



ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

## ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Οι επιδράσεις των τρουφών στην ανθρώπινη υγεία.**



ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : κος ΛΑΠΙΔΑΚΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΦΟΙΤΗΤΡΙΑ : ΑΡΒΑΝΙΤΗ ΜΑΡΙΑ-ΘΗΡΕΣΙΑ (ΑΜ1961)

ΣΗΤΕΙΑ ΚΡΗΤΗΣ



HELLENIC MEDITERRANEAN UNIVERSITY

THESIS

**The effects of truffles in human health.**

---



Advisor: Mr. Lapidakis Nick

Student: Arvaniti Maria-Thiresia(AM1961)

SITIA,CRETE

## Περίληψη

Οι τρούφες είναι ένας είδος μανιταριών, που αναπτύσσονται κάτω από το έδαφος, με υψηλή εμπορική αξία και ιδιαίτερη θέση στη γαστρονομία, λόγω του έντονου αρώματός τους και της ευχάριστης γεύσης τους. Παράλληλα, οι τρούφες παρουσιάζουν πολλές επιπλέον ιδιότητες που θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν για την πρόληψη ή την αντιμετώπιση διάφορων ασθενειών στον άνθρωπο. Βασικός σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η διερεύνηση της επίδρασης των τρούφων στην ανθρώπινη υγεία. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, πολλές τρούφες έχουν υψηλή διατροφική αξία, λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς τους σε πρωτεΐνες και υδατάνθρακες, και της χαμηλής περιεκτικότητάς τους σε λίπος. Επιπλέον, πολλές τρούφες παρουσιάζουν υψηλή αντιοξειδωτική, αντιβακτηριακή, και αντικαρκινική δράση, και θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την πρόληψη ασθενειών που σχετίζονται με το οξειδωτικό στρες, την αντιμετώπιση μολύνσεων που προκαλούνται από συγκεκριμένα βακτήρια, και για την πρόληψη του καρκίνου. Ωστόσο, παρά τα ήδη υπάρχοντα ευρήματα, χρειάζεται η διεξαγωγή περισσότερων σχετικών μελετών, προκειμένου να αποδειχθεί εάν πράγματι οι τρούφες μπορούν να αξιοποιηθούν ως θεραπευτικό μέσο για την προαγωγή της ανθρώπινης υγείας και την αντιμετώπιση ασθενειών.

Λέξεις – Κλειδιά: τρούφες, ανθρώπινη υγεία, διατροφική αξία, αντιοξειδωτική δράση, αντιβακτηριακή δράση

## **Abstract**

Truffles are a mushroom-like species, which are grown under the ground with high commercial value and a unique place in gastronomy, due to their rife flavor and their pleasant taste. At the same time, the truffles exhibit also additional properties which they could be used to prevent or confront different human diseases. The main purpose of this thesis was the investigation of truffles' effect in human health. According to results, many truffles possess high nutritional value, due to their high concentration in proteins and carbohydrates and their low content in fat. In additional, many truffles exhibit high antioxidant, antimicrobial and anti-tumor activity and they could be used to prevent oxidative stress associated diseases, to confront bacterial infections and to prevent cancer. That said, despite the current findings, the conduction of relevant studies are needed in order to confirm if truffles may be used as therapeutic agent for human's health improvement and diseases' treatment.

*Key-words:* truffles, human health, nutritional value, antioxidant activity, antibacterial activity

