleurotus* μπορούν να διασπάσουν και τη λιγνίνη, επιδεικνύοντας έτσι σημαντική λιγνολυτική δράση (Machado et al., 2016).

1.2.2 Μορφολογικά χαρακτηριστικά

Το γένος *Pleurotus* χαρακτηρίζεται από την παρουσία, κατά κύριο λόγο, ετεροκαρυωτικού μυκηλίου, το οποίο αναπτύσσεται ρυθμικά σχηματίζοντας ομόκεντρες ζώνες ή εμφανίζει ακανόνιστη ανάπτυξη, με ή και χωρίς την παραγωγή ατελών μορφών, όπως κορέμια ή/και χάμυδοσπόρια. Το μυκήλιο εμφανίζει ποικιλία χρωματισμών, κυμαινόμενο από λευκό έως καστανό, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις παρατηρείται ο σχηματισμός κίτρινων χρωστικών. Η παρουσία φρουτώδους οσμής αποτελεί συχνό, αλλά όχι καθολικό χαρακτηριστικό και μπορεί να ποικίλει σε ένταση, από έντονη έως ουδέτερη.

Ένα ιδιαίτερο μορφολογικό γνώρισμα του γένους είναι η συχνή ανάπτυξη εξειδικευμένων υφικών δομών επί του μυκηλίου, οι οποίες σχετίζονται με την παγίδευση και ακινητοποίηση νηματωδών οργανισμών, προσδίδοντας στο γένος επιπλέον οικολογική σημασία. Οι καρποφορίες δύνανται να σχηματιστούν είτε αυθόρμητα είτε κατόπιν πρόκλησης μέσω ψυχρού ερεθίσματος, γεγονός που υποδηλώνει ποικιλομορφία στις φυσιολογικές απαιτήσεις των ειδών του γένους (Μυλωνά, Γ. , 2015).

1.2.3. Μακροσκοπικά χαρακτηριστικά των καρποφοριών του *Pleurotus*

Ο πύλος (καπέλο) παρουσιάζει διακυμάνσεις στο μέγεθος, κυμαινόμενος από 1,5 έως 20 cm. Στα αρχικά στάδια εμφανίζεται κυρτός, με την πάροδο του χρόνου όμως αποκτά οστρακοειδές έως δισκοειδές σχήμα και τελικώς, γίνεται επίπεδος ή ελαφρώς κοίλος έως χωνοειδής. Η χρωματική του ποικιλία είναι ευρεία, περιλαμβάνοντας αποχρώσεις από λευκό και υποκίτρινο έως καστανό, πορφυρό ή κυανότεφο. Η περιφέρεια του πύλου είναι συνήθως αναδιπλωμένη προς τα κάτω. Η εξωτερική επιφάνεια είναι κατά κανόνα λεία, αν και μπορεί να φέρει λεπτές

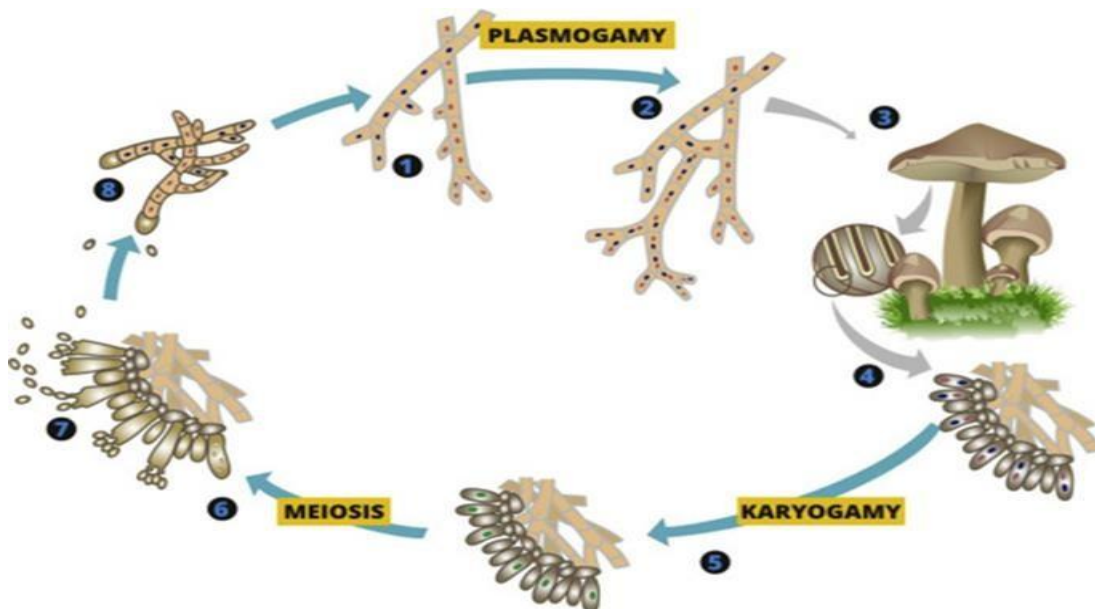
σχισμές, λέπια ή οολίδες, Η σάρκα (εσωτερικό τμήμα) του πύλου είναι συμπαγής και φέρει λευκό έως ανοιχτό κίτρινο χρώμα.

Η ύποπτη επιφάνεια καλύπτεται πλήρως από ελάσματα τα οποία εκτείνονται ακτινωτά από την περιφέρεια του πύλου έως την κορυφή του στίπου. Τα ελάσματα είναι μακρόστενα, ολόκληρα λεία και διατεταγμένα κατά τρόπο συμμετρικό, με χρώμα που κυμαίνεται από καθαρό λευκό έως ανοιχτό ερυθρωπό.

Ο στίπος είναι κατά κανόνα έκκεντρος ή πλάγιος και σπανιότερα απουσιάζει. Μπορεί να παρουσιάζει ποικιλία μορφών: από μακρύς και λεπτός έως κοντός και παχύτερος, με επιφάνεια λεία ή ελαφρώς χνοώδη. Το χρώμα του στίπου ποικίλλει από λευκό έως τεφροκαστανό, ενισχύοντας τη μακροσκοπική μεταβλητότητα των ειδών του γένους (Μυλωνά, Γ. , 2015).

1.2.4 Αναπαραγωγή

Η σεξουαλική αναπαραγωγή των ειδών πραγματοποιείται μεταξύ της ένωσης δύο συμβατών μονοκαρυωτικών υφών (πρωτογενές μυκήλιο). Η σύνταξη αυτή οδηγεί στο σχηματισμό δικαρυωτικού μυκηλίου (δευτερογενείς μυκήλιο), το οποίο δύναται να διαφοροποιηθεί και να σχηματιστεί σποροκαρπία, τα οποία αποτελούν τα χαρακτηριστικά καρποφόρα σώματα των Βασιδιομυκήτων.



Εικόνα 2 : Κύκλος Αναπαραγωγής <https://ars.els-cdn.com/content/image/1-s2.0-S02c4410X140144S2-gr1.jpg>

Τα καρποφόρα αυτά σώματα φέρουν βασίδια, επί των οποίων πραγματοποιείται μείωση και σχηματίζονται τέσσερα απλοειδή βασιδιοσπόρια. Τα σπόρια αυτά, μετά τη διασπορά τους

δύνονται να βλαστήσουν σχηματίζοντας εκ νέου μονοκαρυωτικά υφικά συστήματα, ολοκληρώνοντας με αυτόν τον τρόπο τον βιολογικό κύκλο του οργανισμού (Pérez-Martínez et al., 2015).

1.2.5. Πλεονεκτήματα

Τα είδη *Pleurotus* διαθέτουν σειρά πλεονεκτημάτων σε σχέση με άλλα καλλιεργούμενα μανιτάρια: απαιτούν μικρό χρόνο ανάπτυξης, εμφανίζουν ανθεκτικότητα σε ασθένειες και παράσιτα, ενώ η καλλιέργειά τους είναι απλή, οικονομική και με υψηλή απόδοση. Επίσης, παρουσιάζουν ευρύ φάσμα αποδοχής υποστρωμάτων, ικανότητα ανάπτυξης σε ποικίλες θερμοκρασίες, ανθεκτικότητα σε χημικά και συμβολή στην περιβαλλοντική αποκατάσταση. Επιπλέον, είναι βρώσιμα μανιτάρια με σημαντική βιολογική δράση, χάρη στην παρουσία βιοενεργών μορίων (Yang et al. , 2013b).

1.2.6. Μυκοτοξίνες και *Pleurotus*

Οι μυκοτοξίνες - δευτερογενείς μεταβολίτες που παράγονται από νηματώδη είδη μυκήτων - εμφανίζονται ως παγκόσμιο πρόβλημα στη γεωργία λόγω της μείωσης της ποιότητας των καλλιεργειών και των αρνητικών επιπτώσεων στην υγεία του ανθρώπου και των ζώων. Υπάρχει ανάγκη να αναπτυχθούν φιλικές προς το περιβάλλον μέθοδοι αποτοξίνωσης. Τα τελευταία χρόνια έχει περιγραφεί μια σειρά βιολογικών μεθόδων για την απομάκρυνση/αποδόμηση των μυκοτοξινών. Ένα από αυτά (ιδιαίτερα ενδιαφέρον λόγω της υψηλής αποτελεσματικότητάς του) είναι η μυκοαποκατάσταση, η οποία περιλαμβάνει την ικανότητα του *Pleurotus spp.* μανιτάρια για την απομάκρυνση τοξικών ρύπων από το περιβάλλον και τα τρόφιμα. Η λακκάση και η υπεροξειδάση του μαγγανίου (λιγνινολυτικά ένζυμα που παράγονται από *Pleurotus spp.*) είναι τα πιο αξιοσημείωτα από την άποψη της αποικοδόμησης των μυκοτοξινών ενώσεων που βιοσυντίθενται από τοξικογόνα είδη νηματοειδών μυκήτων (Silva and Venancio, 2020).

1.2.7. Εργαστηριακή καλλιέργεια των μανιταριών *Pleurotus*

Η καλλιέργεια του *Pleurotus* spp. βασίζεται κυρίως στην προσαρμογή τους στη σύνθεση του υποστρώματος, στον πολλαπλασιασμό των μυκηλίων και στην απελευθέρωση καρποφόρων σωμάτων. Η εμπορική καλλιέργεια μανιταριών περιλαμβάνει διάφορα στάδια, τα οποία πρέπει να εκτελούνται με ιδιαίτερη προσοχή για την αποφυγή μικροβιακής μόλυνσης του υλικού ή βλάβης στο μυκήλιο (Zapašnik et al., 2025).

Τα βασικά στάδια παραγωγής των μανιταριών είναι:

1. Επεξεργασία πρώτων υλών - παρασκευή υποστρώματος,
2. Παστερίωση υποστρώματος,
3. Εμβολιασμός (σπορά) και γέμισμα σάκκων (δοχείων) καλλιέργειας,
4. Επώαση μυκηλίου-αποικισμός υποστρώματος καλλιέργειας,
5. Σχηματισμός καρποφοριών,
6. Ανάπτυξη καρποφοριών και συγκομιδή,
7. Τυποποίηση και εμπορία του προϊόντος (Ζερβάκης, 1998).

1.2.8 Είδη *Pleurotus*:

Το γένος *Pleurotus* περιλαμβάνει περίπου σαράντα είδη τα οποία εντοπίζονται τόσο σε τροπικές όσο και σε εύκρατες περιοχές. Από αυτά, 26 είδη όπως τα *Pleurotus eryngii* (PE), *Pleurotus citrinopileatus* (PC), *Pleurotus flabellatus* (PFL), *Pleurotus ostreatus* (PO), *Pleurotus diamor* var. *roseus* (PDR) και *Pleurotus florida* (PF), έχουν καλλιεργηθεί με τη χρήση διαφορετικών λιγνοκυτταρικών υποστρωμάτων. Πολλά από αυτά τα είδη έχουν ήδη αναγνωριστεί και αξιοποιηθεί εμπορικά, γεγονός που αποδεικνύει την βιοτεχνολογική και αγροοικονομική τους σημασία. Η παρουσία διπαραγοντικής κληρονομικότητας σε ορισμένα είδη υποδηλώνει σημαντική γενετική ποικιλότητα, η οποία σχετίζεται με αξιοσημείωτα υψηλό αναπαραγωγικό δυναμικό. Ωστόσο, αξίζει να σημειωθεί ότι αρκετά είδη δεν έχουν μελετηθεί ακόμη σε βάθος ως προς τις διατροφικές και φαρμακευτικές τους ιδιότητες, γεγονός που αφήνει ανοιχτό ένα σημαντικό πεδίο για μελλοντική έρευνα (Raman et al., 2021).

Mushroom species name	Location or occurrence
<i>Pleurotus abalonus</i> Y.H. Han, K.M. Chen & S. Cheng	No occurrences listed
<i>Pleurotus abieticola</i> R.H. Petersen & K.W. Hughes	Russia, China, Japan
<i>Pleurotus albidus</i> (Berk.) Pegler	Caribbean, South America
<i>Pleurotus australis</i> Sacc.	Australia; New Zealand
<i>Pleurotus calyptratus</i> (Lindblad ex Fr.) Sacc.	Europe
<i>Pleurotus citrinopileatus</i> Singer	Eastern Asia
<i>Pleurotus columbinus</i> Quél.	Europe
<i>Pleurotus cornucopiae</i> (Paulet) Quél.	Europe
<i>Pleurotus cystidiosus</i> O. K. Mill.	USA, Japan
<i>Pleurotus djamor</i> (Rumph. ex Fr.) Boedijn	Tropical countries
<i>Pleurotus dryinus</i> (Pers.) P. Kumm.	North America, Europe
<i>Pleurotus eryngii</i> (DC.) Quél.	Europe; the Middle East
<i>Pleurotus euosmus</i> (Berk.) Sacc.	Great Britain
<i>Pleurotus giganteus</i> (Berk.) Karun. & K.D. Hyde	China, Thailand, Australia
<i>Pleurotus flabellatus</i> Sacc.	Congo, Brazil, Costa Rica
<i>Pleurotus ferulae</i> (Lanzi) X. L. Mao, 2000	No occurrences listed
<i>Pleurotus fossulatus</i> Cooke	Afghanistan
<i>Pleurotus florida</i> Eger	No occurrences listed
<i>Pleurotus fuscusquamulosus</i> D.A. Reid & Eicker	Africa, Europe
<i>Pleurotus limpidus</i> (Fr.) Sacc.	Australia; the USA
<i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq. ex Fr.) P. Kumm	North America, Europe
<i>Pleurotus opuntiae</i> (Durieu & Lév.) Sacc.	North America
<i>Pleurotus placentodes</i> (Berk.) Sacc.	China
<i>Pleurotus populinus</i> O. Hilber & O. K. Mill.	North America
<i>Pleurotus pulmonarius</i> (Fr.) Quél.	North America, Australasia
<i>Pleurotus purpureo-olivaceus</i> (G. Stev.) Segedin, P.K. Buchanan & J.P. Wilkie	Australia; New Zealand
<i>Pleurotus nebrodensis</i> (Inzenga) Quél.	Spain, France, India
<i>Pleurotus rattenburyi</i> Segedin	Australia; New Zealand
<i>Pleurotus sajor-caju</i> (Fr.) Singer	Russia and New Zealand
<i>Pleurotus sapidus</i> Sacc.	USA, India, China
<i>Pleurotus salmoneostramineus</i> Lj.N. Vassiljeva	Japan
<i>Pleurotus smithii</i> Guzmán	Mexico
<i>Pleurotus spiculifer</i> (Berk.) Sacc.	No occurrences listed
<i>Pleurotus spodoleucus</i> (Fr.) Quél.	Switzerland, Japan
<i>Pleurotus tuber-regium</i> (Fr.) Singer	Africa, Asia, Australasia
<i>Pleurotus tuoliensis</i> (C.J. Mou) M.R. Zhao & Jin X. Zhang	China

Source: from this website: <https://www.gbif.org/species/> and <https://www.britmycolsoc.org.uk/library/english-names> on 12.01.2022.

Εικόνα 3: Είδη *Pleurotus* , https://journals.ekb.eg/article_231627_308f335ea77ae64118eefc93bc968598.pdf

1.2.9. Περιβαλλοντικές συνθήκες ανάπτυξης

Η καλλιέργεια και παραγωγή μανιταριών του γένους *Pleurotus* επηρεάζεται άμεσα από ορισμένους βασικούς περιβαλλοντικούς παράγοντες, οι οποίοι διαφοροποιούνται ανάλογα με το στάδιο ανάπτυξης.

- **Θερμοκρασία :** η ιδανική θερμοκρασία για την ανάπτυξη του μυκηλίου είναι περίπου 23°C στο περιβάλλον, ώστε το υπόστρωμα να διατηρείται στους 25-28°C. Σε θερμοκρασίες άνω των 40°C, για περισσότερο από μια ημέρα, το μικύλιο νεκρώνεται. Σε ορισμένα είδη, προκειμένου να ξεκινήσει η διαδικασία καρποφορίας, απαιτείται έκθεση σε χαμηλές θερμοκρασίες (<10°C). Γενικά κατά το στάδιο της παραγωγής οι θερμοκρασίες κυμαίνονται από 15-25°C, ανάλογα με το στέλεχος .
- **Αερισμός:** Το μυκήλιο αναπτύσσεται καλύτερα σε περιβάλλοντα με υψηλές συγκεντρώσεις CO₂ ,ωστόσο κατά την καρποφορία οι ανάγκες αλλάζουν απαιτώντας περισσότερο οξυγόνο και χαμηλότερες συγκεντρώσεις CO₂ (600-800ppm).
- **pH:** Το κατάλληλο εύρος pH για την ανάπτυξη είναι 6-6,5 τιμές κάτω από 4 ή πάνω από 7 επηρεάζουν αρνητικά την ανάπτυξη του μυκηλίου.
- **Φωτισμός:** Στην επώαση δεν απαιτείται φωτισμός, ενώ στην καρποφορία το φως είναι απαραίτητο για την ανάπτυξη των καρποφοριών. Συχνά εφαρμόζεται τεχνητός φωτισμός διάρκειας περίπου 12 ωρών ημερησίως.
- **Σχετική υγρασία:** Στην επώαση οι απαιτήσεις φτάνουν το 70%, ενώ στην αρχή της καρποφορίας - στην επαγωγή η υγρασία αυξάνεται στο 95-98% και τελικά κατά την καρποφορία μειώνεται στο 80%

(Zadrazil, F., 1975), (Zadrazil, F, 1978), (Ζερβάκης, Γ., 1998).

1.3 *Pleurotus ostreatus*

1.3.1 Γενικά στοιχεία

Συγχρόνως, το *Pleurotus ostreatus* κατατάσσεται ως το δεύτερο σε καλλιέργεια βρώσιμο μανιτάρι παγκοσμίως, μετά το *Agaricus bisporus*. Διαθέτει σημαντική οικονομική και περιβαλλοντική αξία, ενώ παρουσιάζει και φαρμακευτικές ιδιότητες. Η παραγωγή μανιταριών έχει στραφεί τα τελευταία χρόνια προς τη διαφοροποίηση, εντάσσοντας νέα είδη στη διαδικασία καλλιέργειας. Τα εδώδιμα μανιτάρια έχουν την ικανότητα να αποικίζουν και να αποδομούν ευρύ φάσμα λιγνοκυτταρινούχων υποστρωμάτων, καθώς και αποβλήτων που προέρχονται κυρίως από γεωργικές, δασικές και βιομηχανικές δραστηριότητες σχετιζόμενες με την επεξεργασία τροφίμων. Ειδικότερα, το *P. ostreatus* παρουσιάζει ταχύτερο ρυθμό ανάπτυξης σε σχέση με άλλα εδώδιμα είδη. Επιπλέον, το υπόστρωμα που χρησιμοποιείται για την καλλιέργεια του απαιτεί μόνο παστερίωση και όχι πλήρη αποστείρωση γεγονός που καθιστά τη διαδικασία λιγότερο κοστοβόρα (Sánchez, C., 2010).

1.3.2 Δομή



Εικόνα 4: Δομή των βραγχίων

Το καπέλο χαρακτηρίζεται από ευρεία μορφή, συνήθως σε σχήμα βεντάλιας ή στρειδιού, με διάμετρο που κυμαίνεται από 2 έως 30 cm (1-12 ίντσες). Στη φυσική του εμφάνιση το χρώμα ποικίλλει από λευκό έως γκριζωπό ή καστανό. Στα νεαρά στάδια ανάπτυξης, το περιθώριο είναι κυρτωμένο προς τα έξω, λείο και συχνά

παρουσιάζει λοβώσεις ή κυματισμούς. Η σάρκα είναι λευκή, συμπαγής, με μεταβλητό πάχος ανάλογα με την αρχιτεκτονική των υφών. Ο μίσχος, όταν υπάρχει, είναι κοντός (έως 4 cm ή

περίπου 1,5 ίντσα), παχύς, πλευρικά τοποθετημένος και εκφύεται εκτός κέντρου από το ξύλο. Τα βράγχια είναι υπόλευκα, με δυνατότητα να αποκτήσουν κιτρινωπή απόχρωση, και εκτείνονται μέχρι τον μίσχο. Το αποτύπωμα των σπορίων ποικίλλει από λευκό έως λιλά-γκρι και γίνεται πιο εμφανές σε σκούρο υπόβαθρο. Ένα διακριτικό χαρακτηριστικό του μύκητα αποτελεί το άρωμα βενζαλδεϋδης, το οποίο αποδίδει γλυκόπικρη οσμή, όμοια με εκείνη των πικραμύγδαλων (*Pleurotus ostreatus*, 2025).

1.3.3. Χρήσεις

Το μανιτάρι στρείδι (*P. ostreatus*) βρίσκει εφαρμογές στην παραγωγή βιοϋλικών, όπως τούβλα μυκηλίου, έπιπλα από μυκήλιο και δερμάτινα προϊόντα. Επιπλέον, αξιοποιείται σε βιομηχανικές και περιβαλλοντικές διαδικασίες, καθώς μπορεί να επεξεργάζεται έδαφος μολυσμένο με πετρέλαιο ντίζελ, μετατρέποντας έως και το 95% των ρύπων σε μη τοξικές ενώσεις. Το είδος αυτό αναπτύσσεται επίσης σε βιοδιασπώμενες πλαστικές σακούλες, συμβάλλοντας στην αποικοδόμηση τους, καθώς και στην αποδόμηση ανανεώσιμου πολυαιθυλενίου. Επιπρόσθετα, έχει αποδειχθεί ότι το είδος περιέχει τη βιοδραστική ένωση λοβαστατίνη, η οποία διαθέτει υπολιπιδαιμική δράση μέσω μείωσης των επιπέδων χοληστερόλης.

Τέλος, το *P. ostreatus* παρουσιάζει υψηλή διατροφική αξία, με εντυπωσιακά ποσοστά θρεπτικών συστατικών. Συγκεκριμένα, περιέχει 57% υδατάνθρακες, ποσοστό ιδιαίτερα υψηλό για εδώδιμο μανιτάρι. Επιπλέον, η περιεκτικότητά του σε ακατέργαστες ίνες, γεγονός που ενισχύει τη συμβουλή του στη ρύθμιση της εντερικής λειτουργίας και στη συνολική υγεία του πεπτικού συστήματος (Βαρδάκα, Ε., 2017).

1.4. Μέθοδοι καλλιέργειας

Οι κυριότερες τεχνολογικές μέθοδοι καλλιέργειας που εφαρμόζονται για την ανάπτυξη του *Pleurotus spp.* περιλαμβάνουν τη ζύμωση στερεάς φάσης (Solid-State Fermentation, SSF) και τη ζύμωση υγρής φάσης (Submerged Liquid Fermentation, SLF). Η SSF βασίζεται στην ανάπτυξη του μικροοργανισμού επάνω σε ενυδατωμένο στερεό υπόστρωμα απουσία ελεύθερου νερού, ενώ η SLF πραγματοποιείται σε υγρό θρεπτικό μέσο, όπου το μυκήλιο αναπτύσσεται βυθισμένος εντός του υγρού περιβάλλοντος (Βαρδάκα, Ε., 2017).

1.4.1 Ζύμωση Στερεής Κατάστασης – σε στερεό θρεπτικό υπόστρωμα

Η στερεή ζύμωση ή ζύμωση στερεάς κατάστασης (ΖΣΚ) ή Solid-State Fermentation (SSF) περιγράφεται ως μία βιοτεχνολογική διαδικασία κατά την οποία μικροοργανισμοί αναπτύσσονται επάνω σε στερεά υποστρώματα με ελάχιστη ή καθόλου παρουσία ελεύθερου νερού.

Η κατάσταση του μέσου στην στερεή ζύμωση: Το καλλιεργητικό μέσο εμφανίζεται σε στερεά ή ημιστερεά μορφή, με βάση φυσικά υποστρώματα όπως κόκκους δημητριακών, άχυρο ή πίτουρο, και χαρακτηρίζεται από περιορισμένη περιεκτικότητα σε νερό (30-70%). Σε αυτό το υπόστρωμα, οι μικροοργανισμοί αναπτύσσονται κυρίως στην επιφάνεια του, σχηματίζοντας εκτεταμένα μυκηλιακά δίκτυα ή βιοφίλμ (Mike Fermenter, 2025), (Βαρδάκα, Ε., 2017).

1.4.2. Ζύμωση Υγρής Κατάστασης – σε υγρό θρεπτικό υπόστρωμα

Κατά την υγρή ζύμωση ή ζύμωση υγρής κατάστασης (ΖΥΚ), η ανάπτυξη του μικροοργανισμού λαμβάνει χώρα εντός υγρού θρεπτικού υποστρώματος, το οποίο διατηρείται σε ειδικά διαμορφωμένους βιοαντιδραστήρες ή ζυμωτήρες μεγάλης κλίμακας.



Εικόνα 5: Βιοαντιδραστήρες υγρής ζύμωσης

Σε εργαστηριακή κλίμακα υπάρχει η δυνατότητα υγρής ζύμωσης σε κωνικές φιάλες. Οι διαδικασίες διεξάγονται υπό αυστηρά ελεγχόμενες συνθήκες έντονου ή μη αερισμού και συνεχούς μηχανικής ανάδευσης, προκειμένου να διασφαλιστεί η ομοιογενής κατανομή των θρεπτικών συστατικών, η σταθερότητα της θερμοκρασίας και του pH, καθώς και η βέλτιστη μεταφορά οξυγόνου εντός του καλλιεργητικού περιβάλλοντος. Η χρήση της ζύμωσης υγρής κατάστασης (ΖΥΚ) έχει επικρατήσει έναντι της ζύμωσης σε στερεά κατάσταση (ΖΣΚ) για την παραγωγή μικροβιακών μεταβολιτών υψηλής προστιθέμενης αξίας, εξαιτίας των περιορισμών που παρουσιάζει η τελευταία. Η ΖΥΚ θεωρείται τεχνολογικά πιο αξιόπιστη, επιτυγχάνοντας μεγαλύτερη επαναληψιμότητα και σταθερότητα στο τελικό προϊόν, ανεξαρτήτως εποχικών παραγόντων.

Το καλλιεργητικό υπόστρωμα στην υγρή ζύμωση βρίσκεται σε πλήρως υδατική μορφή, περιλαμβάνοντας σε νερό, θρεπτικά συστατικά και διαλυμένο οξυγόνο, με υγρασία που αγγίζει σχεδόν το 100%. Οι μικροοργανισμοί παραμένουν σε ομοιογενή διασπορά μέσα στο υγρό, ενώ η ανάδευση ή αερισμός συμβάλλουν στη διατήρηση της ομοιομορφίας και στη βελτιστοποίηση της διαθεσιμότητας των θρεπτικών ουσιών.

Η διαδικασία της ΖΥΚ για την παραγωγή μυκηλιακής βιομάζας ακολουθεί πέντε κύρια στάδια:

- (1) προετοιμασία του καλλιεργητικού υποστρώματος,
- (2) αποστείρωση
- (3) ασηπτικό εμβολιασμό με επιλεγμένα στελέχη μυκήτων,
- (4) καλλιέργεια υπό ελεγχόμενες συνθήκες,
- (5) συλλογή και τέλος η διήθηση της παραγόμενης μυκηλιακής βιομάζας.

Θρεπτικό υπόστρωμα:

Το θρεπτικό υπόστρωμα μπορεί να είναι είτε συνθετικό μέσο καθορισμένης χημικής σύστασης είτε οργανικό απόβλητο (π.χ. αγροτικά υπολείμματα) ή εμπλουτισμένο θρεπτικό μέσο. Δεν υπάρχει καθολική συνταγή για όλα τα είδη μακρομυκήτων, όμως απαιτείται προσαρμογή για κάθε είδος ξεχωριστά, με στόχο τόσο την ενίσχυση της μυκηλιακής ανάπτυξης όσο και της παραγωγής δευτερογενών μεταβολιτών. Ορισμένες καθολικές αρχές περιλαμβάνουν:

- (1) την ανάγκη για υψηλές συγκεντρώσεις υδατανθράκων,
- (2) την βέλτιστη αναλογία C:N, η οποία επηρεάζει τη σύνθεση της παραγόμενης βιομάζας,
- (3) την χρήση θρεπτικών συμπληρωμάτων όταν το υπόστρωμα είναι απόβλητο,
- (4) την ανώτερη απόδοση από σύνθετα μέσα σε σχέση με καθορισμένα,
- (5) την εξάρτηση της σύστασης πολυσακχαριτών από την πηγή άνθρακα
- (6) και την θετική επίδραση ανόργανων στοιχείων στην ανάπτυξη και σύσταση της βιομάζας.

Προϋποθέσεις εμβολιασμού:

Η αποστείρωση είναι απαραίτητη πριν τον εμβολιασμό.

Η απόδοση της ζύμωσης στους μύκητες επηρεάζεται σημαντικά από τη συγκέντρωση και τη μορφή του χρησιμοποιημένου εμβολίου. Παράγοντες όπως η πυκνότητα, το μορφολογικό στάδιο (σπόρια ή μυκήλιο), η ηλικία και η φυσιολογική του κατάσταση καθορίζουν τη μορφολογία των μυκητιακών κυττάρων, καθώς και τη δομή των παραγόμενων μυκηλιακών συσσωματωμάτων. Στην υγρή ζύμωση, η αρχική ενοφθαλμιστική φάση βασίζεται στη χρήση ασηπτικού μυκηλιακού εμβολίου, το οποίο προέρχεται από προηγούμενη καλλιέργεια μικρότερης κλίμακας στο ίδιο υγρό μέσο. Η προκαλλιέργεια αυτή παράγεται μέσω εμβολιασμού μικρών τεμαχιδίων μυκηλίου, που προέρχεται από στερεό υγρό περιβάλλον, το μυκήλιο εισέρχεται σε εκτεταμένη φάση λανθάνουσας ανάπτυξης (lag phase), προκειμένου να προσαρμοστεί στις νέες συνθήκες.

Ωστόσο, όταν η εμβολιαστική ύλη χορηγείται στη σωστή ηλικία και φυσιολογική κατάσταση, η φάση υστέρησης μειώνεται σημαντικά, επιτρέποντας ταχύτερη εγκαθίδρυση της καλλιέργειας. Για τη βέλτιστη απόδοση της διαδικασίας, είναι απαραίτητο οι θρεπτικές και περιβαλλοντικές συνθήκες της προκαλλιέργειας να προσομοιάζουν ή να ταυτίζονται με εκείνες της καλλιέργειας, διασφαλίζοντας έτσι τη συνέχεια και τη σταθερότητα της μυκηλιακής ανάπτυξης.

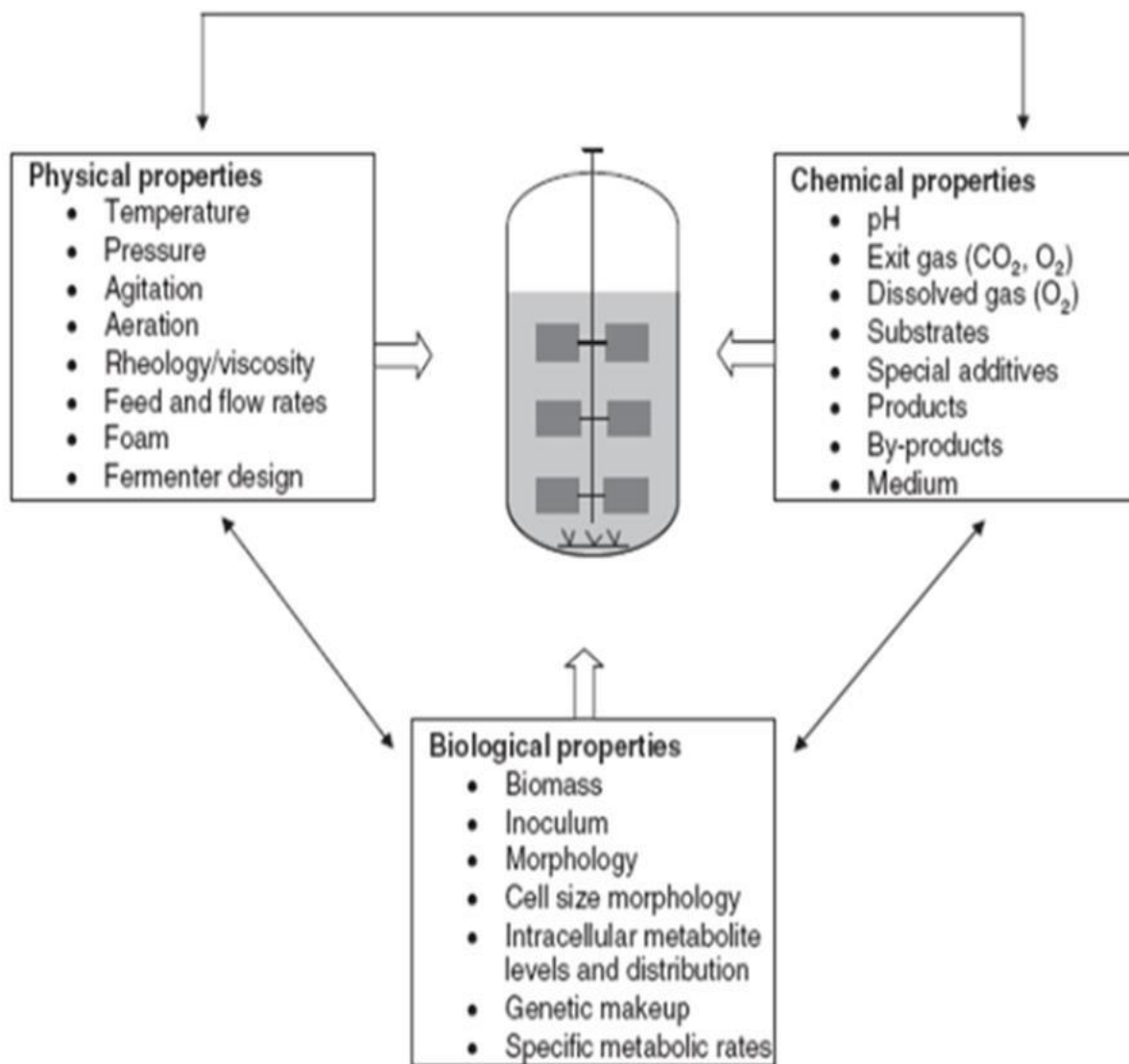
Κατά την παραγωγή, η διατήρηση βέλτιστων φυσικών (θερμοκρασία, αερισμός, ανάδευση), χημικών (pH, θρεπτική σύσταση) και βιολογικών (τύπος και συγκέντρωση εμβολίου, μορφολογία μυκηλίου) παραμέτρων είναι καθοριστικής σημασίας. Τέλος, η παραγόμενη βιομάζα συλλέγεται, διηθείται και μπορεί να υποστεί περαιτέρω επεξεργασία αναλόγως του σκοπού (π.χ. απομόνωση μεταβολιτών, ενζύμων κ.λπ.) (Βαρδάκα, Ε., 2017), (Mike Fermenter, 2025).

i) Παράγοντες ανάπτυξης

Παράμετροι που συμβάλλουν στην ανάπτυξη υγρής καλλιέργειας

Ποικίλοι παράγοντες ανάπτυξης ασκούν σημαντική επίδραση τόσο στην ποιότητα όσο και στην ποσότητα της παραγόμενης μυκηλιακής βιομάζας. Η βιοτεχνική διεργασία επηρεάζεται η αποτελεσματικότητα της από τους φυσικούς, χημικούς και βιολογικούς παράγοντες (βλ. εικόνα 5). Οι φυσικοί και χημικοί παράγοντες σχετίζονται με τις ιδιότητες και τη λειτουργική συμπεριφορά του οργανισμού. Οι βέλτιστες συνθήκες ζύμωσης προσδιορίζονται ανάλογα με το είδος του στοχευομένου προϊόντος, το οποίο μπορεί να είναι είτε η μυκηλιακή βιομάζα είτε ένας

δευτερογενής μεταβολίτης, όπως πολυσακχαρίτες ή ένζυμα, καθώς και από το χρησιμοποιημένο στέλεχος του μακρομύκητα. Επιπλέον, η έκταση της μυκηλιακής ανάπτυξης και η μορφολογική διαμόρφωση του μυκηλίου επηρεάζονται καθοριστικά από τις παραμέτρους καλλιέργειας και τη σύσταση του επιλεγμένου υποστρώματος (Ευστρατιάδου, Μ., & Αννα, Δ., 2011).



Εικόνα 6: Υγρή ζύμωση σε βιομηχανική κλίμακα

Φυσικοί παράγοντες:

Η θερμοκρασία, ο ρυθμός ανάδευσης και οι ρεολογικές ιδιότητες του καλλιεργητικού μέσου τα οποία ανήκουν στους φυσικούς παράγοντες έχουν την ικανότητα να διαμορφώνουν το μακρο-περιβάλλον του βιοκαταλύτη. Οι παράγοντες αυτοί επηρεάζουν άμεσα τόσο τη μορφολογική δομή όσο και τη φυσιολογική λειτουργία του μυκηλιακού συστήματος, επιδρώντας καθοριστικά στη συνολική αποδοτικότητα της βιοτεχνολογικής διεργασίας. Οι κυριότεροι φυσικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη διαδικασία ζύμωσης στους μακρομύκητες περιλαμβάνουν:

1) Θερμοκρασία:

Η θερμοκρασία αποτελεί έναν από τους βασικότερους και πιο εύκολα ρυθμιζόμενους περιβαλλοντικούς παράγοντες στις υγρές καλλιέργειες μακρομυκήτων. Διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στη ρύθμιση κρίσιμων παραμέτρων της καλλιέργειας, όπως ο ρυθμός μυκηλιακής ανάπτυξης, η διαλυμένη συγκέντρωση οξυγόνου (DOT), η ταχύτητα εξάτμισης του θρεπτικού υποστρώματος, καθώς και η μορφογένεση του μυκηλίου και η βιοσύνθεση του τελικού προϊόντος. Πειραματικές μελέτες έχουν διερευνήσει την ανάπτυξη μυκηλιακών καλλιεργειών σε εύρος θερμοκρασιών μεταξύ 25°C και 36°C, εντός υγρών βυθιζόμενων συστημάτων καλλιέργειας.

Με την αύξηση της θερμοκρασίας συνεπάγεται η επιτάχυνση των μεταβολικών διεργασιών των μικροοργανισμών, οδηγώντας σε υψηλότερους ρυθμούς ανάπτυξης. Ωστόσο, η αύξηση της θερμοκρασίας φέρει ως αποτέλεσμα την μείωση της διαλυτότητας του διαλυμένου οξυγόνου στο καλλιεργητικό μέσο, γεγονός που μπορεί να περιορίσει την αερόβια μεταβολική δραστηριότητα. Επιπλέον, ακόμη και μικρές αποκλίσεις από τη βέλτιστη θερμοκρασία είναι δυνατόν να επιφέρουν σημαντική μείωση στην αποδοτικότητα και την παραγωγικότητα του συστήματος καλλιέργειας.

2) Ανάδευση:

Η ταχύτητα περιστροφής του αναδευτήρα και ο ρυθμός ανάδευσης αποτελούν καθαριστικούς παράγοντες για τον ρυθμό ανάπτυξης των μακρομυκητών, καθώς επηρεάζουν τη δυναμική της ανάμιξης, καθώς και τη μεταφορά μάζας και θερμότητας εντός του βιοαντιδραστήρα. Στα συστήματα αυτά, παρατηρούνται σημαντικές ανομοιομορφίες στη μεταφορά μάζας σε ολόκληρο τον όγκο του καλλιεργητικού μέσου, τόσο ως προς τα θρεπτικά συστατικά και τα προϊόντα/υποπροϊόντα, όσο και ως προς τα επίπεδα διαλυμένου οξυγόνου. Οι χωρικές αυτές διαφοροποιήσεις μπορούν να επηρεάσουν τη μορφολογία και την ανάπτυξη του μυκηλίου,

καθώς και τη διαδικασία σύνθεσης του τελικού προϊόντος.

Η ανάδευση παίζει σημαντικό ρόλο στη διατήρηση συγκέντρωσης μεταξύ του ενδοκυτταρικού και του εξωκυτταρικού χώρου, με αποτέλεσμα να ενισχύει τους ρυθμούς διάχυσης. Μέσω αυτού του μηχανισμού, διευκολύνεται η επαρκής μεταφορά θρεπτικών ουσιών προς τα κύτταρα, ενώ παράλληλα προάγεται η απομάκρυνση μεταβολικών υποπροϊόντων και καυσαερίων από το μικροπεριβάλλον τους. Επιπλέον, στις αερόβιες βιοτεχνολογικές διεργασίες, η αποτελεσματική ανάμιξη είναι απαραίτητη για την εξασφάλιση ομοιογενούς κατανομής του διαλυμένου οξυγόνου σε ολόκληρο τον όγκο του βιοαντιδραστήρα. Το στοιχείο αυτό είναι κρίσιμο για την υποστήριξη της ανάπτυξης αερόβιων μακρομυκήτων και την επίτευξη υψηλών συγκεντρώσεων βιομάζας.

Παρά τα θετικά αποτελέσματα της ανάδευσης στη μεταφορά μάζας και θερμότητας, οι μηχανικές δυνάμεις διάτμησης που αναπτύσσονται κατά τη διαδικασία μπορούν να επιδράσουν αρνητικά στη μυκηλιακή μορφή. Οι δυνάμεις αυτές είναι ικανές να προκαλέσουν καταστροφή της κυτταρικής δομής, μορφολογικές μεταβολές, καθώς και τροποποιήσεις στον ρυθμό ανάπτυξης και στην παραγωγή του τελικού προϊόντος. Με αποτέλεσμα, ο βέλτιστος ρυθμός ανάδευσης απαιτεί εξισορρόπηση μεταξύ της διασφάλισης επαρκούς μεταφοράς οξυγόνου και της ελαχιστοποίησης των επιβλαβών δυνάμεων διάτμησης που ενισχύονται παράλληλα με την αύξηση της έντασης ανάδευσης.