## Περιεχόμενα

Περίληψη .....	3
Εισαγωγή .....	6
Θεωρητικό Μέρος.....	8
Κεφάλαιο 1 .....	8
1.1 Ιστορική Αναδρομή .....	8
1.2 Κύκλος ζωής τρουφών και Γεωγραφική Κατανομή.....	9
1.3 Χαρακτηριστικά τρουφών .....	10
1.4 Καλλιέργεια τρουφών.....	11
1.5 Κυνήγι άγριων τρουφών .....	12
Κεφάλαιο 2 .....	14
2.1 Τρούφες της Ερήμου.....	14
2.2 <i>Tuber melanosporum</i> .....	16
2.3 <i>Tuber rufum</i> .....	17
2.4 <i>Tuber aestivum</i> .....	18
Κεφάλαιο 3 .....	20
3.1 Εμπορική Αξία Τρουφών.....	20
3.2 Τρούφες και Τροφή .....	20
3.3 Ιδιότητες τρουφών .....	21
3.4 Τρούφες και Αντιοξειδωτική δράση.....	22
3.5 Τρούφες και Ιατρική Αξία .....	22
Ειδικό Μέρος .....	24
Σκοπός και Επιμέρους Στόχοι.....	24
Μεθοδολογία.....	25
Κριτήρια Συμπερίληψης .....	25
Κριτήρια Αποκλεισμού.....	26
Αποτελέσματα.....	29
Διατροφική Αξία τρουφών.....	29
Διατροφική Αξία και Αντιοξειδωτική Δράση.....	34
Αντικαρκινικές και αντιοξειδωτικές ιδιότητες τρουφών .....	43
Αντιμικροβιακή Δράση Τρουφών.....	46
Η χρήση των τρουφών ως φάρμακο .....	52
Ηπατοπροστατευτική δράση τρουφών .....	53
Συζήτηση - Συμπεράσματα.....	56
Βιβλιογραφία .....	59

## Εισαγωγή

Οι τρούφες αποτελούν μια υποκατηγορία μανιταριών, που αναπτύσσονται υπογείως και παρουσιάζουν διαφορετικά χημικά χαρακτηριστικά που τις κάνουν εύκολα διακριτές από τα μανιτάρια (Vahdani *et al*, 2017). Σήμερα, η τρούφα αποτελεί ένα ιδιαίτερα πολύτιμο και ακριβό είδος, λόγω των πολλαπλών ιδιοτήτων που διαθέτει και της χρήσης της στην γαστρονομία.

Η τρούφα είναι μία από τις πιο παλιές μορφές τροφής, που προτιμάται λόγω της ευχάριστης γεύσης της και του έντονου αρώματός της, και έχει αξιοποιηθεί πολλές φορές ως υποκατάστατο κρέατος (Dahham *et al*, 2018). Οι δύο τρούφες που αξιοποιούνται ως επί το πλείστον στη γαστρονομία είναι η μαύρη και η λευκή τρούφα. Σήμερα, οι τρούφες θεωρούνται αναπόσπαστο στοιχείο της gourmet κουζίνας, και πολλές φορές χαρακτηρίζεται ως «το διαμάντι της κουζίνας» ή ο «υπόγειος χρυσός». Μπορούν να συμπεριληφθούν σε πολλά δημοφιλή πιάτα, όπως είναι η πίτσα, τα ζυμαρικά, οι μαρμελάδες, τα λάδια, το ριζότο, τα μπισκότα και η ομελέτα. Παράλληλα, συχνά οι τρούφες επεξεργάζονται και προκύπτουν από αυτές αρωματισμένες με εκείνες παρασκευές, όπως το λάδι τρούφας, το βαλσάμικο ξύδι, και η βότκα με τρούφα. Δεδομένης, λοιπόν, της αξίας της τρούφας στη γαστρονομία, η συγκεκριμένη ομάδα μανιταριών έχουν πολύ υψηλή οικονομική αξία, και αναμφισβήτητα είναι τα πιο ακριβά μανιτάρια στον κόσμο (Ustun *et al*, 2018).