Επιπλέον, οι ιδιότητες του ζωμού ζύμωσης είναι συνδεδεμένες με τη συγκέντρωση της μυκηλιακής βιομάζας και των παραγόμενων βιοπολυμερών, καθώς και με τη μορφολογία της καλλιέργειας. Οι παράγοντες αυτοί επηρεάζονται έντονα από τις συνθήκες ανάδευσης, καθιστώντας τη μελέτη της ρεολογικής συμπεριφοράς του συστήματος κρίσιμη για τον σχεδιασμό και τη βελτιστοποίηση της διαδικασίας.

3) Αερισμός:

Ο αερισμός αποτελεί θεμελιώδη παράμετρο στις αερόβιες διεργασίες ζύμωσης, καθώς συνιστά μία από τις κύριες ενεργειακές εισροές του συστήματος. Σε συνδυασμό με την ανάδευση, συμβάλλει στην ικανοποίηση των απαιτήσεων των κυττάρων σε οξυγόνο. Το διαλυμένο οξυγόνο παρουσιάζει ταχύτατες διακυμάνσεις σε σύγκριση με άλλες μεταβολές του συστήματος, όπως η συγκέντρωση της κυτταρικής βιομάζας ή των υποστρωμάτων, καθιστώντας το έναν από τους σημαντικότερους φυσιολογικούς δείκτες για τη ρύθμιση και βελτιστοποίηση των αερόβιων διεργασιών.

Οι απαιτήσεις σε οξυγόνο σχετίζονται με τα βιονεργειακά και βιοσυνθετικά μονοπάτια του

οργανισμού, τα οποία καθορίζουν τόσο τη σύσταση του τελικού προϊόντος όσο και την ανάπτυξη των κυττάρων. Το οξυγόνο δρα ως ρυθμιστικός παράγοντας βασικών ενζύμων της μεταβολικής οδού, επηρεάζοντας άμεσα την τελική απόδοση προϊόντος. Παράλληλα, η παροχή οξυγόνου επιδρά στην κυτταρική μορφολογία, στον ρυθμό πρόσληψης θρεπτικών συστατικών και στις ταχύτητες βιοσύνθεσης μεταβολιτών.

Ωστόσο, παρά τη σημασία του, αρκετές μελέτες επιχειρούν τη διερεύνηση της επίδρασης του αερισμού στη συσσώρευση βιομάζας και στην παραγωγή προϊόντων σε καλλιέργειες μυκήτων χωρίς ταυτόχρονη παρακολούθηση ή έλεγχο των επιπέδων του διαλυμένου οξυγόνου, καθώς και χωρίς ανάλυση των εκλυόμενων αερίων, γεγονός που περιορίζει την ακρίβεια και την ερμηνευτική ισχύ των ευρημάτων τους.

4) Σχεδιασμός Ζύμωσης:

Οι περισσότερες διεργασίες καλλιέργειας μακρομυκήτων σε αναδεδυμένους βιοαντιδραστήρες τύπου CSTR (Continuous Stirred-Tank Reactor), οι περιστροφικοί αναδευτήρες Rushton με σταθερή ακτινική ροή χρησιμοποιούνται ευρέως ως το βασικό σύστημα ανάπτυξης. Η δημοφιλία τους αποδίδεται εν μέρει στην εμπορική προώθηση από τους κατασκευαστές εξοπλισμού ζύμωση. Οι περισσότεροι βιοαντιδραστήρες έχουν σχεδιαστεί με έμφαση στη μεγιστοποίηση της μεταφοράς οξυγόνου και στην επίτευξη ταχέως ρυθμού ανάπτυξης αερόβιων μικροοργανισμών.

Οι αναδευτήρες Rushton παρουσιάζουν ικανοποιητική ευελιξία και μπορούν να υποστηρίξουν την καλλιέργεια διαφόρων τύπων μικροβιακών κυττάρων, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις έχουν χρησιμοποιηθεί και για την καλλιέργεια ζωικών κυττάρων. Ωστόσο, η πλειονότητα των μελετών που αφορούν την καλλιέργεια μακρομυκήτων βασίζεται σε εργαστηριακής κλίμακας καλλιεργητικά συστήματα, όπως αναδεδυμένες φλάσκες, όπου εφαρμόζονται σχετικές χαμηλές ταχύτητες ανάδευσης, κυμαινόμενες συνήθως από 50 έως 250 rpm.

5) Αφρισμός:

Ο σχηματισμός αφρού κατά τη διάρκεια της ζύμωσης αποτελεί ανεπιθύμητο φαινόμενο, καθώς μπορεί να διαταράξει την ομαλή παρακολούθηση και ρύθμιση των λειτουργικών παραμέτρων της καλλιέργειας, ενώ ταυτόχρονα δυσχεραίνει τις διαδικασίες ανάκτησης του τελικού προϊόντος. Η χρήση σύνθετων καλλιεργητικών μέσων, που είναι συχνή στην παραγωγή από μακρομύκητες, ενισχύει την τάση για αφρισμό, καθιστώντας το ζήτημα ιδιαίτερα σημαντικό, κυρίως σε διεργασίες μεγάλης κλίμακας.

Η προσθήκη χημικών αντιαφριστικών παραγόντων αποτελεί τη συνήθη πρακτική για τον έλεγχο του αφρού. Ωστόσο, η εφαρμογή τους απαιτεί προσοχή, καθώς μπορούν να μειώσουν σημαντικά την απόδοση της μεταφοράς οξυγόνου στο μέσο. Η μείωση αυτή έχει ως συνέπεια την περιορισμένη κυτταρική ανάπτυξη και πιθανή υποβάθμιση της συνολικής παραγωγικότητας του συστήματος.

6) Διάρκεια καλλιέργειας:

Κατά την περίοδο της συγκομιδής σε συστήματα εμβαπτιζόμενης (υποβρύχιας) καλλιέργειας αποτελεί κρίσιμο παράγοντα που επηρεάζει καθοριστικά την τελική ποιότητα του παραγόμενου προϊόντος. Ενδεικτικά, κατά την παραγωγή πολυσακχαριτών, η σύνθεση αποικοδομητικών ενζύμων, όπως οι β-γλυκανάσες, παρουσιάζει χρονική εξάρτηση, καθώς επηρεάζεται από την προοδευτική εξάντληση της πηγής άνθρακα και κατ' επέκταση, από την ηλικία της καλλιέργειας. Η ενζυμική αυτή δραστηριότητα ενδέχεται να επηρεάσει τόσο την ποσοτική απόδοση όσο και τη δομική ποιότητα των παραγόμενων πολυσακχαριτών. Η τελευταία αξιολογείται συνήθως βάσει του μοριακού βάρους, με τα πολυμερή που διαθέτουν υψηλό μοριακό βάρος μεγαλύτερο από 100kDa να εμφανίζουν τις πλέον επιθυμητές βιολογικές ιδιότητες.

Χημικοί Παράγοντες:

Την ποιοτική και ποσοτική απόδοση της μυκηλιακής βιομάζας καθορίζουν οι χημικοί παράγοντες περιλαμβάνοντας το pH και τη χημική σύσταση του θρεπτικού υποστρώματος, καθώς και τη φύση των πηγών άνθρακα και αζώτου που χρησιμοποιούνται. Επιπρόσθετα, η χρήση σύνθετων θρεπτικών μέσων, η παρουσία μετάλλων και ιόντων, οι βιταμίνες, καθώς και η προσθήκη ειδικών ενισχυτικών ουσιών, οι οποίες συχνά εφαρμόζονται πειραματικά, ενδέχεται να επηρεάσουν σημαντικά τόσο την ανάπτυξη του μυκηλίου όσο και τη μεταβολική του δραστηριότητα.

1) Πηγή άνθρακα:

Σημαντικό ρόλο για την ανάπτυξη των μακρομυκητών αποτελούν τα δομικά συστατικά του κυτταρικού σκελετού και τα θρεπτικά συστατικά. Η ικανότητα αξιοποίησης διάφορων πηγών άνθρακα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ των μυκητιακών ειδών, ενώ η συγκέντρωση των εν λόγω πηγών μπορεί να επιφέρει πολλαπλές επιδράσεις στην ανάπτυξη και τον μεταβολισμό.

Συνήθως, χρησιμοποιούνται τόσοι απλοί σακχαρίτες όπως η γλυκόζη, η σουκρόζη και η μαλτόζη όσο και σύνθετες πηγές, όπως οι μολάσες, το σιρόπι βύνης και το άμυλο.

Η αναλογία άνθρακα προς άζωτο (C:N) στο θρεπτικό υπόστρωμα επηρεάζει την ανάπτυξη του μυκηλίου σε πολλά είδη μακρομυκήτων. Το εύρος αυτών των αναλογιών εκτείνεται συνήθως μεταξύ 5:1 και 25:1. Αναλογίες της τάξης του 10:1 ή χαμηλότερες έχει διαπιστωθεί ότι προάγουν την πρωτεϊνική περιεκτικότητα της μυκηλιακής βιομάζας. Παράλληλά, τέτοιες αναλογίες δημιουργούν ευνοϊκές συνθήκες για τη βιοσύνθεση των μεταβολικών παραγώγων, όπως αλκοόλες, δευτερογενείς μεταβολίτες, λιπίδια και εξωκυτταρικοί πολυσακχαρίτες.

2) Πηγή αζώτου:

Στις διεργασίες ζύμωσης, το άζωτο παρέχεται μέσω τόσο ανόργανων όσο και οργανικών ενώσεων. Οι ανόργανες πηγές περιλαμβάνουν νιτρικά, νιτρώδη και αμμωνιακά άλατα, ενώ οι οργανικές πηγές περιλαμβάνουν ουσίες όπως η καζεΐνη, η πεπτόνη και τα ελεύθερα αμινοξέα. Επιπλέον, αγροβιομηχανικά υποπροϊόντα όπως τα τεύτλα, η σκόνη γάλακτος, το αλεύρι σόγιας, καθώς και τα εκχυλίσματα μαλτόζης και ζύμης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πηγές αζώτου λόγω της θρεπτικής τους αξίας. Το άζωτο αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για τη ρύθμιση της παραγωγής μυκητιακών μεταβολιτών, ενώ δύναται να επηρεάσει και τη μορφολογική διαφοροποίηση των μυκήτων κατά την καλλιέργεια.

Βιολογικοί παράγοντες:

Η αποδοτικότητα της μυκηλιακής παραγωγής επηρεάζεται σημαντικά από βιολογικές παραμέτρους, όπως η αρχική συγκέντρωση και η μορφή του εμβολίου, τα μορφολογικά χαρακτηριστικά του αναπτυσσόμενου μυκηλίου, καθώς και οι ρεολογικές ιδιότητες του θρεπτικού υποστρώματος. Οι παράγοντες αυτοί αλληλοεπιδρούν δυναμικά κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας, επηρεάζοντας τόσο την κινητική της ανάπτυξης όσο και τη μεταβολική δραστηριότητα του οργανισμού (Ευστρατιάδου, Μ., & Αννα, Δ., 2011).

ii) Βελτιστοποίηση των συνθηκών ανάπτυξης για μυκηλιακή απόδοση

Υπόστρωμα

A. Ορισμός:

Ως θρεπτικό υπόστρωμα ορίζεται κάθε υλικό, σε υγρή ή στερεή μορφή, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την καλλιέργεια και την ανάπτυξη μικροοργανισμών.

Υπάρχουν τα υγρά θρεπτικά υποστρώματα και τα στερεά. Η παρασκευή στερεών θρεπτικών υποστρωμάτων επιτυγχάνεται με την προσθήκη πηκτικού παράγοντα, ο οποίος φέρει την ονομασία άγαρ.

Το άγαρ διαθέτει τις εξής χαρακτηριστικές ιδιότητες:

1. Λειτουργεί ως το ουδέτερο συστατικό, χωρίς να επηρεάζει τις φυσιολογικές διεργασίες των μικροοργανισμών.
2. Δεν αποικοδομείται μέσω υδρόλυσης από μικροοργανισμούς.
3. Εφαρμόζεται σε συγκεντρώσεις 1,2-1,5% καθώς υψηλότερα ποσοστά ενδέχεται να αναστείλουν την ανάπτυξη λόγω μείωσης της ενεργότητας του ύδατος.
4. Ρευστοποιείται σε θερμοκρασία βρασμού και επανέρχεται σε στερεή μορφή όταν η θερμοκρασία μειωθεί σε μεγαλύτερη και ίση των 40°C.
5. Παραμένει σε υγρή κατάσταση σε θερμοκρασίες άνω των 40-45°C.
6. Για σκοπούς εμβολιασμού, πρέπει να διατηρείται σε θερμοκρασία 45-47°C, ώστε να εξασφαλίζεται η βιωσιμότητα των μικροοργανισμών.

Ως εναλλακτικός πηκτικός παράγοντας μπορεί να χρησιμοποιηθεί η ζελατίνη, η οποία όμως παρουσιάζει σημαντικούς περιορισμούς σε σύγκριση με το άγαρ:

1. Απαιτείται σε υψηλότερες συγκεντρώσεις, της τάξεως του 12-15%.
2. Εμφανίζει ευαισθησία σε όξινες συνθήκες και υπόκειται σε υδρόλυση από πρωτεολυτικά ένζυμα μικροοργανισμών.
3. Ρευστοποιείται σε θερμοκρασίες μικρότερες των 25°C, γεγονός που καθιστά τον συνδυασμό χαμηλού pH και αυξημένης θερμοκρασίας παράγοντα που την υδρόλυσή τους.

Παράλληλα, υπάρχουν τα φυσικά και συνθετικά υποστρώματα. Στα φυσικά υποστρώματα η ακριβής χημική του σύνθεση δεν είναι πλήρως καθορισμένη, δεδομένου ότι προέρχονται από φυσικές πηγές, όπως χυμούς τομάτας ή εκχυλίσματα φρούτων. Ενώ τα συνθετικά υποστρώματα μπορούν να παρασκευαστούν εργαστηριακά ή βιομηχανικά και διαθέτουν πλήρως καθορισμένη χημική σύνθεση, όπως για παράδειγμα το MacConkey Agar (Adams & Moss, 2008).

B. Θρεπτικά συστατικά υποστρωμάτων καλλιέργειας μικροοργανισμών αποτελούν:

- ο Πηγή άνθρακα: Κυρίως μονοσακχαρίτες και δισακχαρίτες, ενώ ολισακχαρίτες και πολυσακχαρίτες χρησιμοποιούνται σπανιότερα.
- ο Πηγή αζώτου: Μπορεί να προέρχονται από ανόργανες ενώσεις, όπως αμμωνιακά άλατα, ή από οργανικές πηγές, όπως πεπτόνη και τρυπτόνη.
- ο Βιταμίνες: Αποτελούν δομικά στοιχεία διαφόρων ενζύμων, μεταξύ των οποίων βιοτίνη, παντοθενικό οξύ, θειαμίνη, ριβοφλαβίνη και νιασίνη.
- ο Ανόργανα άλατα: Περιλαμβάνουν άλατα νατρίου, καλίου ασβεστίου και μαγνησίου, καθώς και φωσφορικά άλατα, τα οποία συμβάλλουν σε βασικές βιοχημικές λειτουργίες των μικροοργανισμών.
- ο Ιχνοστοιχεία: Όπως Fe, Cu, Mn, Mo, Zn, Co, τα οποία συμμετέχουν στη λειτουργία ενζύμων και στις μεταβολικές διεργασίες (Νυχάς, Γ.Ι.), (Adams & Moss, 2008), (Jay, J. M., 2000).

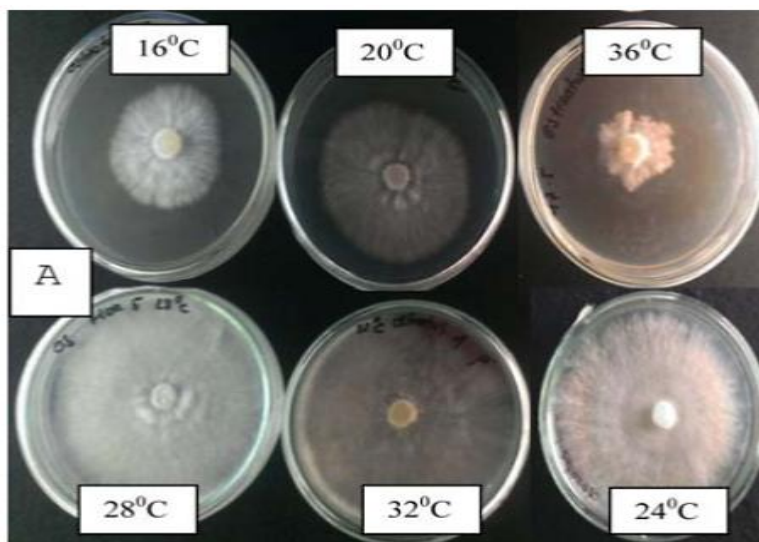
iii) Βελτιστοποίηση συνθηκών υγρής καλλιέργειας μυκηλίου *P. ostreatus*

Θερμοκρασία και pH

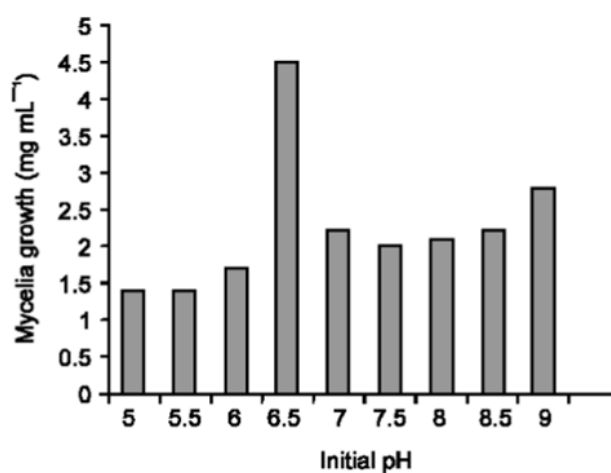
Μέσα από έρευνες που έγιναν καταγράφηκαν κάποιες συνθήκες βελτιστοποίησης της ζύμωσης. Πιο συγκεκριμένα, για την παραγωγή του *Pleurotus ostreatus* με βάση την έρευνα (Adebayo-Tayo, et al., 2011) διαπιστώθηκε ότι η βέλτιστη θερμοκρασία ανάπτυξης του μύκητα ήταν στους 15 και 25°C και το pH από 4,0-8,0. Σημαντικοί παράγοντες για την ανάπτυξή του ήταν η μαννιτόλη και η ραφινόζη ως πηγές άνθρακα και αντίστοιχα οι βιταμίνες ριβοφλαβίνη, ασκορβικό οξύ, πυριδοξίνη και φολικό οξύ.

Με βάση την βιβλιογραφία (Houette et al, 2022) καταγράφηκε ότι η βέλτιστη θερμοκρασία ανάπτυξης του μανιταριού ήταν 4 έως 24°C.

Τέλος, μία έρευνα στην Κορέα (Sung, J. et al., 1999), έδειξε ότι η βέλτιστη θερμοκρασία ήταν στους 25-30°C και το εύρος pH για την ανάπτυξη μυκηλίων των ειδών *Pleurotus* ήταν αντίστοιχα 5,5 και 6,5. Ακόμα για την επιλογή του υποστρώματος, χρησιμοποιήθηκε η βέλτιστη σύνθεση, η οποία αποτελείται από 3% μαύρη ζάχαρη, 0,3% αλεύρι σόγιας, 0,05% φωσφορικό κάλιο και 0,05% θειικό μαγνήσιο.



Εικόνα 7: Ανάπτυξη μυκηλίου του μανιταριού στρειδιών *Pleurotus ostreatus* που καλλιεργείται σε μέσο άγαρ για 8 ημέρες μετά τον εμβολιασμό σε διαφορετικές θερμοκρασίες (Hoa, HT, & Wang, CL, 2015)



Εικόνα 8: Επίδραση διαφορετικών τιμών pH στην μυκηλιακή ανάπτυξη (Ibekwe, V. I., et al 2008).

Σύσταση συνθετικού υποστρώματος

Η διερεύνηση της βελτιστοποίησης των συνθηκών καλλιέργειας για την δημιουργία υποστρώματος έγινε μέσα από την χρήση της μονοκύτταρης πρωτεΐνης (SCP) από το *P. ostreatus*, σε συνδυασμό με την αξιοποίηση της ιλύος ινών ως υποστρώματος (Bakratsas, G. et al, 2023). Η βιομάζα του *P. ostreatus* αναδεικνύεται ως υποσχόμενη εναλλακτική πηγή πρωτεΐνης φυτικής προέλευσης, λόγω της υψηλής περιεκτικότητας της σε πρωτεΐνη και της ευνοϊκής αμινοξικής σύστασής της. Η διαθεσιμότητα πηγών άνθρακα και αζώτου επηρεάζει καθοριστικά τη διαδικασία σύνθεσης πρωτεϊνών. Στην περίπτωση της μονοκύτταρης πρωτεΐνης (SCP), κρίσιμη παράμετρος για την καταλληλότητα της ως διατροφικό προϊόν θεωρείται η περιεκτικότητα σε νουκλεϊκά οξέα, η οποία μπορεί να αντιστοιχεί σε ποσοστό 2-18% της ξηρής μάζας.

Επιπλέον, η διαδικασία καλλιέργειας του *P. ostreatus* πραγματοποιήθηκε σε υπόστρωμα από άχυρο ζαχαροκάλαμου, κομποστοποιημένο για 5 ημέρες και ακολούθως παστεριωμένο και προετοιμασμένο. Μετά από 13 ημέρες αναπαραγωγής, σε περίοδο 50 ημερών παραγωγής επιτεύχθηκε απόδοση 33,5% (kg φρέσκου μανιταριού ανά kg φρέσκου υποστρώματος) με βάση την έρευνα (F.R. Vieira et al, 2019).