Εκτός, όμως, από την ευχάριστη γεύση των τρουφών και την αξία τους στην υψηλή γαστρονομία, οι τρούφες έχουν αποδειχθεί οργανισμοί με πολλές χρήσιμες ιδιότητες. Συγκεκριμένα, πρόσφατες μελέτες έχουν δείξει πως οι τρούφες διαθέτουν βιοδραστικές ενώσεις που παρουσιάζουν αντιμικροβιακές, αντιοξειδωτικές, αντικαρκινικές και αντιφλεγμονώδεις δράσεις (Pattanayak *et al*, 2017). Για το λόγο αυτό, έχουν διεξαχθεί πολυάριθμες μελέτες μέχρι σήμερα που διερευνούν τις επιμέρους ιδιότητες των τρουφών, και της κάθε τρούφας ξεχωριστά, αφού δεν έχουν όλες οι τρούφες τα ίδια χαρακτηριστικά και τις ίδιες δράσεις. Απώτερος σκοπός όλων αυτών των μελετών είναι η επιβεβαίωση της υψηλής διατροφικής αξίας, καθώς και των αντιμικροβιακών, αντικαρκινικών, αντιοξειδωτικών, και αντιφλεγμονωδών δράσεων των τρουφών, και η εύρεση τρόπων αξιοποίησης των τρουφών για την βελτίωση της ανθρώπινης υγείας και τη θεραπεία διάφορων ασθενειών, όπως είναι ο καρκίνος και οι λοιμώξεις από συγκεκριμένα βακτήρια.

Στο πλαίσιο αυτό, βασικός σκοπός της παρούσας συστηματικής ανασκόπησης είναι η διερεύνηση της επίδρασης των τροφών στην ανθρώπινη υγεία, και συγκεκριμένα, η διερεύνηση της διατροφικής αξίας, των αντιοξειδωτικών ιδιοτήτων, των αντιφλεγμονωδών ιδιοτήτων, των αντικαρκινικών ιδιοτήτων, και των αντιμικροβιακών ιδιοτήτων των τροφών. Αρχικά, στο θεωρητικό μέρος, παρουσιάζονται 3 κεφάλαια, όπου παρουσιάζονται τα βασικά χαρακτηριστικά των τροφών (κεφάλαιο 1), τα πιο συχνά είδη τροφής (κεφάλαιο 2), και οι ιδιότητες και τρόποι χρήσης των τροφών σήμερα (κεφάλαιο 3). Ακολούθως, στο ειδικό μέρος, παρουσιάζονται ο σκοπός, η μεθοδολογία, τα αποτελέσματα της έρευνας και η συζήτηση των ευρημάτων των μελετών που βρέθηκαν και αναλύθηκαν στα αποτελέσματα.

## Θεωρητικό Μέρος

### Κεφάλαιο 1

Οι τρούφες είναι μια πολύπλοκη οικογένεια μυκητιακών υπόγειων οργανισμών που ανήκουν στην ομάδα των μανιταριών και περιλαμβάνουν είδη των γενών *Tuber*, *Picoa*, *Terfezia* και *Tirmania* (Hamza *et al*, 2016; Pacioni *et al*, 2015; Yan *et al*, 2017). Σε σύγκριση με τα κοινά μανιτάρια που καταναλώνονται στην καθημερινότητα, οι τρούφες παρουσιάζουν διαφορετικά χημικά χαρακτηριστικά που τις κάνουν εύκολα διακριτές από τα μανιτάρια (Vahdani *et al*, 2017). Σε αντίθεση με τα μανιτάρια που είναι ορατά με γυμνό μάτι, καθώς αναπτύσσονται πάνω από το έδαφος, οι τρούφες αναπτύσσονται σε βάθος περίπου 5 έως 10 εκατοστά κάτω από την επιφάνεια της γης (Enshasy *et al*, 2013).

Οι τρούφες δεν έχουν μίσχο ούτε κάτω τμήμα κυπέλλου με ξυλώδη, πυκνά και σκληρά χαρακτηριστικά. Το όνομα «τρούφα» προήλθε από την λέξη “Terfass”, η οποία στα αραβικά περιγράφει τους υπόγειους μύκητες της ερήμου. Παράλληλα, σε άλλα μέρη, όπως στην Αραβική Χερσόνησο και τη Βόρεια Αφρική, οι τρούφες ενδέχεται να είναι γνωστές και με άλλες ονομασίες, όπως οι ονομασίες “Al - Fag’a” και “Al - Kamaa” (Enshasy *et al*, 2013).