Στη συγκεκριμένη μελέτη (M Obodai et al, 2003) για την ανάπτυξη και την απόδοση του μανιταριού *Pleurotus ostreatus* σε διαφορετικά λιγνοκυτταρινικά υποπροϊόντα διαπιστώθηκε ότι το κομποστοποιημένο πριονίδι και το άχυρο ρυζιού προσφέρουν τις καλύτερες συνθήκες για την ανάπτυξη του μύκητα.

Σχεδόν ίδια συμπεράσματα διαπιστώθηκαν από την μελέτη του (Carmen Sánchez, 2009) καθώς η καλλιέργεια του *P. ostreatus* και άλλων βρώσιμων μανιταριών είχαν χρησιμοποιήσει ως υποστρώματα τα λιγνοκυτταρινικά και τα οργανικά υπολείμματα.

Συγχρόνως, το *P. ostreatus* αναπτύσσεται σε υπόστρωμα από άχυρο σιταριού (Renáta Bánfi et al, 2021) που φιλοξενεί μια χαρακτηριστική βακτηριακή κοινότητα και κατά τη διάρκεια του αποικισμού του υποστρώματος έρχεται σε επαφή με αυτό το μικροβίωμα.

Τέλος, σύμφωνα με την βιβλιογραφία (Houette et al, 2022) η βιολογική απόδοση των υποστρωμάτων του μύκητα *P. ostreatus* γίνεται με τη χρήση κομποστοποιημένου πριονιδιού. Οι περιβαλλοντικές συνθήκες ανάπτυξης όπως η θερμοκρασία, η σχετική υγρασία, η πρόσβαση σε οξυγόνο, η ανανέωση του αέρα και ο φωτισμός επηρεάζουν επίσης την ανάπτυξη του μυκηλίου. Η θερμοκρασία πρέπει να διατηρείται περίπου στους 25-30°C και η σχετική υγρασία γύρω στο 70-80%.

1.5. ΒΙΓΚΑΝΙΣΜΟΣ (Veganism) / ΧΟΡΤΟΦΑΓΙΑ (Vegetarianism)

1.5.1 Γενικά στοιχεία:

Στο σύγχρονο κοινωνικό και πολιτιστικό πλαίσιο, όπου οι διατροφικές επιλογές διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο τόσο στην υγεία όσο και στην ηθική και στο περιβάλλον, η χορτοφαγία και ο βιγκανισμός έχουν αναδειχθεί ως ιδιαίτερα ελκυστικοί τρόποι ζωής με ολοένα αυξανόμενη απήχηση σε παγκόσμιο επίπεδο. Οι πρακτικές αυτές δεν περιορίζονται μόνο σε θέματα γεύσης ή προσωπικής προτίμησης, αποτελούν στάσεις ζωής που στηρίζονται στην βιωσιμότητα και στην προσωπική ευημερία. (S K. White, et al, 2022).

Η χορτοφαγία ορίζεται κυρίως από την αποχή από την κατανάλωση κρέατος, πουλερικών και θαλασσινών, ενώ βασίζεται σε τρόφιμα φυτικής προέλευσης, όπως φρούτα, λαχανικά, δημητριακά, όσπρια, ξηρούς καρπούς και σπόρους. Η επιλογή αυτή, πέραν την ευνοϊκής συμβολής της στην ανθρώπινη υγεία, συνδέεται και με ζητήματα που αφορούν την προστασία του περιβάλλοντος και την προάσπιση της ευζωίας των ζώων.

Αντιθέτως, ο βιγκανισμός συνιστά μια πιο άμεση και ολοκληρωμένη εκδοχή αυτών των αρχών, καθώς συνεπάγεται την αποφυγή κατανάλωσης όχι μόνο κρέατος και θαλασσινών, αλλά και κάθε προϊόντος ή υποπροϊόντος ζωικής προέλευσης. Αυτό περιλαμβάνει τα γαλακτοκομικά προϊόντα, τα αυγά, το μέλι και άλλα συναφή συστατικά. Οι vegans υιοθετούν αποκλειστικά φυτοκεντρική διατροφή, ενώ παράλληλα επιλέγουν εναλλακτικές λύσεις που αντικαθιστούν παραδοσιακά ζωικά προϊόντα. Επιπλέον, η δέσμευσή τους επεκτείνεται σε μη διατροφικούς τομείς, όπως η ένδυση, η προσωπική φροντίδα και οι μορφές ψυχαγωγίας, επιδιώκοντας τη μείωση της εκμετάλλευσης των ζώων και του οικολογικού αποτυπώματος.

Στον πυρήνα του βιγκανισμού βρίσκεται η πεποίθηση ότι τα ζώα διαθέτουν εγγενή δικαιώματα και δεν θα πρέπει να αντιμετωπίζονται ως αντικείμενα ή μέσα εξυπηρέτησης ανθρώπινων σκοπών. Ως εκ τούτου, οι υποστηρικτές αντιτίθενται στην κακομεταχείριση και την εκμετάλλευση των ζώων, όπως αυτή εκδηλώνεται στη βιομηχανική κτηνοτροφία, στα πειράματα σε ζώα και στη χρήση τους για ψυχαγωγικούς λόγους. Επομένως, ο βιγκανισμός συνιστά μια συνειδητή στάση ζωής που επιδιώκει την εναρμόνιση της καθημερινής πρακτικής με τις ηθικές αρχές, αναγνωρίζοντας τη βαθιά διασύνδεση ανθρώπου, ζώων και φυσικού περιβάλλοντος.

Μέσω επιλογών που εδράζονται στη συμπόνια και στην περιβαλλοντική υπευθυνότητα, τόσο η χορτοφαγία όσο και βιγκανισμός συνεισφέρουν στη διαμόρφωση ενός αρμονικού και βιώσιμου κόσμου. Πιο συγκεκριμένα, η μετάβαση από την παμφαγική προς τη χορτοφαγική διατροφή συνδέεται με αυξημένα επίπεδα περιβαλλοντικής βιωσιμότητας. Οι χορτοφαγικές δίαιτες φαίνεται να συμβάλλουν σε σημαντική μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά περίπου 35% έως 50% σε σύγκριση με τις τρέχουσες παμφάγες δίαιτες όπου υπάρχει μείωση στην κατανάλωση φυσικών πόρων, όπως για παράδειγμα η γη και το νερό. Οι θετικές επιδράσεις στο περιβάλλον καταδεικνύουν ότι οι φυτογενείς δίαιτες αποτελούν μια επωφελή επιλογή για το οικοσύστημα (Τράσιας, Χ., 2023), (Αραμπατζή, Σ, Διαχείριση αγροκτηνοτροφικών αποβλήτων) (Λεμονίδου, Ρ. Ι. (2024)).

Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζονται τα βασικά σύμβολα που χρησιμοποιούνται για την επισήμανση των προϊόντων χορτοφαγικής διατροφής.



Εικόνα 9: Λογότυπα Vegan, <https://veganbusinesstribe.com/how-do-you-get-vegan-certified>.

Υπάρχουν ποικίλοι τύποι χορτοφαγικών διαιτών, οι οποίοι διαφοροποιούνται ανάλογα με τη συμπερίληψη ή τον αποκλεισμό συγκεκριμένων ομάδων τροφίμων. Ενδεικτικά, διακρίνονται οι εξής κατηγορίες:

1. Lacto-ονο χορτοφαγία: Ο πιο διαδεδομένος τύπος χορτοφαγικής διατροφής, ο οποίος αποκλείει το κρέας, τα πουλερικά και τα θαλασσινά, αλλά περιλαμβάνει γαλακτοκομικά προϊόντα (lacto) και αυγά (ονο).
2. Λακτο-χορτοφαγία: Η συγκεκριμένη δίαιτα αποκλείει το κρέας, τα πουλερικά, τα θαλασσινά και τα αυγά, ενώ επιτρέπει την κατανάλωση γαλακτοκομικών προϊόντων.
3. Ονο-χορτοφαγία: Σε αυτήν την εκδοχή, το κρέας, τα πουλερικά, τα θαλασσινά και τα γαλακτοκομικά προϊόντα εξαιρούνται, ενώ διατηρείται η κατανάλωση αυγών.
4. Πεσκο-χορτοφαγία (πεσκαταριανή δίαιτα): Πρόκειται για μορφή χορτοφαγίας που αποκλείει το κρέας και τα πουλερικά, αλλά επιτρέπει την κατανάλωση θαλασσινών, σε συνδυασμό με φυτικές τροφές (Ζαΐρη, Ζ. Ε., 2024), (Γκουτσίδης, Δ., 2023), (Τράσιας, Χ., 2023)

1.5.2 Κίνητρα για μια vegan ζωή

Για εκτεταμένο χρονικό διάστημα, ιατρικοί και επιστημονικοί φορείς έχουν επισημάνει τους δυνητικούς κινδύνους για την υγεία που συνδέονται με την κατανάλωση κόκκινου και επεξεργασμένου κρέατος. Ανασκοπήσεις της σχετικής βιβλιογραφίας καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι το επεξεργασμένο κρέας θεωρείται καρκινογόνο, ενώ το κόκκινο κρέας κατατάσσεται ως «πιθανώς καρκινογόνο». (Carroll, A. E., & Doherty, T. S. ,2019).

Ένα από τα κύρια κίνητρα για την επιλογή μιας vegan διατροφής είναι τα πιθανά οφέλη για την υγεία. Ένα καλά δομημένο και ισορροπημένο διατροφικό πλάνο, βασισμένο σε μια αυστηρά φυτοφαγική διατροφή με επαρκή ποικιλία τροφίμων, θεωρείται συμβατό με τη διατήρηση της καλής υγείας και ενδέχεται να συμβάλλει στη μείωση του κινδύνου εμφάνισης χρόνιων νοσημάτων (Larsson, C. L.,2002). Σύμφωνα με διάφορες μελέτες, οι vegan δίαιτες παρουσιάζουν αυξημένη περιεκτικότητα σε διαφορετικές ίνες, μαγνήσιο, φολικό οξύ, βιταμίνες και σίδηρο, ενώ παράλληλα εμφανίζουν μειωμένη θερμιδική πυκνότητα, χαμηλότερα επίπεδα κορεσμένων λιπαρών και χοληστερόλης. Επιδημιολογικά δεδομένα υποδεικνύουν ότι τα άτομα που ακολουθούν χορτοφαγική ή vegan διατροφή μειωμένη επίπτωση καρδιαγγειακών νοσημάτων, παχυσαρκίας, σακχαρώδους διαβήτη και ορισμένων τύπων καρκίνου. Επιπρόσθετα, η αποφυγή ζωικών πηγών πρωτεΐνης, όπως το κρέας, έχει τεκμηριωμένες συνέπειες για την υγεία.

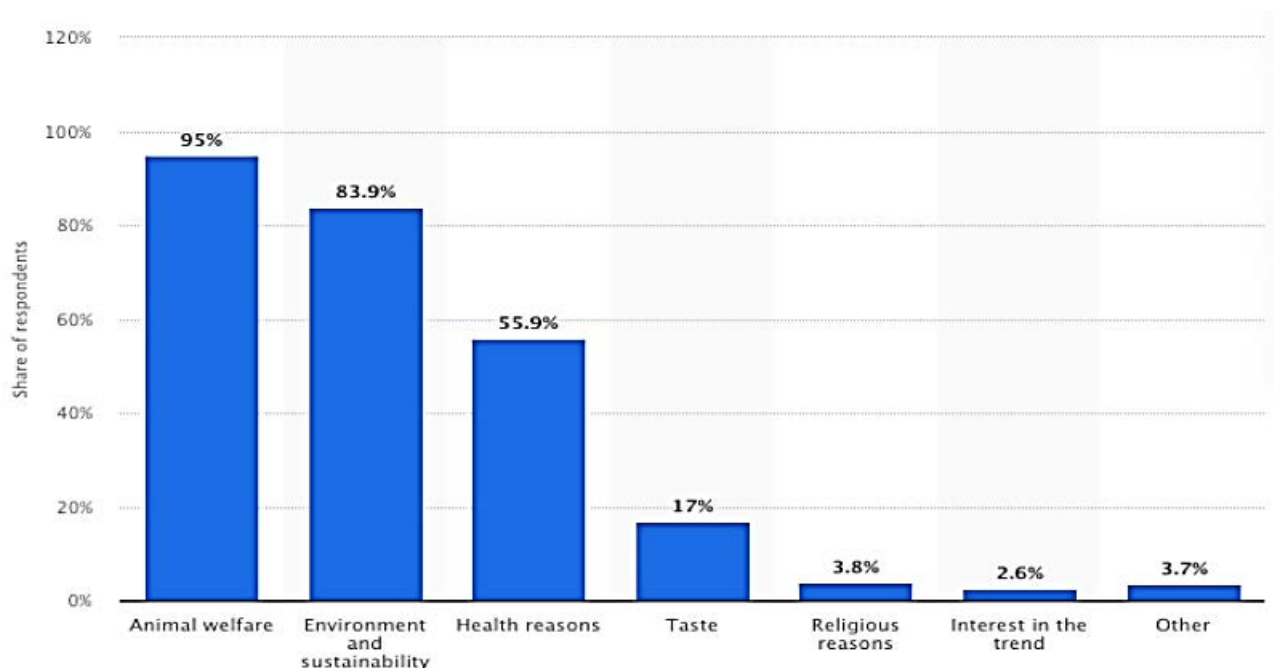
Επιπλέον, η κατανάλωση κόκκινου και επεξεργασμένου κρέατος έχει συστηματικά συσχετιστεί με αυξημένο κίνδυνο εμφάνισης καρκίνου του παχέος εντέρου. Αντίθετα, οι βίγκαν παρουσιάζουν υψηλότερη κατανάλωση δημητριακών ολικής άλεσης, προϊόντων σόγιας και ξηρών καρπών, τα οποία παρέχουν θρεπτικά συστατικά με προστατευτική δράση για το καρδιαγγειακό σύστημα (W. J Craig, 2009).

Παρά το γεγονός ότι το κρέας αποτελεί πηγή ενέργειας και βασικών θρεπτικών συστατικών, όπως πρωτεΐνες, σίδηρο, ψευδάργυρο και βιταμίνη B12, οι ανάγκες αυτές μπορούν να καλυφθούν επαρκώς μέσω φυτικών εναλλακτικών (Τράσιας, Χ., 2023).

Το περιβάλλον ως παράγοντας επιλογής διατροφής

Η υγεία αποτελεί τον πρωταρχικό λόγο για τον οποίο πολλά άτομα στρέφονται σε δίαιτες χωρίς κρέας όμως, το περιβάλλον αναδεικνύεται ως ο δεύτερος σημαντικός παράγοντας. Η προσαρμογή της διατροφής με στόχο τη μείωση της κατανάλωσης κρέατος ιδιαίτερα στις αναπτυγμένες χώρες όπου παραμένει υψηλή συνιστά κρίσιμο μέτρο για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής.

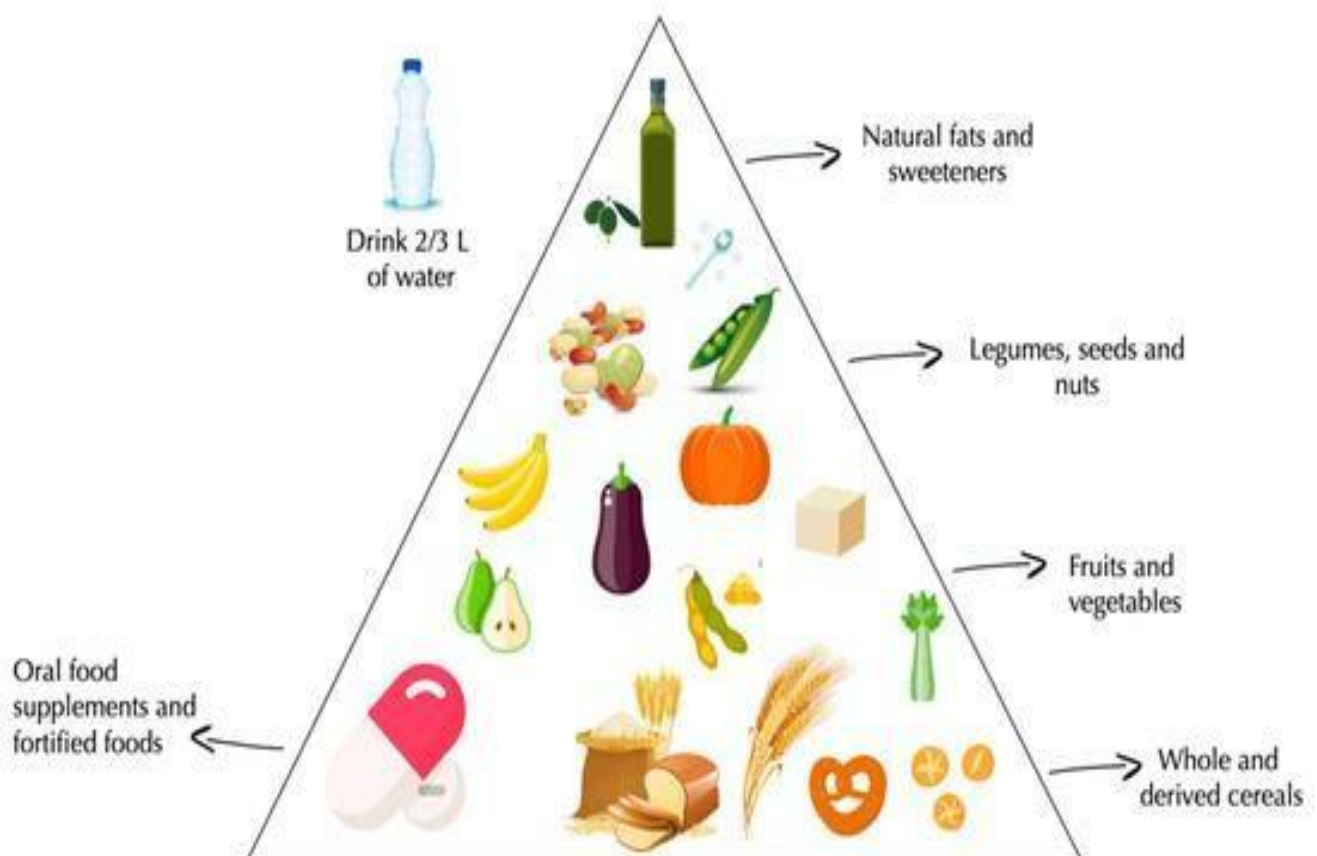
Η παραγωγή κρέατος και γαλακτοκομικών προϊόντων όταν δεν τηρούνται οι κανονισμοί για υπεύθυνη παραγωγή έχει χαρακτηριστεί ως μη βιώσιμη, λόγω των εκτεταμένων περιβαλλοντικών επιπτώσεων που προκαλεί, όπως οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, η υποβάθμιση και διάβρωση των εδαφών, η αποψίλωση δασών, η απώλεια βιοποικιλότητας, καθώς και η ρύπανση επιφανειακών και υπόγειων υδάτων από διαχείριση αποβλήτων. Συνεπώς, η μείωση της κατανάλωσης κρέατος αποτελεί αναπόσπαστο στοιχείο μιας στρατηγικής για έναν πιο βιώσιμο και περιβαλλοντικά φιλικό πλανήτη (Τράσιας, Χ., 2023).



Εικόνα 10: Λόγοι που οι Ευρωπαίοι ακολουθούν μια vegan διατροφή. Πηγή: (Statistica 2019, <https://www.statista.com/statistics/1263270/survey-reasons-for-being-vegan-in-europe/>)

1.5.3. Οφέλη της vegan διατροφής

Η φυτοφαγική διατροφή (vegan) περιγράφεται από αυξημένη κατανάλωση δημητριακών ολικής άλεσης και παραγώγων τους, φρούτων, λαχανικών, οσπρίων, ξηρών καρπών και φυτικών ελαίων.



Εικόνα 11: Πυραμίδα Βίγκαν διατροφής,
<https://www.mdpi.com/2072-6643/13/3/817>

Η αποκλειστικά vegan διατροφή παρουσιάζει αυξημένη περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες, ω-6 πολυακόρεστα λιπαρά οξέα, διαιτητικές ίνες, καροτονοειδή, φυλλικό οξύ, καθώς και στις βιταμίνες C και E και το μαγνήσιο. Αντιθέτως, χαρακτηρίζεται από χαμηλότερα επίπεδα πρόσληψης πρωτεϊνών, ω-3 λιπαρών οξέων, βιταμίνης B12, βιταμίνης D, ασβεστίου, σιδήρου, ψευδαργύρου και ιωδίου.

Οι χορτοφαγικές διατροφές τεκμηριώνονται ως διατροφικά επαρκείς και ενδεδειγμένες για άτομα σε αρκετά στάδια του κύκλου ζωής, ενώ παράλληλα δύνανται να συμβάλλουν στην πρόληψη και τη θεραπευτική διαχείριση ποικίλων νοσημάτων. Η τεκμηρίωση αυτή προέρχεται κατά κύριο λόγο από δεδομένα εγκάρσιων και προοπτικών μελετών, με την υποστήριξη από τυχαιοποιημένες κλινικές δοκιμές να παραμένει περιορισμένη.

Επιπροσθέτως, η ποιότητα των φυτικών τροφών συνιστά κρίσιμο παράγοντα για την έκβαση της υγείας, καθώς δεν είναι όλες οι φυτικής προέλευσης επιλογές εξίσου ωφέλιμες. Διατροφικά πρότυπα που χαρακτηρίζονται από υψηλή κατανάλωση ραφιναρισμένων αλεύρων, υδρογονωμένων λιπών, σιροπιού καλαμποκιού υψηλής περιεκτικότητας σε φρουκτόζη, σακχαρόζης, τεχνητών γλυκαντικών, νατρίου και συντηρητικών έχουν συσχετιστεί με αυξημένη νοσηρότητα και θνησιμότητα.

Οι μοριακοί και φυσιολογικοί μηχανισμοί μέσω των οποίων οι κατάλληλα σχεδιασμένες και ισορροπημένες χορτοφαγικές ή αυστηρά φυτοφαγικές (vegan) δίαιτες ασκούν προστατευτικές επιδράσεις έναντι της στεφανιαίας νόσου (ΣΝ) και ενδεχομένως μειώνουν τον κίνδυνο ανάπτυξης καρκίνου και άνοιας δεν έχουν ακόμη πλήρως διευκρινιστεί και αποτελούν αντικείμενο εν εξελίξει ερευνητικών προσπαθειών. Πολλαπλοί παράγοντες έχουν προτεθεί ως πιθανοί μεσολαβητικοί μηχανισμοί, μεταξύ των οποίων: (α) η υπολιπιδαιμική δράση, (β) η βελτίωση του γλυκαιμικού ελέγχου, η αυξημένη ευαισθησία στην ινσουλίνη και οι συνακόλουθες ενδοκρινικές προσαρμογές, (γ) η αντιοξειδωτική και αντιφλεγμονώδης προστασία καθώς και η ρύθμιση της αρτηριακής πίεσης, και (δ) η ευνοϊκή τροποποίηση του εντέρου μικροβιώματος, με συνακόλουθη παραγωγή μεταβολιτών που επιδρούν στη μεταβολική και ανοσολογική λειτουργία (Wang,T et al, 2023).

1.5.4. Ελλείψεις της vegan διατροφής

Οι καταναλωτές των vegan προτύπων εκφράζουν ανησυχίες σχετικά με την επάρκεια των μακρο- και μικροθρεπτικών συστατικών που προσλαμβάνονται μέσω αυτών. Συγκεκριμένα, υποστηρίζεται ότι οι διατροφές που αποκλείουν τα τρόφιμα ζωικής προέλευσης ενδέχεται να οδηγήσουν σε χαμηλή πρόσληψη πρωτεΐνης, γεγονός που μπορεί να επηρεάσει αρνητικά τη διατήρηση της μυϊκής μάζας και τη συνολική μεταβολική λειτουργία του οργανισμού.

Επιπλέον, οι φυτοφαγικές διατροφές συχνά χαρακτηρίζονται από μειωμένη πρόσληψη ορισμένων μικροθρεπτικών συστατικών, όπως οι βιταμίνες B12 και D, η ριβοφλαβίνη, ο σίδηρος, το ασβέστιο και ο ψευδάργυρος. Η ανεπάρκεια αυτών των στοιχείων ενδέχεται να προκαλέσει διαταραχές στη λειτουργία του νευρικού και αιμοποιητικού συστήματος. Ιδιαίτερη σημασία αποδίδεται στη βιταμίνη B12, η οποία απαντάται σχεδόν αποκλειστικά σε τρόφιμα ζωικής προέλευσης, όπως το συκώτι, το κρέας, το γάλα, τα γαλακτοκομικά προϊόντα και τα αυγά. Επομένως, τα άτομα που ακολουθούν αυστηρά φυτοφαγική διατροφή οφείλουν να λαμβάνουν τη συγκεκριμένη βιταμίνη μέσω εμπλουτισμένων τροφίμων ή διατροφικών συμπληρωμάτων, ώστε να αποτρέψουν πιθανές ελλείψεις. Από την άλλη πλευρά, οι γνώσεις σχετικά με τις πιθανές αρνητικές επιπτώσεις ή επιπλοκές μιας αυστηρά φυτοφαγικής διατροφής στην ανθρώπινη υγεία παραμένουν περιορισμένες. Οι ενδεχόμενες δυσμενείς συνέπειες αποδίδονται κυρίως στον αποκλεισμό ορισμένων ομάδων τροφίμων, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε ελλείψεις τόσο μακροθρεπτικών όσο και μικροθρεπτικών συστατικών. Ο περιορισμένος διατροφικός προγραμματισμός και η ανεπαρκής ενημέρωση συχνά οδηγούν στη διαμόρφωση ενός μη ισορροπημένου διατροφικού πλάνου.

Σε τέτοιες περιπτώσεις, υπάρχει ο κίνδυνος τα τρόφιμα ζωικής προέλευσης που απομακρύνονται από τη διατροφή να μην αντικαθίστανται επαρκώς από φυτικά ισοδύναμα, με αποτέλεσμα η συνολική ημερήσια πρόσληψη ενέργειας και θρεπτικών συστατικών να μην καλύπτει πλήρως τις ανάγκες του οργανισμού. (Fehér, A.,2020).

1.6 Χρήση μανιταριών σε vegan τρόφιμα

Η επιλογή μανιταριών αντί για ζωικά προϊόντα είναι μια επιλογή που ωφελεί την υγεία μας και ταυτόχρονα υποστηρίζει την ανάπτυξη βιώσιμων συστημάτων τροφίμων. Τα μανιτάρια προσφέρουν ένα μοναδικό μείγμα υφής και γεύσης ουμάμι που ικανοποιεί τους γευστικούς μας κάλυκες, καθιστώντας τα ιδανικά για τη δημιουργία εναλλακτικών λύσεων κρέατος φυτικής προέλευσης. Τα μανιτάρια ξεχωρίζουν για την ευελιξία τους στη μαγειρική αφού μπορούν να μιμηθούν τις υφές και τις γεύσεις κρεάτων όπως το μοσχάρι, το χοιρινό, το κοτόπουλο ή ακόμη και θαλασσινά. Υπάρχει τεράστια ποικιλία ειδών μανιταριών όπου η κάθε μια προσδίδει διαφορετικά γευστικά αποτελέσματα και ξεχωριστές ιδιότητές στις vegan συνταγές.

Καθώς ο βιγανισμός εξαπλώνεται, ολοένα και περισσότερο υπάρχει η ανάγκη για νέα προϊόντα που θα εντάσσονται στην vegan διατροφή και θα την καταστούν πλήρη. Το μανιτάρι είναι ένα υποκατάστατο κρέατος με πολλαπλά οφέλη:

- **Χαμηλές Απαιτήσεις Πόρων:** Τα μανιτάρια απαιτούν σημαντικά λιγότερο νερό και γη από το παραδοσιακό κρέας. Μπορούν να καλλιεργηθούν σε ελεγχόμενα περιβάλλοντα, όπως οι φάρμες μανιταριών, οι οποίες βελτιστοποιούν τον χώρο χρησιμοποιώντας τεχνικές κάθετης γεωργίας.
- **Ταχύς κύκλος ανάπτυξης:** Ο κύκλος ανάπτυξης των μανιταριών είναι αξιοσημείωτα γρήγορος. Ορισμένες ποικιλίες είναι έτοιμες για συγκομιδή σε λίγες μόνο εβδομάδες. Αυτή η ταχεία ανανέωση επιτρέπει συχνότερους κύκλους παραγωγής, ενισχύοντας τη βιωσιμότητά τους ως πηγή τροφής.
- **Μείωση Αποβλήτων:** Η καλλιέργεια μανιταριών μπορεί να χρησιμοποιήσει γεωργικά υποπροϊόντα, όπως άχυρο ή πριονίδι, ως μέσο ανάπτυξης. Αυτό όχι μόνο ανακυκλώνει τα απόβλητα αλλά μειώνει και την ανάγκη για συνθετικά λιπάσματα, ελαχιστοποιώντας περαιτέρω τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις.
- **Αποτύπωμα άνθρακα:** Το αποτύπωμα άνθρακα των μανιταριών είναι αξιοσημείωτα χαμηλό σε σύγκριση με τις ζωικές πρωτεΐνες, ακόμη και με ορισμένες φυτικές εναλλακτικές λύσεις. Απορροφώντας διοξείδιο του άνθρακα και απελευθερώνοντας οξυγόνο κατά τη διαδικασία ανάπτυξής τους, τα μανιτάρια συμβάλλουν θετικά στο περιβάλλον τους (Wysocarski, 2024).

Vegan προϊόντα της αγοράς που χρησιμοποιούνται μανιτάρια είναι:

- Spread – dip



Εικόνα 12



Εικόνα 13

- Πατατάκια



Εικόνα 14

- Λουκάνικα



Εικόνα 15

- Τυρί



Εικόνα 16

- Αλλαντικά



Εικόνα 17

- **Μπιφτέκια**



Εικόνα 18

- **Σνίτσελ -παναρισμένα**



Εικόνα 19

1.7 Φυτικά υποκατάστατα κρέατος

Η αγορά των φυτικών υποκατάστατων κρέατος τα τελευταία χρόνια έχει γνωρίσει σημαντική ανάπτυξη με χαρακτηριστικά παραδείγματα τα μπιφτέκια, τα λουκάνικα, τον κιμά και τις κοτομπουκιές-σνίτσελ. Σύμφωνα με την παγκόσμια αγορά η Ευρώπη και οι Ηνωμένες Πολιτείες αποτελούν τις δυναμικότερες αγορές (Andreani et al., 2023). Η αύξηση αυτή αποδίδεται: α) σε ανησυχίες των καταναλωτών που σχετίζονται με την υγεία λόγω των αρνητικών επιπτώσεων από την υπερβολική κατανάλωση κόκκινου ή επεξεργασμένου κρέατος, β) στο περιβαλλοντικό αντίκτυπο της εντατικής κτηνοτροφίας αλλά και γ) σε ανησυχίες για την μεταχείριση και την ευημερία των ζώων (He et al., 2020· Van Loo et al., 2020). Η εισαγωγή φυτικών υποκατάστατων κρέατος στην αγορά αποτελεί μια επιλογή για όσους καταναλωτές επιθυμούν να συμμορφώνονται με αυτές τις κατευθυντήριες γραμμές και να στηρίζουν τα συστήματα βιωσιμότητας.

1.8 Vegan μπιφτέκια

Όλα τα παραπάνω οδήγησαν στη δημιουργία και διάθεση προϊόντων που μιμούνται την γεύση, την υφή και την εμφάνιση συμβατικού κρέατος. Ειδικότερα έχουν αναπτυχθεί φυτικά μπιφτέκια που όσο πιο παρόμοια είναι με τα υπάρχοντα παραδοσιακά μπιφτέκια κρέατος (σε γεύση, υφή και εμφάνιση) τόσο πιο αποδεκτά είναι και ελκυστικά για το καταναλωτικό κοινό. Υπάρχουν πολλές εκδοχές vegan μπιφτεκιών στην αγορά η κάθε μια, με διαφορετικά ποιοτικά και διατροφικά χαρακτηριστικά. Στον παρακάτω πίνακα υπάρχουν παραδείγματα με τα βασικά συστατικά που χρησιμοποιούνται στα φυτικά μπιφτέκια ανά τον κόσμο.

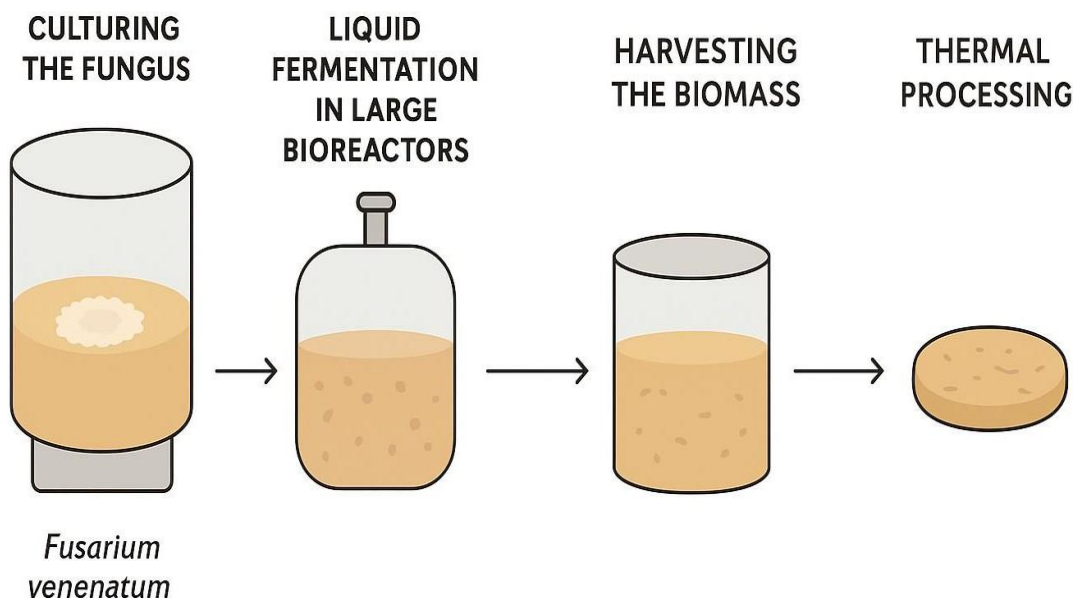
Είδος φυτικού μπιφτεκιού	Βασικό συστατικό
Όσπρια	Φακές, ρεβίθια, φασόλια
Σόγια και παράγωγα	Tofu, tempeh, πρωτεΐνη σόγιας
Μανιτάρια	<i>Pleurotus</i> , <i>Portobello</i> , <i>shiitake</i>
Δημητριακά / Ψευδοδημητριακά	Κινόα, βρώμη, κεχρί, ρύζι
Λαχανικά	Πατάτα, καρότο, παντζάρι, κολοκύθι
Ξηροί καρποί / Σπόροι	Λιναρόσπορος, Καρύδια, τσία, ηλιόσπορος

Πίνακας 1: Βασικά συστατικά των φυτικών μπιφτεκιών

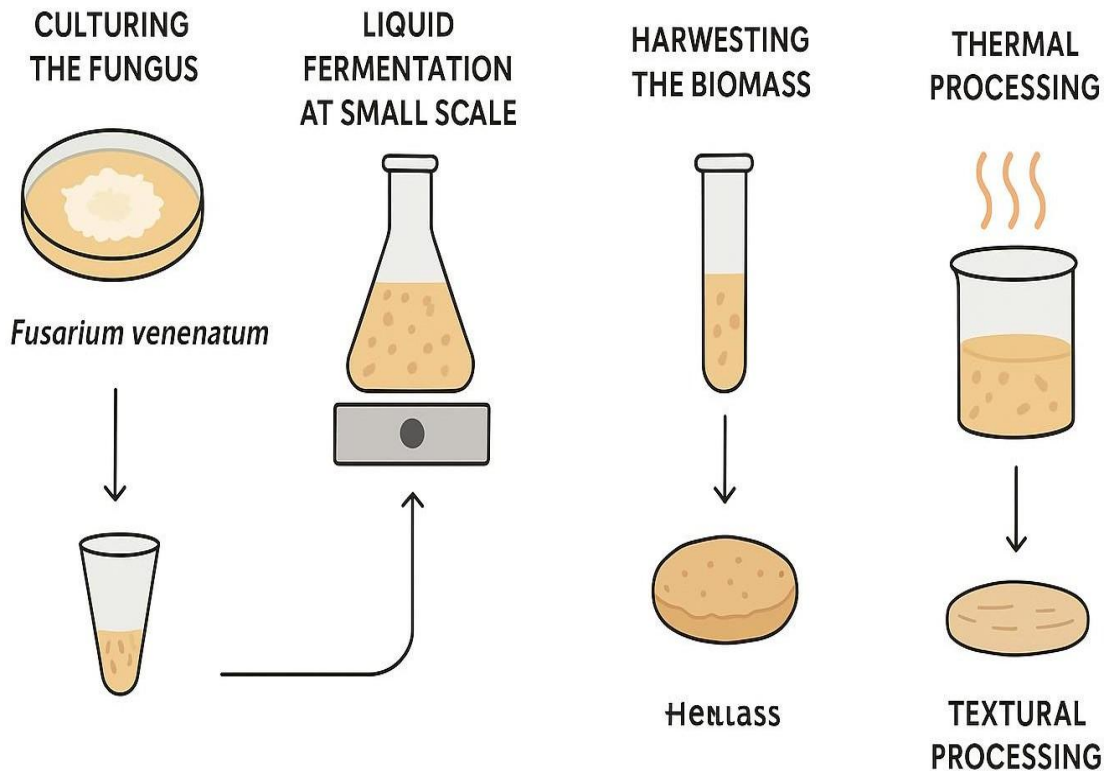
1.9. QUORN

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα εναλλακτικής μορφής πρωτεΐνης-κρέατος που συνδυάζει θρεπτικά οφέλη και χαμηλό περιβαλλοντικό αντίκτυπο είναι τα προϊόντα Quorn. Αυτά έχουν ως βασικό συστατικό τους την μυκοπρωτεΐνη, μια πρωτεϊνούχα βιομάζα που παράγεται από τον νηματώδη μύκητα *Fusarium venenatum*. Η μυκοπρωτεΐνη παράγεται με την μέθοδο συνεχούς ζύμωσης μέσα σε ειδικούς βιοαντιδραστήρες, εκεί ο μικροοργανισμός μετατρέπει τα υδατανθρακικά υποστρώματα σε κυτταρική πρωτεΐνη και φυτικές ίνες. Στην συνέχεια, μετά το πέρας της ζύμωσης, η βιομάζα θερμαίνεται για να μειωθεί το RNA. Ακολουθεί φυγοκέντρηση για απομάκρυνση του περιττού υγρού και τελικά η παραγόμενη μάζα επεξεργάζεται και διαμορφώνεται έτσι ώστε να αποκτήσει την χαρακτηριστική ινώδη υφή που θυμίζει κρέας. Με κατάλληλη επεξεργασία και προσθήκη αρωματικών ή άλλων συστατικών, δημιουργούνται τα διάφορα προϊόντα Quorn (μπουκιές, μπιφτέκια, κιμάς κ.α.).

INDUSTRIAL PRODUCTION OF FUNGAL MYCOPROTEIN



LABORATORY PRODUCTION OF FUNGAL MYCOPROTEIN



Εικόνα 20: Διαδικασία παραγωγής Μυκοπρωτεΐνης

Ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα της μυκοπρωτεΐνης είναι το χαμηλό περιβαλλοντικό της αποτύπωμα. Η παραγωγή μυκοπρωτεΐνης δεν απαιτεί μεγάλες εκτάσεις γης ούτε μεγάλες ποσότητες νερού. Επιπλέον, το ανθρακικό της αποτύπωμα είναι περίπου δέκα φορές χαμηλότερο από το βοδινό και τέσσερις φορές χαμηλότερο από το κοτόπουλο. Αυτό την καθιστά μια πιο φιλική προς το περιβάλλον επιλογή, που συνδέεται με τους στόχους του ΟΗΕ για βιώσιμη γεωργία και διατροφική ασφάλεια. Παράλληλα, είναι πλούσια σε πρωτεΐνη και φυτικές ίνες, χωρίς χοληστερόλη, προσφέροντας θετικά αποτελέσματα στη μείωση της χοληστερόλης, στη μυϊκή πρωτεϊνοσύνθεση και στο αίσθημα κορεσμού, καθιστώντας την ελπιδοφόρα εναλλακτική στο κρέας (Finnigan et al, 2019), (Quorn Nutrition, 2025), (Joanna Blythman, 2018), (FoodNavigator, 2002).

2. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1. Στόχοι και Οργάνωση του πειράματος

Σκοπός της παρούσας πειραματικής διατριβής είναι αρχικά η παραγωγή μυκηλίου μανιταριού *Pleurotus* με την μέθοδο της υγρής ζύμωσης και έπειτα η διερεύνηση της δυνατότητας αξιοποίησης του, σε αποξηραμένη μορφή, ως συστατικό σε συνταγές vegan προϊόντων (μπιφτέκια). Η κάθε συνταγή προέκυψε κατόπιν πειραμάτων και δοκίμων, με στόχο τα βέλτιστα ποιοτικά χαρακτηριστικά όπως γεύση και υφή.

2.1.1. Υλικά και Όργανα

- Το υπόστρωμα που χρησιμοποιήθηκε για την αρχική ανακαλλιέργεια του μύκητα είναι:
- Potato Dextrose Agar (PDA)
- Το υποστρώματα που χρησιμοποιήθηκαν για την εύρεση της βέλτιστης ανάπτυξης του μύκητα είναι:

	Α΄ Υπόστρωμα	Β΄ Υπόστρωμα	Γ΄ Υπόστρωμα	Δ΄ Υπόστρωμα
Γλυκόζη	60.0 g/L	–	–	–
Μαύρη ζάχαρη / Μελάσα	–	60.0 g/L	–	–
Corn Flour	–	–	60.0 g/L	–
Διαλυτό άμυλο	–	–	–	60.0 g/L
Πεπτόνη	1.0 g/L	–	–	–
Εκχύλισμα ζύμης (yeast extract)	2.0 g/L	–	–	–
Πεπτόνη σόγιας	–	–	3.0 g/L	3.0 g/L
Αλεύρι σόγιας	–	3.0 g/L	–	–
(NH ₄) ₂ SO ₄	5.0 g/L	–	–	–
KH ₂ PO ₄	1.0 g/L	1.0 g/L	1.0 g/L	1.0 g/L
K ₂ HPO ₄	0.1 g/L	0.1 g/L	0.1 g/L	0.1 g/L
MgSO ₄ ·7H ₂ O	1.0 g/L	1.0 g/L	1.0 g/L	1.0 g/L

Πίνακας 2: Υποστρώματα που χρησιμοποιήθηκαν για την καλλιέργεια μανιταριών

▪ Όργανα

Στο πειραματικό πλαίσιο, χρησιμοποιήθηκαν διάφορα όργανα και σκεύη για την εκτέλεση της πειραματικής διαδικασίας. Αρχικά, χρησιμοποιήθηκε μια πιπέτα ρυθμιζόμενου όγκου για τη λήψη δειγμάτων, tips για τη μέτρηση μικρών όγκων υγρών και σπάτουλα, ποτήρια ζέσεως και σωληνάκια για τη λήψη και επεξεργασία των δειγμάτων. Επιπλέον, για τη θέρμανση, ψύξη και διατήρηση των δειγμάτων, χρησιμοποιήθηκαν ένα υδατόλουτρο, θερμαντικές πλάκες, κλίβανοι επώασης, εργαστηριακό ψυγείο και καταψύκτης. Για τη διαδικασία της επίστρωσης του θρεπτικού υποστρώματος και του εμβολιασμού, χρησιμοποιήθηκαν τρυβλία Petri, μεταλλική ράβδος επίστρωσης, κρίκος εμβολιασμού, πιπέτες. Επιπρόσθετα η διαδικασία πραγματοποιήθηκε σε θάλαμο νηματικής ροής με λύχνος Bunsen, ώστε να υπάρχουνε ασηπτικές συνθήκες καθ' όλη τη διάρκεια.