#### 1.1 Ιστορική Αναδρομή

Οι μακρομύκητες της ερήμου, σε μορφή τρουφών και μανιταριών, έχουν αξιοποιηθεί από τις αρχές ήδη της εμφάνισης του πολιτισμού ως φαγητό και ως θεραπευτικό μέσο. Αρχικά, οι συγκεκριμένοι οργανισμοί είχαν συνδεθεί με την περιοχή της Μεσογείου και είχαν καταγραφεί σε ποιήματα στους αιγυπτιακούς ναούς. Στους πολιτισμούς εκείνους, μάλιστα, τα μανιτάρια και οι τρούφες θεωρούνταν πηγές τροφής και θεραπείας μόνο για τη βασιλική οικογένεια, και όχι για τους πολίτες. Αργότερα, στις εποχές του ελληνικού και ρωμαϊκού πολιτισμού, τα είδη αυτά εισάγονταν από την Λιβύη και πωλούνταν στο βόρειο τμήμα της Ευρώπης. Παράλληλα, οι τρούφες χρησιμοποιούνται εδώ και χιλιετίες από τους νομαδικούς πληθυσμούς της ερήμου Kalahari (Enshasy *et al*, 2013).



Η καλλιέργεια των τρουφών ξεκίνησε για πρώτη φορά το 1793 από τον J. Talon, ενώ η σύνδεση μεταξύ των τρουφών και των δέντρων κατανοήθηκε σε μεγαλύτερο βαθμό ύστερα από την πρώτη περιγραφή της εκτομυκόρριζας το 1889 από τον Frank. Ο συγκεκριμένος ερευνητής περιέγραψε την εκτομυκόρριζα που σχημάτιζε η τρούφα *T. aestivum* και υπέθεσε τη λειτουργία των συμβιωτικών αυτών δομών. Με αυτόν τον τρόπο, στα τέλη του 19<sup>ου</sup> αιώνα, ξεκίνησε η «χρυσή εποχή» της τρούφας (Payen *et al*, 2014).

Ωστόσο, από την εποχή εκείνη έως σήμερα, κατά περιόδους, έχει παρατηρηθεί σημαντική μείωση της παραγωγής των άγριων τρουφών, σε διάφορες χώρες. Για παράδειγμα, κατά τη δεκαετία 1970 έως 1980 στην Ισπανία, παρατηρήθηκε μια απότομη πτώση στην παραγωγή της άγριας τρούφας (Payen *et al*, 2014). Σύμφωνα με τους ειδικούς, οι κυριότεροι παράγοντες που οδήγησαν στην πτώση αυτή της παραγωγής της άγριας τρούφας ήταν η κλιματική αλλαγή, η υπερβολική εκμετάλλευσή της τα προηγούμενα χρόνια και η επιδείνωση του οικοτόπου τους (Garcia – Barreda *et al*, 2018). Επιπλέον, κατά τον 20<sup>ο</sup> αιώνα, η παραγωγή της τρούφας στη Γαλλία μειώθηκε από περισσότερους από 1000 τόνους σε λιγότερο από 100 τόνους. Η μείωση αυτή της παραγωγής της τρούφας αποδόθηκε και πάλι σε πολλαπλά αίτια, όπως η μείωση της επιφάνειας της γης όπου καλλιεργούνταν οι τρούφες, λόγω της πρώτης απερίμωσης της υπαίθρου, η κλιματική αλλαγή και η διαθεσιμότητα νερού (Buntgen *et al*, 2012; Payen *et al*, 2014).

## 1.2 Κύκλος ζωής τρουφών και Γεωγραφική Κατανομή

Ο κύκλος ζωής των τρουφών είναι αρκετά πολύπλοκος. Η πρώτη φάση της ανάπτυξης περιλαμβάνει την ανάπτυξη ως νηματοειδές μυκήλιο, στη δεύτερη φάση πραγματοποιείται συμβιωτική συσχέτιση των μυκητιακών υφών με τη ρίζα του ξενιστή (εκτομυκόρριζα), και τελικά, οργανώνεται ένα υπόγειο σώμα καρπού, με ασκούς και ασκοσπόρια. Ο συγκεκριμένος κύκλος ζωής φαίνεται πως επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό και από τα βακτήρια που βρίσκονται τόσο στη μυκοριζόσφαιρα όσο και στους καρπούς των διάφορων ειδών τρούφας (Saltarelli *et al*, 2008). Σύμφωνα με ειδικές μικροβιολογικές μελέτες που επιχείρησαν τον χαρακτηριστικό των βακτηριακών πληθυσμών των τρουφών, τα κυριότερα βακτήρια που βρέθηκαν είναι

τα βακτήρια που σχηματίζουν τα αερόβια σπόρια, οι ψευδομονάδες, τα ριζοβιακά βακτήρια και οι ακτινομύκητες (Barbieri *et al*, 2007; Saltarelli *et al*, 2008).

Τα διάφορα είδη των τρουφών κατέχουν κοινά οικολογικά χαρακτηριστικά, όπως είναι η ανάγκη για ασβεστούχο έδαφος, και το μεγάλο εύρος φυτικών ειδών που θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν ως ξενιστές, αλλά διαφέρουν σημαντικά ως προς τη γεωγραφική τους κατανομή (Saltarelli *et al*, 2008). Η γεωγραφική κατανομή των τρουφών περιορίζεται σε άγονες και ημι – άνυδρες εκτάσεις, κυρίως σε χώρες γύρω από τη Μεσόγειο. Παράλληλα, ορισμένα είδη τρουφών έχουν βρεθεί στη Νότιο Αφρική, στην Κίνα, Στην Ιαπωνία και στη Βόρεια Αμερική (Hamza *et al*, 2016). Το γένος *Tuber* περιέχει πολυάριθμα είδη και είναι ευρέως κατανεμημένο σε διάφορες εύκρατες περιοχές του βόρειου ημισφαιρίου (Berch & Bonito, 2016). Στην Ευρώπη βρίσκονται συχνά οι τρούφες *Tuber aestivum* Vittad. *Tuber borchii* Vittad, στην Ισπανία, τη Γαλλία και την Ιταλία, συλλέγονται κυρίως τρούφες του είδους *Tuber melanosporum*, ενώ στη Ουγγαρία, στη Σλοβενία και στην Κροατία, εντοπίζονται, σε περιορισμένες ποσότητες, οι τρούφες *Tuber magnatum* Pico (Saltarelli *et al*, 2008).

### 1.3 Χαρακτηριστικά τρουφών

Ταξινομικά, οι τρούφες είναι υπόγειοι ασκομύκητες που ανήκουν στο γένος *Tuber*, στην οικογένεια *Tuberaceae*, και στην τάξη *Pezizales*, ενώ, παράλληλα, διανέμονται στις ακόλουθες 6 επιμέρους οικογένειες της τάξης *Pezizales* (Ustun *et al*, 2018):

- *Tuberaceae*
- *Pyronemataceae*
- *Helvellaceae*
- *Discinaceae* – *Morchellaceae*
- *Pezizaceae*
- *Glaziellaceae*

Οι τρούφες γενικά δεν έχουν εύθραυστα και μαλακά χαρακτηριστικά, αλλά όταν ωριμάσουν, έχουν την τάση να είναι πιο σταθερές και συμπαγείς (Vahdani *et al*, 2017). Οι τρούφες που ζουν σε μικροαερόβια ενδιαιτήματα αναμένονται να επιδεικνύουν φυσιολογικές, μορφολογικές και βιοχημικές προσαρμογές σε ένα περιβάλλον φτωχό σε οξυγόνο, όπως είναι εκείνο που βρίσκεται σε υπόγειες συνθήκες (Dundar *et al*, 2012). Όλα τα είδη τρουφών έχουν κοινά οικολογικά

χαρακτηριστικά, όπως το μεγάλο εύρος των ειδών ξενιστών που μπορούν να έχουν, συμπεριλαμβανομένων των λευκών, των δρυών, των ιτιών και των φουντουκιών, και η ανάγκη για ασβεστολιθικά εδάφη, με pH μεταξύ του 7 και του 8. Εξαιρέση αποτελεί το είδος *Tuber borchii*, το οποίο μπορεί να ανεχτεί ελαφρώς όξινα εδάφη (Naroli *et al*, 2010).