Επιπλέον, χρησιμοποιήθηκαν κωνικές φιάλες των 500ml και των 1000ml για την παρασκευή των θρεπτικών υποστρωμάτων. Για την ανάδευση και ομογενοποίηση των δειγμάτων έγινε χρήση ελεγχόμενου θαλάμου ανάδευσης και θερμοκρασίας. Ακόμα, για την παραλαβή της βιομάζας από την υγρή καλλιέργεια χρησιμοποιήθηκαν φίλτρα, υδραντλία και ένας ηλεκτρονικός ζυγός. Η αποξήρανση των δειγμάτων έγινε σε θάλαμο λυοφιλίωσης. Για την αποστείρωση των όλων των υλικών και των οργάνων, έγινε χρήση κλίβανου αποστείρωσης. Τέλος, για την πραγματοποίηση των συνταγών χρησιμοποιήθηκαν διάφορα μαγειρικά σκεύη (π.χ. μαχαίρια, κουτάλια, μπολ) ενώ για το μαγείρεμα των μπιφτεκιών μια ψησταριά-grill.

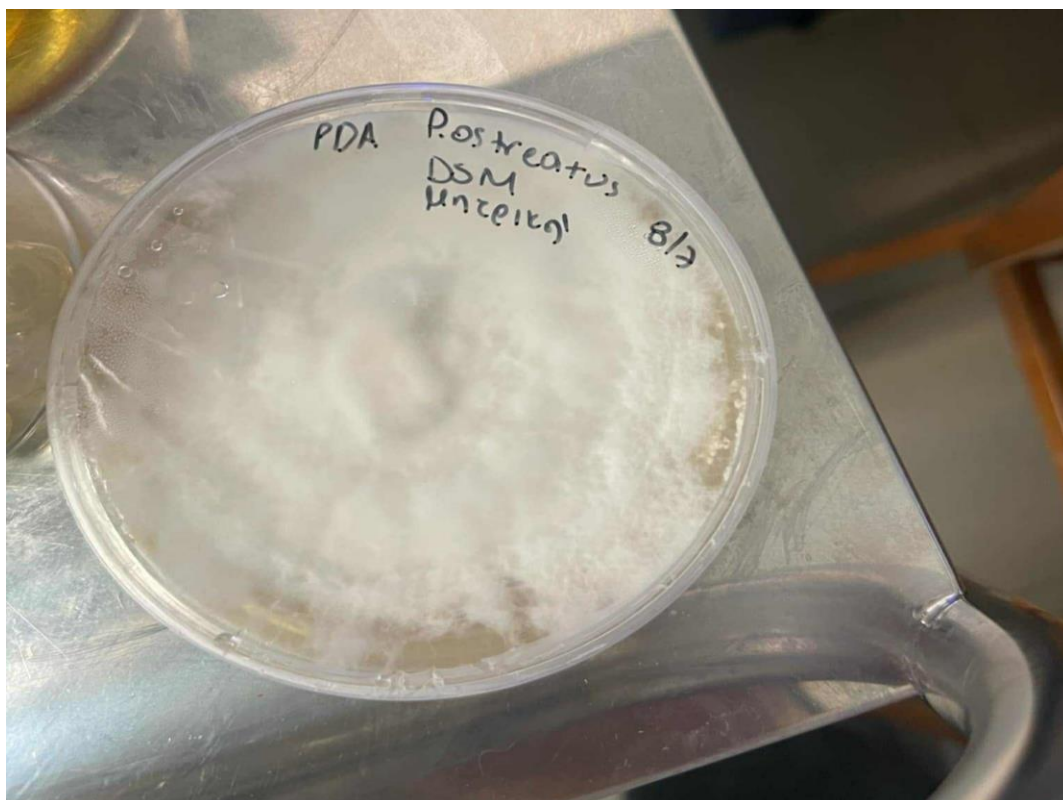
2.1.2. Εκτέλεση πειραματικής διαδικασίας

A. ΖΥΜΩΣΗ *P.ostreatus*

i. Ανάπτυξη του *Pleurotus ostreatus*

Αρχικά, πραγματοποιήθηκε η καλλιέργεια του μύκητα *Pleurotus ostreatus* από λυοφιλωμένες καλλιέργειες. Για τον σκοπό αυτό, οι λυοφιλωμένες καλλιέργειες τοποθετήθηκαν σε αποστειρωμένους δοκιμαστικούς σωλήνες που περιείχαν 10 ml υγρού θρεπτικού υποστρώματος, ώστε να επιτευχθεί η ενυδάτωση και η αρχική ανάπτυξη του μικροοργανισμού. Στη συνέχεια, μέρος του καλλιεργημένου υλικού μεταφέρθηκε και επιστρώθηκε σε τρυβλία Petri που περιείχαν στερεό θρεπτικό υπόστρωμα, τα οποία λειτούργησαν ως μητρικές καλλιέργειες. Η επικάλυψη πραγματοποιήθηκε με ασηπτικές τεχνικές, προκειμένου να αποφευχθεί οποιαδήποτε επιμόλυνση από ανεπιθύμητους μικροοργανισμούς.

Μετά από την περίοδο επώασης, στα μητρικά τρυβλία παρατηρήθηκε η ανάπτυξη αποικιών του μύκητα.



Εικόνα 21: PDA - *P. ostreatus* μητρικό τρυβλίο

ii. Προετοιμασία θρεπτικών υποστρωμάτων

Για την παρασκευή των υποστρωμάτων Α, Β, Γ και Δ, πραγματοποιήθηκε η προετοιμασία διαλυμάτων συνολικού όγκου 200 ml για το καθένα. Τα διαλύματα αυτά μεταφέρθηκαν σε αποστειρωμένες κωνικές φιάλες χωρητικότητας 500 ml (3 Κωνικές φιάλες για κάθε υπόστρωμα).

Στη συνέχεια, οι κωνικές φιάλες τοποθετήθηκαν εντός θαλάμου, όπου εφαρμόστηκε ταυτόχρονη ανάδευση και θέρμανση με σκοπό την πλήρη διάλυση και ομογενοποίηση των συστατικών κάθε υποστρώματος. Η διαδικασία αυτή κρίθηκε απαραίτητη για την εξασφάλιση ομοιόμορφης σύστασης και κατανομής των θρεπτικών στοιχείων.

Μετά την ομογενοποίηση, ακολούθησε η διαδικασία αποστείρωσης. Οι φιάλες καλύφθηκαν με αλουμινόχαρτο, προκειμένου να περιοριστεί η πιθανότητα επιμόλυνσης και σφραγίστηκαν με ταινία αποστείρωσης, η οποία χρησίμευε ως δείκτης της επιτυχούς ολοκλήρωσης της διαδικασίας. Η αποστείρωση πραγματοποιήθηκε σε κλίβανο υπό συνθήκες θερμοκρασίας 121°C για χρονικό διάστημα 15 λεπτών.



Εικόνα 22: Αποστειρωμένα Θρεπτικά Υποστρώματα

iii. Ανακαλλιέργεια του μύκητα στα θρεπτικά υποστρώματα

Η διαδικασία της ανακαλλιέργειας του μύκητα *Pleurotus ostreatus* πραγματοποιήθηκε υπό ασηπτικές συνθήκες στον θάλαμο νηματικής ροής, προκειμένου να αποφευχθεί οποιαδήποτε πιθανότητα επιμόλυνσης. Ως υλικό εμβολιασμού χρησιμοποιήθηκε τεμάχιο μυκηλιακής μάζας, το οποίο συλλέχθηκε από το μητρικό τρυβλίο, όπου είχε παρατηρηθεί η καλύτερη και πλέον ομοιόμορφη ανάπτυξη του μύκητα. Το επιλεγμένο εμβόλιο-κομμάτι μεταφέρθηκε σε κωνικές φιάλες που περιείχαν αποστειρωμένο υγρό θρεπτικό υπόστρωμα. Παράλληλα, πραγματοποιήθηκε και εμβολιασμός σε κεκλιμένους δοκιμαστικούς σωλήνες με στερεό υπόστρωμα, για παρακολούθηση της εξέλιξης της ανάπτυξης του μύκητα.

Οι κωνικές φιάλες επώαστηκαν στον θάλαμο σε θερμοκρασία 25°C, υπό συνεχή ανάδευση 150 rpm, για χρονικό διάστημα 10-15 ημερών.



Εικόνα 23: Εκκίνηση ζύμωσης

iv. *Μελέτη βέλτιστου υποστρώματος ανάπτυξης - οπτικές παρατηρήσεις*

Η παρακολούθηση της ανάπτυξης του μύκητα *Pleurotus ostreatus* πραγματοποιήθηκε μέσω δειγματοληψιών σε τακτά χρονικά διαστήματα. Συγκεκριμένα, ανά τρεις ημέρες περιλαμβάνονταν δείγματα από τις καλλιέργειες, με σκοπό την αξιολόγηση της εξέλιξης της μυκηλιακής ανάπτυξης και την καταγραφή των σχετικών μεταβολών. Κάθε δείγμα, μετά τη συλλογή του, τοποθετούνταν άμεσα σε κατάψυξη, ώστε να διατηρηθεί ανέπαφο το βιολογικό υλικό.

Η διαδικασία της δειγματοληψίας πραγματοποιήθηκε στον αποστειρωμένο θάλαμο νηματικής ροής, προκειμένου να διασφαλιστούν οι κατάλληλες ασηπτικές συνθήκες. Για την ελαχιστοποίηση του κινδύνου επιμόλυνσης, κάθε φορά χρησιμοποιούνταν διαφορετική κωνική φιάλη, ώστε να αποφεύγεται η πολλαπλή παρέμβαση στο ίδιο καλλιεργητικό δείγμα. Η πρακτική αυτή επέτρεψε την αξιόπιστη συλλογή αντιπροσωπευτικών δειγμάτων και συνέβαλε στη διατήρηση της ακεραιότητας των καλλιεργειών καθ' όλη τη διάρκεια της επώασης.

0d: μέρα ανακαλλιέργειας κωνικών φιαλών

- α, β, γ κωνικές φιάλες

3d: δείγμα από τις κωνικές α1, β1, γ1, δ1

- Δεν παρατηρήθηκε κάποια ανάπτυξη

7d: δείγμα από τις κωνικές α2, β2, γ2, δ2

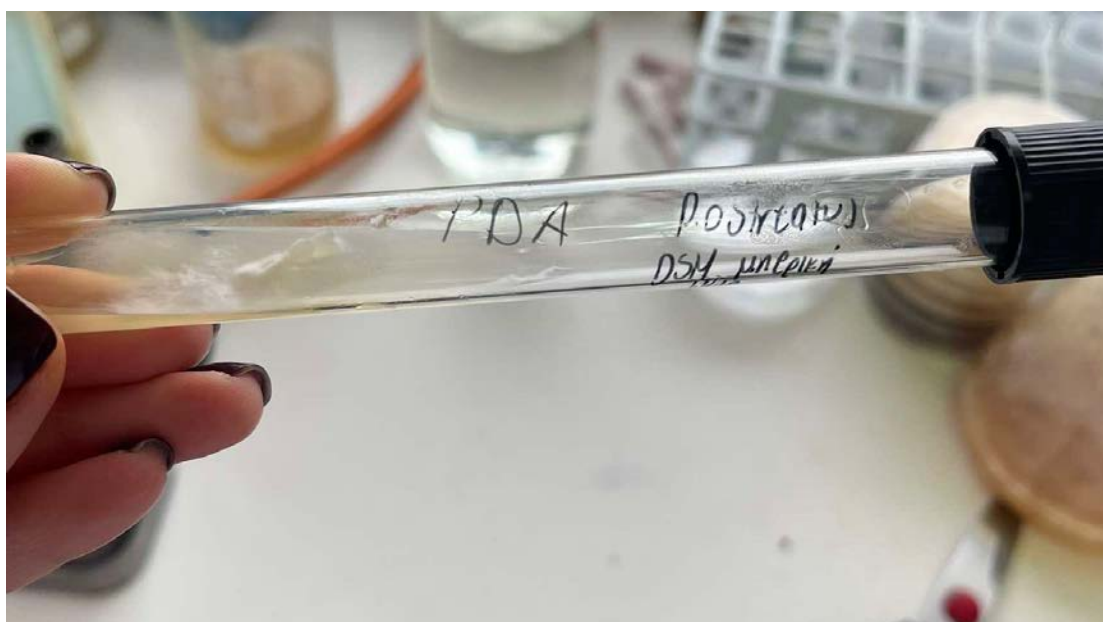
- γ2 κωνική πιθανή επιμόλυνση
- Μικρή ανάπτυξη μικκύλιού στον δοκιμαστικό κεκλιμένο
- Παρατηρήθηκε καλύτερη ανάπτυξη του μύκητα στη β
- Πρόβλημα με ιζήματα στις γ και δ κωνικές

10d: δείγμα από τις κωνικές α3, β3, γ3, δ3

- Παρατηρήθηκε καλή ανάπτυξη του μύκητα στην α και β
- Πρόβλημα με ιζήματα στις γ και δ κωνικές
- α3 κωνική πιθανή επιμόλυνση προσοχή
- Καλή ανάπτυξη μικκύλιού στον δοκιμαστικό κεκλιμένο



Εικόνα 24: 7d – Ανάπτυξη μυκηλίου



Εικόνα 25: 7d – Ανάπτυξη σε κεκλιμένο



Εικόνα 26: 10d – Ανάπτυξη μυκηλίου



Εικόνα 27: 10d – Ανάπτυξη στο κεκλιμένο

ν. Προσδιορισμός Βιομάζας Μυκηλίου – Διήθηση

Η ποσοτικοποίηση της παραγόμενης βιομάζας πραγματοποιήθηκε μέσω διήθησης και ξήρανσης των καλλιεργειών μυκηλίου. Η διαδικασία είχε ως εξής:

1. Σταθεροποίηση πριν την ζύγιση: Μετά την ολοκλήρωση της ξήρανσης, τα δείγματα μεταφέρθηκαν σε ξηραντήρα για περίπου 20 λεπτά, προκειμένου να κρυώσουν και να εξισορροποθούν οι συνθήκες πριν από τη ζύγιση.
2. Ζύγιση: Τα φίλτρα ζυγίστηκαν σε αναλυτικό ζυγό υψηλής ακρίβειας, καταγράφοντας τη μάζα τους.
3. Διήθηση: Το μυκήλιο συλλέχθηκε από το υγρό μέσο καλλιέργειας μέσω διήθησης σε κατάλληλα φίλτρα, με χρήση υδραντλίας. Με αυτόν τον τρόπο αυτό απομακρύνθηκε το υπερκείμενο υγρό και συγκρατήθηκε η στερεά βιομάζα.
4. Ξήρανση: Τα φίλτρα με τη βιομάζα επανεισήχθησαν στον ξηραντικό φούρνο για περαιτέρω ξήρανση στους 105°C για επιπλέον 24 ώρες, ώστε να διασφαλιστεί πλήρης απομάκρυνση της υγρασίας. Ακολούθησε εκ νέου σταθεροποίηση σε ξηραντήρα και επαναζύγιση.
5. Υπολογισμός ξηρής βιομάζας: Η τελική μάζα της ξηρής βιομάζας προέκυψε από τη διαφορά μάζας φίλτρου-βιομάζας μετά τη ξήρανση σε σχέση με το βάρος του «σκέτου» φίλτρου.



Εικόνα 28: Φίλτρα διήθησης



Εικόνα 29: Ξηραντήρας



Εικόνα 30: Υδραντλία



Εικόνα 31: Φίλτρα μετά την διήθηση



Εικόνα 32: Φίλτρα μετά την ξήρανση



Εικόνα 33, 34, 35: Ανάπτυξη μυκηλίου πριν την διήθηση



Εικόνα 36: Διήθηση στην υδραντλία

vi. ΜΕΤΡΗΣΗ ΣΑΚΧΑΡΩΝ ΥΓΡΩΝ ΖΥΜΩΣΗΣ



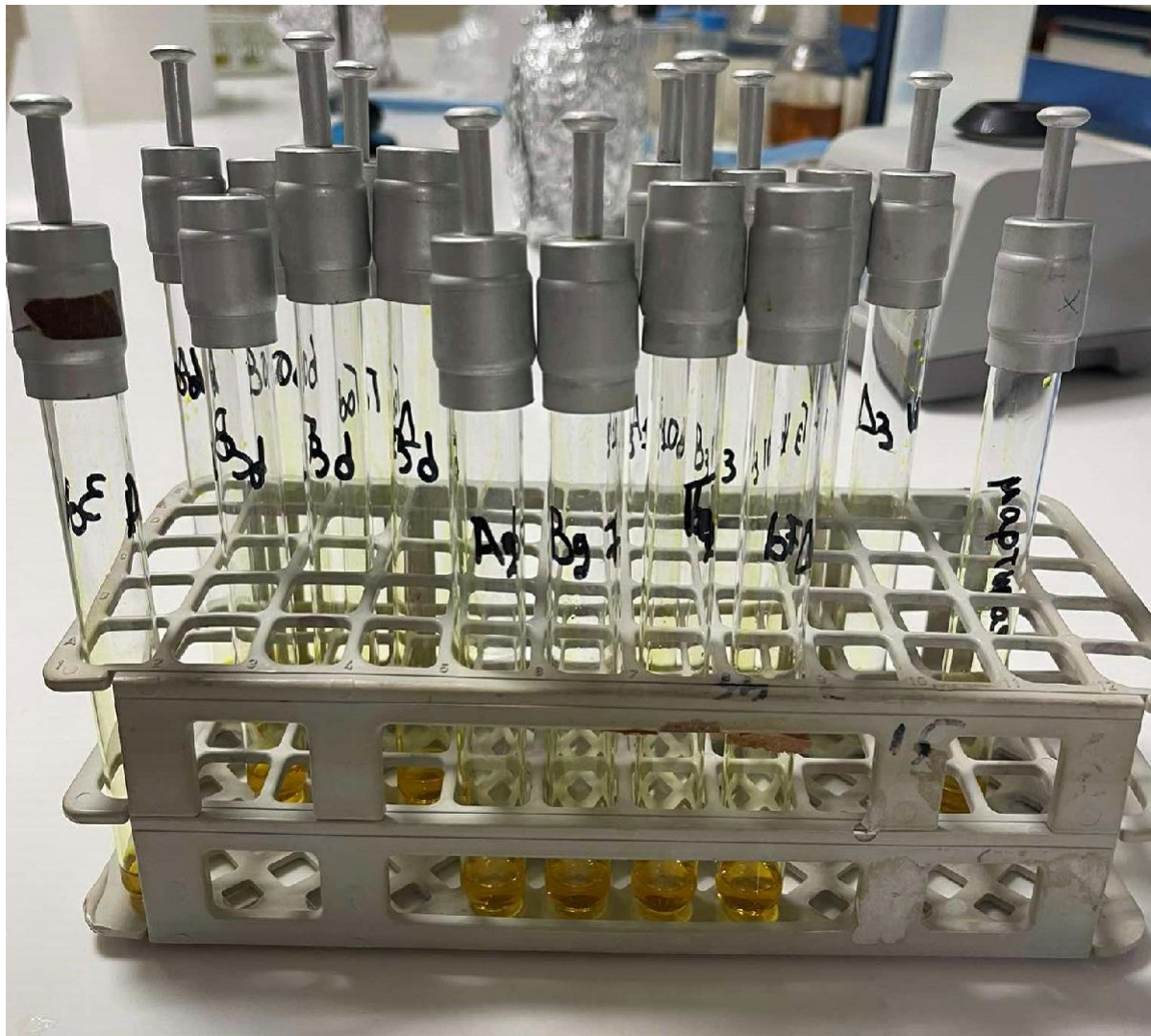
Εικόνα 37: Φασματοφωτόμετρο

Για τον προσδιορισμό των αναγωγικών σακχάρων με τη μέθοδο DNS, από κάθε δείγμα λήφθηκαν 0,5ml, τα οποία αραιώθηκαν με 4,5ml απιονισμένου νερού και αναδεύτηκαν εντατικά σε vortex για την πλήρη ομογενοποίηση. Στη συνέχεια, μεταφέρθηκαν 0,5ml από τα αραιωμένα δείγματα σε νέους δοκιμαστικούς σωλήνες και προστέθηκαν ισόποσα 0,5ml διαλύματος DNS. Ακολούθησε εκ νέου ανάδευση σε vortex και οι σωλήνες σφραγίστηκαν με πώματα, προκειμένου να αποτραπεί η εξάτμιση κατά την θέρμανση.