## 1.4 Καλλιέργεια τρουφών

Οι τρούφες ζουν σε μυκορριζική συμβίωση, κυρίως με διάφορα ξυλώδη φυτά, προκειμένου να ολοκληρώσουν τον σύνθετο κύκλο της ζωής τους, και μπορεί να καλλιεργηθεί μέσω της καλλιέργειας κατάλληλων δέντρων που αναπτύσσουν μυκόρριζα (Pacioni *et al*, 2014; Saltarelli *et al*, 2008). Η παρουσία φυτών ξενιστών της μυκόρριζας, η θερμοκρασία, η καταλληλότητα του εδάφους και η υγρασία είναι γενικά οι πιο βασικοί παράγοντες που συμβάλουν στην παραγωγή της τρούφας (Pacioni *et al*, 2014).

Τα διάφορα είδη τρουφών αναπτύσσονται σε διαφορετικές περιοχές ανάλογα με τα χαρακτηριστικά και τις ανάγκες τους, και η ποσότητα των τρουφών ποικίλλει από εποχή σε εποχή, ανάλογα με την ποσότητα των βροχοπτώσεων (Dahham *et al*, 2018). Επίσης, ο διασκορπισμός των σπόρων τους, και συνεπώς, η ανάπτυξη νέων τρουφών εξαρτάται από τη διατροφή των ζώων (Pacioni *et al*, 2015).

Παράλληλα, όπως συμβαίνει στην περίπτωση πολλών βασιδιομυκήτων και ασκομυκήτων, πολύ σημαντική για τις τρούφες είναι και η σύνθεση της μελανίνης καθώς εμπλέκεται στην αναπαραγωγική τους διαδικασία και στην ανάπτυξη του σώματός τους. Ειδικά στις λευκές και μαύρες τρούφες, η έκφραση της τυροσινάσης και η σύνθεση της μελανίνης σχετίζεται ισχυρά με την αναπαραγωγική διαφοροποίηση (Pacioni *et al*, 2015).

Όπως και άλλοι μυκορριζιτικοί, συμβιωτικοί μύκητες διάφορων ειδών φυτών, έτσι και οι τρούφες ανταλλάσσουν με τον ξενιστή τους ιόντα, μεταλλικά άλατα και μεταβολίτες. Αυτές οι προσαρμογές ελέγχονται σε μεγάλο βαθμό από διάφορους περιβαλλοντικούς παράγοντες, όπως η εποχή των βροχών, η ποσότητα και ο χρόνος των βροχοπτώσεων, η διαθεσιμότητα νερού, τα χαρακτηριστικά και οι τύποι του εδάφους, και οι κλιματολογικές συνθήκες (Dundar *et al*, 2012).

## 1.5 Κυνήγι άγριων τρούφων

Στο σημείο αυτό, θα πρέπει να σημειωθεί πως εκτός από τις τρούφες που καλλιεργούνται, υπάρχουν και ορισμένα είδη τρούφων, όπως είναι οι γαστρονομικές τρούφες της Βόρειας Αμερικής “*Tuber oregonense* Trappe” και “*Tuber gibbosum* Harkn”, οι οποίες δεν μπορούν να καλλιεργηθούν και η παραγωγή τους βασίζεται αποκλειστικά στη συλλογή των άγριων τρούφων (Berch & Bonito, 2016).