Παράλληλα, παρασκευάστηκε σωλήνας-μάρτυρας, ο οποίος περιείχε 0,5ml απιονισμένου νερού και 0,5ml διαλύματος DNS, με σκοπό τον μηδενισμό του φασματοφωτόμετρου. Όλοι οι δοκιμαστικοί σωλήνες ανακινήθηκαν εκ νέου και τοποθετήθηκαν σε υδατόλουτρο, όπου

θερμάνθηκαν για 5 λεπτά στους 100°C. Μετά την ψύξη τους, προστέθηκαν 5ml απιονισμένου νερού σε κάθε σωλήνα για την αραιώση και σταθεροποίηση του παραγόμενου χρώματος.

Τέλος, τα δείγματα υποβλήθηκαν σε φασματοφωτομετρική μέτρηση του μήκους κύματος των 540nm, αφού προηγουμένως το όργανο είχε καλιμπραριστεί με τον σωλήνα-μάρτυρα. Η ένταση της απορρόφησης, η οποία αντανακλάται και από τη χρωματική απόδοση



Εικόνα 38: Δείγματα διαδικασίας DNS

vii. ΛΥΟΦΙΛΙΩΣΗ ΚΑΡΠΟΦΟΡΩΝ ΜΑΝΙΤΑΡΙΩΝ

Η διαδικασία λυοφιλίωσης των καρποφόρων σωμάτωνμανιταριών ξεκίνησε με την τοποθέτηση τους σε ανοξείδωτα ταψίδια και την εισαγωγή τους σε συνθήκες βαθιάς κατάψυξης, προκειμένου να επιτευχθεί πλήρης σταθεροποίηση του υδατικού τους περιεχομένου. Στη συνέχεια, τα δείγματα μεταφέρθηκαν στον θάλαμο λυοφιλίωσης, όπου υποβλήθηκαν σε συνθήκες χαμηλής πίεσης και ελεγχόμενης θερμοκρασίας, επιτρέποντας την απομάκρυνση του νερού μέσω υπολίπανσης. Μετά το πέρας της διεργασίας, τα αποξηραμέναμανιτάρια αλέσθηκαν με την χρήση blender έως την επίτευξη λεπτής σκόνης. Το παραγόμενο προϊόν ζυγίστηκε σε ζυγαριά ακρίβειας, με τελική καταγραφή μάζας 19,3gr. Τέλος, η σκόνη συσκευάστηκε σε κατάλληλα δοχεία συλλογής (ουροσυλλέκτες), τα οποία εξασφαλίζουν προστασία από υγρασία και μικροβιακή επιμόλυνση, επιτρέποντας ασφαλή αποθήκευση και μελλοντική χρήση του δείγματος.



Εικόνα 39: Λυοφιλωμέναμανιτάριαεμπορίου



Εικόνα 40: Θάλαμος λυοφιλίωσης



Εικόνα 41: Σκόνη λυοφιλωμένωνμανιταριώνεμπορίου

viii. ΛΥΟΦΙΛΙΩΣΗ ΔΙΗΘΗΜΕΝΟΥ ΜΥΚΗΛΙΟΥ

Η διαδικασία λυοφιλίωσης των διηθημάτων ξεκίνησε με την αφαίρεση-αποκόλληση τους από τα φίλτρα διήθησης με την βοήθεια μιας σπάτουλας και την τοποθέτηση τους σε ανοξείδωτα ταψίδια και συνεχίστηκε με την εισαγωγή τους σε συνθήκες βαθιάς κατάψυξης, προκειμένου να επιτευχθεί πλήρης σταθεροποίηση του υδατικού τους περιεχομένου. Στη συνέχεια, τα δείγματα μεταφέρθηκαν στον θάλαμο λυοφιλίωσης, όπου υποβλήθηκαν σε συνθήκες χαμηλής πίεσης και ελεγχόμενης θερμοκρασίας, επιτρέποντας την απομάκρυνση του νερού μέσω υπολίπανσης. Μετά το πέρας της διεργασίας, τα αποξηραμένα διηθήματα αλέσθηκαν με την χρήση blender έως την επίτευξη λεπτής σκόνης. Το παραγόμενο προϊόν η σκόνη συσκευάστηκε σε σακούλες vacuum, οι οποίες εξασφαλίζουν προστασία από υγρασία και μικροβιακή επιμόλυνση, επιτρέποντας ασφαλή αποθήκευση για μελλοντική χρήση του δείγματος.



Εικόνα 42: Διηθήματα πριν την λυοφιλίωση

ix. Επανάληψη υποστρωμάτων για μεγαλύτερη παραλαβή βιομάζας

Πραγματοποιήθηκε επανάληψη παραγωγής των υποστρωμάτων Α,Β,Γ,Δ το καθένα σε κωνική των 1000ml. Για Α,Β η ποσότητα υποστρώματος ήταν 800 ml ενώ για Γ,Δ ήταν 900ml ,ώστε από τα επιπλέον 100 ml να γίνει μέτρηση βιομάζας πριν και μετά την ολοκλήρωση της ζύμωσης. Σε όλες τις κωνικές πραγματοποιήθηκε η ίδια πειραματική διαδικασία χωρίς την δειγματοληψία ώστε να μην υπάρξει καμία επιμόλυνση κατά την ανάπτυξη του μικκυλίου και να γίνει όσο δυνατόν μεγαλύτερη παραγωγή βιομάζας.



***Εικόνα 43:** Ανάπτυξη βιομάζας μεγάλων κωνικών*



***Εικόνα 44:** Διηθήματα μεγάλων κωνικών*

B. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ VEGAN ΜΠΙΦΤΕΚΙΟΥ -

ΜΕ ΣΚΟΝΗ ΜΑΝΙΤΑΡΙΟΥ ΥΓΡΗΣ ΖΥΜΩΣΗΣ ΚΑΙ ΣΚΟΝΗ ΑΠΟ ΚΑΡΠΟΦΟΡΟ ΜΑΝΙΤΑΡΙ

Η παρούσα μελέτη αποσκοπεί στην ανάπτυξη πρωτότυπου φυτικού προϊόντος τύπου «μπιφτεκιού» με χρήση πολυσακχαριτών, αλεύρων φυτικής προέλευσης, φυτικών ινών και εκχυλισμάτων, ώστε να προσομοιωθούν τα οργανοληπτικά και φυσικοχημικά χαρακτηριστικά αντίστοιχων ζωικών προϊόντων.

1. Προετοιμασία Υδροκολλοειδούς δείγματος

Σε υδατικό διάλυμα θερμαινόμενο στους 90°C πραγματοποιείται η διαλυτοποίηση και ομογενοποίηση του τροποποιημένου αμύλου, της καραγεννάνης και του άγαρ (η διαλυτοποίηση έγινε μέσα σε ζεστό νερό σε 200ml έτσι ώστε να αναμιχθούν καλύτερα). Τα συγκεκριμένα υδροκολλοειδή επιλέγονται λόγω της ικανότητας τους να σχηματίζουν τζελ, συμβάλλοντας στη δημιουργία τρισδιάστατου δικτύου που θα προσδώσει συνοχή, ελαστικότητα και σταθερότητα στη δομή του τελικού προϊόντος. Η ανάδευση είναι συνεχής ώστε να διασφαλιστεί η πλήρης ενυδάτωση και κατανομή των μορίων στο υδατικό μέσο.

2. Ενσωμάτωση Ξηρών και Λιπιδικών Συστατικών

Μετά τη μερική ψύξη του μίγματος και καθώς αυτό αρχίζει να παρουσιάζει αύξηση του ιξώδους, προστίθενται τα υπόλοιπα συστατικά σε συσκευή υψηλής ταχύτητας (blender). Το μίγμα εμπλουτίζεται με σογέλαιο, φοινικέλαιο και Medoliva Plus, τα οποία λειτουργούν ως λιπαρά μέσα για την εξομίωση της λιποπρωτεϊνικής φάσης των ζωικών προϊόντων, παρέχοντας, ζουμερότητα και βελτίωση της γεύσης.

Τα αλεύρια βρώμης, φακής και μανιταριών, σε συνδυασμό με τις νιφάδες βρώμης, παρέχουν φυτικές πρωτεΐνες, υδατάνθρακες και πολυφαινόλες, ενώ συμβάλλουν στην ανάπτυξη κρεατώδους υφής.

Το εκχύλισμα ζύμης και το καρύκευμα μπιφτεκιού ενισχύουν το οργανοληπτικό αποτέλεσμα μέσω της παροχής «umami» χαρακτήρα, ενώ η σκόνη παντζαριού και ρεπανιού χρησιμοποιούνται ως φυσικά χρωστικά, προσδίδοντας οπτική ομοιότητα με ζωικά προϊόντα. Η προσθήκη αλατος ρυθμίζει τη γεύση και συμβάλλει στη σταθεροποίηση των πρωτεϊνικών δομών.

3. Διαμόρφωση και Σταθεροποίηση

Η ομογενοποιημένη πάστα πλάθεται σε δίσκους σχήματος μπιφτεκιού με ομοιόμορφη μάζα και πάχος. Τα δείγματα τοποθετούνται σε συνθήκες ψύξης ($\sim 4^{\circ}\text{C}$) για χρονικό διάστημα περίπου 1 ώρας, ώστε να επέλθει η σταθεροποίηση της δομής μέσω γέλης των υδροκολλοειδών και κρυστάλλωσης των λιπιδίων.

4. Θερμική Επεξεργασία (Ψήσιμο)

Τα ψυχθέντα δείγματα υποβάλλονται σε θερμική κατεργασία (ψήσιμο) με σκοπό την επίτευξη των τελικών οργανοληπτικών χαρακτηριστικών. Η θερμική διεργασία οδηγεί σε:

- ✓ περαιτέρω ζελατινοποίηση του αμύλου,
- ✓ θερμική σταθεροποίηση των πρωτεϊνών,
- ✓ ανάπτυξη αρωμάτων μέσω αντιδράσεων Maillard,
- ✓ βελτίωση της συνεκτικότητας και της εξωτερικής κρούστας.

ΣΥΝΤΑΓΕΣ VEGAN ΜΠΙΦΤΕΚΙΟΥ ΜΕ ΜΑΝΙΤΑΡΙΑ (200gr)

	B1 % w/w	B2 % w/w	B3 % w/w
ΝΕΡΟ	64,23	52,32	58,86
ΣΟΓΙΕΛΑΙΟ	-	4,47	-
ΦΟΙΝΙΚΕΛΑΙΟ	5,50	-	5,03
ΑΛΕΥΡΙ ΒΡΩΜΗΣ	-	-	4,19
ΝΙΦΑΔΕΣ ΒΡΩΜΗΣ	4,58	-	12,59
ΑΛΕΥΡΙ ΦΑΚΗΣ	-	3,72	-
ΑΛΕΥΡΙ ΜΑΝΙΤΑΡΙΩΝ	13,75	11,18	8,39
ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΑΜΥΛΟ	2,75	2,23	2,51
ΚΑΡΑΓΕΝΝΑΝΗ	2,75	2,23	2,51
ΑΓΑΡ	2,75	2,23	2,51
ΑΛΑΤΙ	1,37	1,11	1,25
ΚΑΡΥΚΕΥΜΑ ΓΙΑ ΜΠΙΦΤΕΚΙ	0,91	0,74	0,83
ΕΚΧΥΛΙΣΜΑ ΖΥΜΗΣ	0,55	0,44	0,5
MEDOLIVA PLUS	0,73	0,59	0,67
ΣΚΟΝΗ ΡΕΠΑΝΑΚΙ	0,09	0,07	0,08
ΣΚΟΝΗ ΠΑΝΤΖΑΡΙ	0,04	0,03	0,08
ΒΡΑΣΜΕΝΗ ΦΑΒΑ	-	18,64	-
ΣΥΝΟΛΟ:	100	100	100

	B4 % w/w	B5 % w/w	B6 % w/w
ΝΕΡΟ	43,91	59,32	55,08
ΣΟΓΙΕΛΑΙΟ	–	–	–
ΦΟΙΝΙΚΕΛΑΙΟ	4,02	5,08	5,08
ΑΛΕΥΡΙ ΒΡΩΜΗΣ	3,35	4,24	–
ΑΛΕΥΡΙ ΦΑΚΗΣ	6,70	–	8,47
ΑΛΕΥΡΙ ΜΑΝΙΤΑΡΙΩΝ	6,70	8,47	8,47
ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΑΜΥΛΟ	2,01	2,54	2,54
ΚΑΡΑΓΕΝΝΑΝΗ	2,01	2,54	2,54
ΑΓΑΡ	2,01	2,54	2,54
ΑΛΑΤΙ	0,67	0,85	0,85
ΚΑΡΥΚΕΥΜΑ ΓΙΑ ΜΠΙΦΤΕΚΙ	0,67	0,85	0,85
ΕΚΧΥΛΙΣΜΑ ΖΥΜΗΣ	0,4	0,6	–
MEDOLIVA PLUS	0,53	0,68	0,68
ΣΚΟΝΗ ΡΕΠΑΝΑΚΙ	0,1	0,08	0,08
ΣΚΟΝΗ ΠΑΝΤΖΑΡΙ	0,1	0,08	0,08
ΒΡΑΣΜΕΝΗ ΦΑΒΑ	16,76	–	–
ΝΙΦΑΔΕΣ ΒΡΩΜΗΣ	10,06	12,71	12,71
ΣΥΝΟΛΟ	100	100	100

Πίνακας 3,4: Συνταγές vegan μπιφτεκιών



Εικόνα 45: B1, B2, B3, B4 μετά από προσθήκη φάβας και βρώμης



Εικόνα 46: B5, B6 με σκόνη εμπορίου



Εικόνα 47: Ψημένα B5



Εικόνα 48: Ψημένα B6



Εικόνα 49: B5 και B6 με σκόνη καλλιέργειας μανιταριών, κωνικές Α και Β



Εικόνα 50: Ψημένα B5 και B6 με σκόνη κωνικών Α και Β

2.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ- ΣΥΖΗΤΗΣΗ

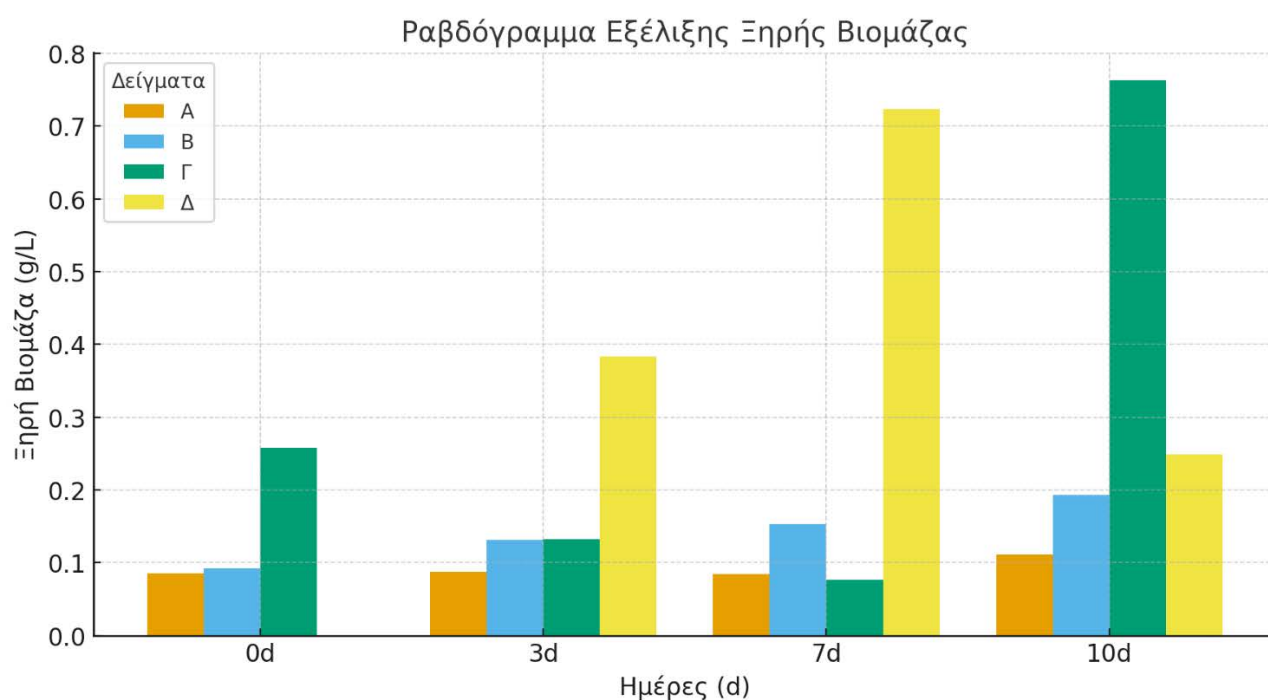
Κατά την καλλιέργεια του *Pleurotus ostreatus* με υγρή ζύμωση παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφοροποιήσεις στα δείγματα. Στα δείγματα Γ και Δ εμφανίστηκαν από τις πρώτες μέρες έντονα ιζήματα (που πιθανώς προκλήθηκαν από συστατικά όπως η πεπτόνη σόγιας, το διαλυτό άμυλο και το καλαμποκάλευρο), κάτι που έδειχνε ότι η ανάπτυξη του μυκηλίου δεν ήταν ομοιογενής. Το ίδιο επιβεβαιώθηκε και από τις μετρήσεις της ξηρής βιομάζας, που ήταν υψηλές πριν ακόμη γίνει η ανακαλλιέργεια (π.χ. $\Gamma=0,2573$, $\Delta 1=0,3832$). Για τον λόγο αυτό τα δείγματα Γ και Δ απορρίφθηκαν καθώς δεν αντιπροσώπευαν σταδιακή και ελεγχόμενη ανάπτυξη.

Αντίθετα, τα δείγματα Α και Β έδειξαν πιο σταθερή και σταδιακή ανάπτυξη. Οι μετρήσεις απορρόφησης με το φασματοφωτόμετρο έδειξαν ότι στην 7^η μέρα οι τιμές ήταν 0,9396 (Α2) και 1,0034 (Β2), ενώ στην 10^η μέρα αυξήθηκαν σε 0,9754 (Α3) και 1,0456 (Β3). Το ίδιο φάνηκε και από τα δεδομένα της ξηρής βιομάζας, όπου τα δείγματα Α και Β ξεκίνησαν με χαμηλές τιμές ($A=0,0854\text{g}$, $B=0,0925\text{g}$) και κατέγραψαν σταδιακή αύξηση μέχρι την 10^η μέρα ($A3=0,1109\text{g}$, $B3=0,1928\text{g}$).

- Τα αποτελέσματα από τις μετρήσεις ξηρής βιομάζας

ΞΗΡΗ ΒΙΟΜΑΖΑ				
0d:	A=0,0854 g/L	B=0,0925 g/L	$\Gamma=0,2573\text{ g/L}$	-
3d:	A1=0,0873 g/L	B1=0,1315 g/L	$\Gamma 1=0,1320\text{ g/L}$	$\Delta 1=0,3832\text{ g/L}$
7d:	A2=0,0841 g/L	B2=0,1527 g/L	$\Gamma 2=0,0762\text{ g/L}$	$\Delta 2=0,7232\text{ g/L}$
10d:	A3=0,1109 g/L	B3=0,1928 g/L	$\Gamma 3=0,7626\text{ g/L}$	$\Delta 3=0,2485\text{ g/L}$

Πίνακας 5: Μετρήσεις Ξηρής Βιομάζας



Εικόνα 51: Ραβδόγραμμα ξηρής βιομάζας

ΞΗΡΗ ΒΙΟΜΑΖΑ

$\Gamma = 6,8399 \text{ g/L}$

$\Delta = 3,9827 \text{ g/L}$

Από τα παραπάνω αποτελέσματα που είναι η μέτρηση της βιομάζας στις κωνικές Γ, Δ, των 1000 ml πριν την ανακαλλιέργεια με το μυκήλιο αντιλαμβανόμαστε ότι υπάρχει μεγάλος όγκος, αρά πολλά ήδη υπάρχοντα ολικά στερεά, πριν καν ξεκινήσει η ζύμωση.

- Τα αποτελέσματα από τις μετρήσεις του φασματοφωτόμετρου:

A 0d:2,576	B 0d:0,374	Γ 0d:0,037	Δ 0d: -
A1 3d:3,000	B1 3d:0,217	Γ1 3d:0,048	Δ1 3d:0,021
A2 7d:2,249	B2 7d:0,055	Γ2 7d:0,318	Δ2 7d:0,020
A3 10d:2,343	B3 10d:0,096	Γ3 10d:1,666	Δ3 10d:0,040

Πίνακας 6: Μετρήσεις Φασματοφωτόμετρου

Η συσχέτιση μεταξύ της συγκέντρωσης σακχάρων (C) και της απορρόφησης (y) περιγράφεται από τη γραμμική εξίσωση:

$$y = 0,551x - 0,0251$$

όπου y αντιστοιχεί στην τιμή της απορρόφησης και x στη συγκέντρωση των σακχάρων. Ο συντελεστής κλίσης (0,551) εκφράζει την αναλογία μεταβολής της απορρόφησης ως προς τη συγκέντρωση, ενώ η σταθερά (-0,0251) αντιπροσωπεύει την τετμημένη επί τον άξονα. Η εξίσωση αυτή χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της συγκέντρωσης των άγνωστων δειγμάτων βάσει των μετρούμενων τιμών απορρόφησης.

Τα αποτελέσματα με βάση την παραπάνω εξίσωση:

A 0d:4,720 g/L	B 0d:0,724 g/L	Γ 0d:0,113 g/L	Δ 0d: -
A1 3d:5,49 g/L	B1 3d:0,439 g/L	Γ1 3d:0,133 g/L	Δ1 3d:0,083 g/L
A2 7d:4,127 g/L	B2 7d:0,145 g/L	Γ2 7d:0,623 g/L	Δ2 7d:0,081 g/L
A3 10d:4,298 g/L	B3 10d:0,22 g/L	Γ3 10d:3,069 g/L	Δ3 10d:0,118 g/L

Πίνακας 7: Αποτελέσματα της εξίσωσης

Στις πρώτες δοκιμές vegan μπιφτεκιών (B1-B4) αξιοποιήθηκαν σκόνες μανιταριών που προήλθαν από τα λυοφιλωμένα καρποφόρα σώματα του εμπορίου με στόχο την εύρεση της κατάλληλης σύστασης. Οι αρχικές αυτές συνταγές παρουσίασαν σημαντικά προβλήματα στην συνεκτικότητα και την γεύση, διαλύονταν εύκολα κατά την θερμική επεξεργασία και δεν ανέπτυσαν το επιθυμητό κρεατώδες προφίλ.

Για την βελτίωση της δομής ,στη δεύτερη δοκιμή στις ίδιες συνταγες προστέθηκαν πηγές υδατανθράκων και ινών. Στις συνταγές B1 και B3 χρησιμοποιήθηκαν νιφάδες βρώμης ,ενώ στις B2 και B4 προστέθηκε βρασμένη φάβα ως φυσικός συνδετικός παράγοντας. Η παρέμβαση αυτή βελτίωσε σημαντικά την υφή των μπιφτεκιών, καθιστώντας τα πιο συμπαγή και ομοιογενή. Παράλληλα, παρατηρήθηκε βελτίωση στο χρώμα και στη γεύση των προϊόντων.

Στην επόμενη δοκιμή, ωστόσο, τα δείγματα εμφάνισαν υπερβολικά υψηλή αλατότητα, σε βαθμό που καθιστά το προϊόν μη αποδεκτό γευστικά. Συνεπώς, κρίθηκε απαραίτητη η μείωση της συγκέντρωσης του αλατιού στις επόμενες συνταγές.

Με βάση τα δεδομένα αυτά αναπτύχθηκαν οι τελικές συνταγές B5 και B6. Για την παρασκευή τους χρησιμοποιήθηκαν οι σκόνες των μανιταριών από τις καλλιέργειες υγρής ζύμωσης που επιλέχθηκαν, με εξαίρεση όσες είχαν απορριφθεί λόγω επιμολύνσεων.

Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκαν σκόνες μανιταριών από δύο κωνικές φιάλες:

- Κωνική Α: Καλλιέργεια με υπόστρωμα γλυκόζης. Λόγω ανεπαρκούς παραγόμενης βιομάζας, προστέθηκε συμπληρωματικά σκόνη μανιταριού του εμπορίου ώστε να επιτευχθεί η απαιτούμενη ποσότητα πρώτης ύλης για την παρασκευή της συνταγής.
- Κωνική Β: Καλλιέργεια με υπόστρωμα μελάσας-μαύρης ζάχαρης. Η παραγόμενη σκόνη εμφάνισε πιο σκούρο χρώμα συγκριτικά με εκείνο της κωνικής Α, γεγονός που αποδίδεται στην παρουσία συστατικών της μελάσας.

Κατά την αξιολόγηση των συνταγών παρατηρήθηκαν διαφορές ως προς τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά:

Συνταγή B5: Παρουσίασε την πλέον ισορροπημένη σύσταση. Το τελικό προϊόν εμφάνιζε χαρακτηριστικά «κρεατώδους» γεύσης με μια γλυκιά επίγευση λόγω του υποστρώματος μελάσας αλλά και ταυτόχρονα είχε ικανοποιητική υφή, γεγονός που υποδεικνύει ότι ο συνδυασμός της συγκεκριμένης σκόνης μανιταριού με τα υπόλοιπα συστατικά λειτούργησε ευνοϊκά στη δημιουργία οργανοληπτικού προφίλ που προσομοιάζει ζωικό μπιφτέκι.

Συνταγή B6: Παρουσιάζει υφή και γεύση περισσότερο «ψωμένα», γεγονός που πιθανώς σχετίζεται με διαφοροποιήσεις στις αναλογίες υδροκολλοειδών ή αλεύρων.

ΠΡΩΤΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ (πριν την προσθήκη βρώμης ή φάβας)

Συνταγή	Πηγή μανιταριών	Αποδεκτότητα
B1	Λυοφιλωμένα καρποφόρα σώματα εμπορίου	✗ Μη αποδεκτή
B2	Λυοφιλωμένα καρποφόρα σώματα εμπορίου	✗ Μη αποδεκτή
B3	Λυοφιλωμένα καρποφόρα σώματα εμπορίου	✗ Μη αποδεκτή
B4	Λυοφιλωμένα καρποφόρα σώματα εμπορίου	✗ Μη αποδεκτή

ΔΕΥΤΕΡΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ (μετά την προσθήκη βρώμης ή φάβας)

Συνταγή	Περιγραφή / Παρέμβαση	Πηγή μανιταριών	Αποδεκτότητα
B1	Προσθήκη νιφάδων βρώμης	Λυοφιλωμένα καρποφόρα σώματα εμπορίου	✓ Αποδεκτή
B2	Προσθήκη βρασμένης φάβας	Λυοφιλωμένα καρποφόρα σώματα εμπορίου	✓ Αποδεκτή
B3	Προσθήκη νιφάδων βρώμης	Λυοφιλωμένα καρποφόρα σώματα εμπορίου	✓ Αποδεκτή
B4	Προσθήκη βρασμένης φάβας	Λυοφιλωμένα καρποφόρα σώματα εμπορίου	✓ Αποδεκτή
B5	Τελική συνταγή με σκόνες από υγρή ζύμωση	Μανιτάρια από καλλιέργειες υγρής ζύμωσης	✓ Αποδεκτή
B6	Εναλλακτική σύνθεση με σκόνες από υγρή ζύμωση	Μανιτάρια από καλλιέργειες υγρής ζύμωσης	✓ Αποδεκτή

Πίνακες 8,9: Αποδεκτότητα συνταγών

2.3. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η μελέτη έδειξε ότι το *Pleurotus ostreatus* μπορεί να αξιοποιηθεί με επιτυχία για την παραγωγή καινοτόμων vegan προϊόντων. Από τα αποτελέσματα προέκυψε ότι τα δείγματα στις κωνικές Α και Β ,που εμφάνισαν σταδιακή ανάπτυξη χωρίς προβλήματα ιζημάτων, αποτελούν την πιο κατάλληλη πρώτη ύλη για παραγωγή σταθερής μυκηλιακής βιομάζας. Αντίθετα τα δείγματα Γ και Δ απορρίφθηκαν λόγω μη ομοιογενούς ανάπτυξης και επιτάχυνσης της καθίζησης.

Η χρήση της ξηρής βιομάζας στις πειραματικές συνταγές συνέβαλε στη βελτίωση της θρεπτικής αξίας και της δομής των μπιφτεκιών. Οι αρχικές συνταγές (B1-B4) έδειξαν τις δυσκολίες ως προς τη συνεκτικότητα και την γεύση, ωστόσο οι βελτιώσεις με νιφάδες βρώμης και φάβα οδήγησαν σε σαφώς καλύτερα αποτελέσματα. Οι τελικές συνταγές (B5 και B6), που παρασκευάστηκαν με σκόνες μανιταριών υγρής ζύμωσης, κατέδειξαν την προοπτική εμπορικής αξιοποίησης της μεθόδου.

Η χρήση σκόνης μανιταριών από καλλιέργεια σε μελάσα (Κωνική Β) προσέδωσε πλεονεκτήματα ως προς την εμφάνιση και την ανάπτυξη γεύσης, σε σχέση με τη σκόνη που προήλθε από γλυκόζη (Κωνική Α). Η συνταγή B5 αναδείχθηκε ως η πλέον επιτυχημένη, επιτυγχάνοντας «κρεατώδη» γεύση, βελτιστοποιημένα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και καλή σταθερότητα κατά τη θερμική επεξεργασία. Αντίθετα, η συνταγή B6 εμφάνισε πιο «ψωμένα» υφή, λιγότερο κοντά στο επιθυμητό κρεατώδες προφίλ.

Συνολικά η εργασία αυτή επιβεβαιώνει ότι το ζυμούμενο *Pleurotus ostreatus* αποτελεί σημαντική εναλλακτική πηγή πρωτεΐνης - υποκατάστατο κρέατος για την ανάπτυξη vegan προϊόντων. Η σωστή επιλογή υποστρώματος (στην προκειμένη της μελάσας) και η προσεκτική προσαρμογή των συνταγών αποτελούν τους βασικούς παράγοντες για την επιτυχία. Για το μέλλον προτείνεται η εφαρμογή σε μεγαλύτερη κλίμακα και αξιολόγηση από ομάδα καταναλωτών για την αποτύπωση της αποδοχής των προϊόντων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξένη Βιβλιογραφία

- Adams, M. R., & Moss, M. O. (2008). *Food microbiology* (3rd ed.). RSC Publishing.
- Adebayo-Tayo, B. C., Jonathan, S. G., Popoola, O. O., & Egbomuche, R. C. (2011). Optimization of growth conditions for mycelial yield and exopolysaccharide production by *Pleurotus ostreatus* cultivated in Nigeria. *African Journal of Microbiology Research*, 5(15), 2130–2138. <https://doi.org/10.5897/AJMR11.147>
- Bakratsas, G., Polydera, A., Nilson, O., Kossatz, L., Xiros, C., Katapodis, P., & Stamatis, H. (2023). Single-cell protein production by *Pleurotus ostreatus* in submerged fermentation. *Sustainable Food Technology, Department of Biological Applications and Technologies, University of Ioannina*, 1(3), 377-389.
- Banfi, R., Pohner, Z., Szabo, A., Herczeg, G., Kovacs, G. M., Nagy, A., ... & Vajna, B. (2021). Succession and potential role of bacterial communities during *Pleurotus ostreatus* production. *FEMS Microbiology Ecology*, 97(10), fiab125.
- Bellettini, M. B., Fiorda, F. A., Maieves, H. A., Teixeira, G. L., Ávila, S., Hornung, P. S., Maccari Júnior, A., & Hoffmann Ribani, R. (2016). Factors affecting mushroom *Pleurotus* spp. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 23(4), 629–638. 1079–1087. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2016.12.005>
- Carroll, A. E., & Doherty, T. S. (2019). Meat consumption and health: food for thought. *Annals of internal medicine*, 171(10), 767-768.
- Fehér, A., Gazdecki, M., Véha, M., Szakály, M., & Szakály, Z. (2020). A Comprehensive Review of the Benefits of and the Barriers to the Switch to a Plant-Based Diet. *Sustainability*, 12(10).
- Finnigan, T. J., Wall, B. T., Wilde, P. J., Stephens, F. B., Taylor, S. L., & Freedman, M.
- R. (2019). Mycoprotein: the future of nutritious nonmeat protein, a symposium review. *Current developments in nutrition*, 3(6), nzz021.
- Hoa, HT, & Wang, CL (2015) Οι επιδράσεις της θερμοκρασίας και των θρεπτικών συνθηκών στην ανάπτυξη μυκηλίου δύο μανιταριών στρειδιών (*Pleurotus ostreatus* και

Pleurotus cystidiosus). *Mycobiology*, 43 (1), 14-23.

- Houette, T., Maurer, C., Niewiarowski, R., & Gruber, P. (2022). Growth and mechanical characterization of mycelium-based composites towards future bioremediation and food production in the material manufacturing cycle. *Biomimetics*, 7(3), 103. <https://doi.org/10.3390/biomimetics7030103>
- Jay, J. M. (2000). *Modern food microbiology* (6th ed.). Aspen Publishers.
- Larsson, C. L., & Johansson, G. K. (2002). Dietary intake and nutritional status of young vegans and omnivores in Sweden. *The American journal of clinical nutrition*, 76(1).
- Li, Y., & Shah, F. (2016). Αποδόμηση λιγνίνης από μύκητες λευκής σήψης: Μηχανισμοί και εφαρμογές. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 100(13), 5679–5690. <https://doi.org/10.1007/s00253-016-7491-6>
- Machado, L., Silva, J., & Pereira, A. (2016). Συγκριτική λιγνολυτική δραστηριότητα ειδών *Pleurotus*. *Journal of Biotechnology*, 237, 45–52. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2016.04.005>
- Marrone, G., Guerriero, C., Palazzetti, D., Lido, P., Marolla, A., Di Daniele, F., & Noce, A. (2021). Vegan diet health benefits in metabolic syndrome. *Nutrients*, 13(3), 817.
- Obodai, M., Cleland-Okine, J., & Vowotor, K. A. (2003). Comparative study on the growth and yield of *Pleurotus ostreatus* mushroom on different lignocellulosic by-products. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 30(3), 146-149.
- Olivieri, G., Pagliaro, L., & Sormani, M. (2006). Ενζυματική αποδόμηση λιγνοκυτταρινών από *Pleurotus* spp. *Bioresource Technology*, 97(8), 1155–1161. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.12.023>
- Pérez-Martínez, A. S., Acevedo-Padilla, S. A., Bibbins-Martínez, M., Galván-Alonso, J., & Rosales-Mendoza, S. (2015). A perspective on the use of *Pleurotus* for the development of convenient fungi-made oral subunit vaccines. *Vaccine*, 33(1), 25-33.
- Rajarathnam, S., Bano, Z., & Miles, P. G. (1987). *Pleurotus* mushrooms. Part I A. morphology, life cycle, taxonomy, breeding, and cultivation. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, 26(2), 157-223.
- Raman, J., Jang, K.-Y., Oh, Y.-L., Oh, M., Im, J.-H., Lakshmanan, H., & Sabaratnam,

- V. (2020). *Cultivation and nutritional value of prominent Pleurotus spp.: An overview. Mycobiology*, 49(1), 1-14. <https://doi.org/10.1080/12298093.2020.1835142>
- Sánchez, C. (2010). Cultivation of *Pleurotus ostreatus* and other edible mushrooms. *Applied microbiology and biotechnology*, 85, 1321-1337.
- Savoie, J., Ζέρβας, K., & Bouchard, M. (2007). Καλλιέργεια *Pleurotus* σε μη κομποστοποιημένα λιγνοκυτταρινικά υποστρώματα. *Industrial Crops and Products*, 26(2), 145–152. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2006.12.004>
- Sharma, R., Singh, P., & Gupta, V. (2021). Μορφολογία και κύκλος ζωής των *Pleurotus* spp. *Fungal Biology Reviews*, 35(3), 215–229. <https://doi.org/10.1016/j.fbr.2021.03.004>
- Sung, J. M., Moon, H. W., & Park, D. S. (1999). Growth condition of liquid culture by *Pleurotus ostreatus*. *The Korean Journal of Mycology*, 27(1), 1-9.
- Sung, J. M., Moon, H. W., & Park, D. S. (1999). Influence of environmental conditions on the growth of *Pleurotus ostreatus* in sand. *Mycobiology*, 27(1), 1–5. <https://doi.org/10.4489/MYCO.1999.27.1.1>
- Törös, G., El-Ramady, H., & Prokisch, J. (2022). Edible mushroom of *Pleurotus* spp.: A case study of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus* L.). *Environmental Biodiversity and Soil Security*, 6, 51–59. <https://doi.org/10.21608/jenvbs.2022.117554.1161>
- Tsujiyama, S., & Ueno, K. (2013). Αποδόμηση λιγνοκυτταρινών από μύκητες λευκής σήψης: Μια επισκόπηση. *Journal of Forestry Research*, 24(2), 195–204. <https://doi.org/10.1007/s11676-012-0199-8>
- Vieira, F. R., Pecchia, J. A., Segato, F., & Polikarpov, I. (2019). Exploring oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) substrate preparation by varying phase I composting time: changes in bacterial communities and physicochemical composition of biomass impacting mushroom yields. *Journal of Applied Microbiology*, 126(3), 931-944.
- Wang, T., Masedunskas, A., Willett, W. C., & Fontana, L. (2023). Vegetarian and vegan diets: benefits and drawbacks. *European heart journal*, 44(36), 3423-3439.
- White, S. K., Ballantine, P. W., & Ozanne, L. K. (2022). Consumer adoption of plant-based meat substitutes: A network of social practices. *Appetite*, 175, 106037.

- Winston J. Craig, (2009) “Health effects of vegan diets”, The American Journal of Clinical Nutrition”, Volume 89
- Zadrazil, F. (1975). Influence of carbon dioxide on the fruiting of *Pleurotus ostreatus*. European Journal of Applied Microbiology and Biotechnology, 1, 327–335.
- Zadrazil, F. (1978). Cultivation of *Pleurotus*. In S. T. Chang & W. A. Hayes (Eds.), The Biology and Cultivation of Edible Mushrooms (pp. 621–655). Academic Press.
- Zapaśnik, A., Bryła, M., Sokołowska, B., & Waśkiewicz, A. (2024). *Pleurotus spp.— An effective way in degradation mycotoxins? A comprehensive review. Mycotoxin Research*, 41(1), 1–13. <https://doi.org/10.1007/s12550-024-00572-z>

Ελληνική Βιβλιογραφία

- Αραμπατζή, Σ. Διαχείριση αγρο κτηνοτροφικών αποβλήτων και επικίνδυνων - επιβλαβών χημικών ουσιών στο περιβάλλον. αγελαδοκτηνοτροφική μονάδα επεξεργασίας αποβλήτων στο λαγκάδα θες/κης.
- Βαρδάκα, Ε. (2017). Παραγωγή βιομάζας βασιδιομυκήτων σε βιοαντιδραστήρα διαλείποντος έργου και απομόνωση βιοδραστικών ουσιών.
- Γκουτσίδης, Δ. (2023). *Μελέτη περίπτωσης vegan προϊόντων και τροφίμων που βασίζονται σε φυτικές πρωτεΐνες* (Master's thesis, Πανεπιστήμιο Πειραιώς).
- Ευστρατιάδου, Μ. Α. (2009). *Μελέτη του εδώδιμου μακρομύκητα Pleurotus ostreatus, γνωστός για τις φαρμακευτικές του ιδιότητες, σε βυθισμένες καλλιέργειες*, Σχολή Χημικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- Ζαΐρη, Ζ. Ε. (2024). Διερεύνηση βιωσιμότητας επιχειρηματικού εγχειρήματος εμπορίας συνδυασμού Gluten Free & Vegan τροφίμων.
- Ζερβάκης Ι.Γ. (1998). Εισαγωγή στη μυκητολογία και στοιχεία καλλιέργειας εδώδιμων μανιταριών. Σημειώσεις ΤΕΙ Καλαμάτας. Καλαμάτα.
- Ζερβάκης, Γ. (1998). Καλλιέργεια εδώδιμων μανιταριών. Εκδόσεις ΕΛΚΕΠΑ.
- Κελτεμλίδης, Α. (1990). Aftia: Εκλεκτά μανιτάρια *Pleurotus* της Πελοποννήσου (Αδη-

μοσίευτο χειρόγραφο).

- Μυλωνά, Γ. (2015). Επεξεργασία παραπροϊόντων ελαιοτριβείων με είδη εδώδιμωνμανιταριών, ΤΕΙ Καλαμάτας.
- Νυχάς, Γ.Ι. (έτος). *Σημειώσεις στη Μικροβιολογία Τροφίμων*. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Πλιάτσικα, Μ. (2011). *Τα μανιτάρια* [Πτυχιακή εργασία], ΤΕΙ Δυτικής Μακεδονίας.
- Ρήγος, Ε.-Μ. Ε. (2023). *Μελέτη και αριστοποίηση της διεργασίας παραγωγής βιοαερίου από στερεά παραπροϊόντα και απόβλητα της καλλιέργειας εδώδιμων μανιταριών* [Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών] <http://dspace.aua.gr/xmlui/bitstream/handle/10329/7772/Rigos%20EM.pdf?sequence=3>
- Τράσιας, Χ. (2023). *Εναλλακτικές πηγές πρωτεΐνης που συνεισφέρουν σε μια βιώσιμη διατροφή* [Πτυχιακή εργασία, Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής].
- Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, Γενική Διεύθυνση Φυτικής Παραγωγής, Διεύθυνση Παραγωγής, Αξιοποίησης Προϊόντων Δενδροκηπευτικής. (2014, Μαΐου 16). *Μανιτάρια* [Έντυπο φυλλάδιο].
- Φιλιπούσης, Α., Βασιλάκος, Ι., & Παπανικολάου, Κ. (2001). Μύκητες λευκής σήψης στην αποδόμηση λιγνίνης: Μια ανασκόπηση. *Mycological Research*, 105(12), 1325–1334. <https://doi.org/10.1017/S0953756201001849>

ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

- <https://www.isofruit.gr/manitaria-mushrooms/>
- <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9C%CE%B1%CE%BD%CE%B9%CF%84%CE%AC%CF%81%CE%B9>
- <https://www.mike-fermenter.com/el/news/the-difference-between-solid-fermentation-and-liquid-fermentation-and-the-requirement-of-fermenter/>
- <https://veganbusinesstribe.com/how-do-you-get-vegan-certified/>
- <https://olivesfordinner.com/mushroom-meat/>
- <https://ars.els-cdn.com/content/image/1-s2.0-S0264410X14014492-gr1.jpg>
- <https://www.quornnutrition.com/mycoprotein/sustainable-nutrition>
- <https://www.theguardian.com/lifeandstyle/2018/feb/12/quorn-revolution-rise-ultra-processed-fake-meat>
- <https://www.foodnavigator.com/Article/2002/05/02/Quorn-a-fungus-a-mushroom-a-mycoprotein/>
- <https://www.statista.com/statistics/1263270/survey-reasons-for-being-vegan-in-europe/>