Οι τρούφες συνήθως συλλέγονται από εξειδικευμένα άτομα που έχουν ειδικές γνώσεις, ικανότητες και εμπειρία στην εξερεύνηση του συγκεκριμένου τύπου χλωρίδας. Μερικές φορές, οι συλλέκτες τρούφων χρησιμοποιούν ορισμένα ζώα, όπως σκύλους και χοίρους, για να ανακαλύψουν τις τρούφες, λόγω της υψηλής ευαισθησίας των ζώων αυτών στις χαρακτηριστικές πτητικές ενώσεις της τρούφας (Enshasy *et al*, 2013). Τα σκυλιά γενικά προτιμώνται από τους χοίρους, διότι δεν τρώνε τις τρούφες όπως συμβαίνει στην περίπτωση των χοίρων (Ustun *et al*, 2018).



Εικόνα 1 Κυνήγι τρούφας με τη βοήθεια σκύλου  
([https://www.planfor.es/Donnees\\_Site/Conseil/HTML/harvesting-the-truffle.html](https://www.planfor.es/Donnees_Site/Conseil/HTML/harvesting-the-truffle.html)).

Ανάλογα με το είδος της τρούφας, το κυνήγι πραγματοποιείται σε διαφορετική χρονική περίοδο. Συγκεκριμένα, όσον αφορά στις λευκές τρούφες, εκείνες αναζητώνται από τα μέσα Οκτωβρίου μέχρι τα τέλη Δεκεμβρίου ή τα τέλη Ιανουαρίου, στην περίπτωση του *T. magnatum*, και κατά τη διάρκεια του χειμώνα και

των αρχών της άνοιξης για την τρούφα *T. borchii*. Αντίθετα, οι μαύρες τρούφες αναζητούνται και συλλέγονται μεταξύ του τέλους του Νοεμβρίου και των αρχών του Μαρτίου για το *T. melanosporum*, και κατά τον Σεπτέμβριο, στα τέλη Δεκεμβρίου ή στα τέλη Ιανουαρίου για την τρούφα *T. Aestivum* (Ustun *et al*, 2018).

Σε ορισμένες χώρες της Ευρώπης, ιδίως στην Ιταλία και στη Γαλλία, οργανώνεται ετησίως κυνήγι τρούφας. Οι εκδρομές για το κυνήγι τρούφας οργανώνονται τόσο σε επαγγελματικό επίπεδο όσο και για τους τουρίστες, και στις ευρωπαϊκές χώρες αλλά και γενικά σε όλον τον κόσμο (Ustun *et al*, 2018).

Ακόμα και όταν βρεθεί η τροφή, η γνώση του εάν έχει αναπτυχθεί και ωριμάσει η τρούφα, προκειμένου να πραγματοποιηθεί η συγκομιδή της, είναι πολύ σημαντική και δεν θα πρέπει να γίνεται τυχαία. Για το λόγο αυτό, θα πρέπει να αξιοποιούνται συγκεκριμένες μέθοδοι αξιολόγησης των τρουφών. Για παράδειγμα, τυπικά συστατικά της βιοχημικής σύνθεσης των τρουφών είναι ο σίδηρος, το ασβέστιο, η μελανίνη, και η ραμνόζη, και τα στοιχεία αυτά μπορούν να αξιοποιηθούν και ως δείκτες της ανάπτυξης και της ωριμότητας των τρουφών (Pacioni *et al*, 2015).

## Κεφάλαιο 2

### 2.1 Τρούφες της Ερήμου

Γενικά, δεν είναι όλες οι τρούφες σε θέση να αναπτυχθούν στις περιβαλλοντικές συνθήκες της ερήμου. Ως εκ τούτου, ο όρος «τρούφες της ερήμου» σχετίζεται με τη φύση και τη διανομή των ειδών που μπορούν να αναπτυχθούν σε άνυδρες ή ημιάνυδρες συνθήκες (Enshasy *et al*, 2013). Γενικά, η ανάπτυξή τους απαιτεί ένα ετήσιο εύρος βροχόπτωσης μεταξύ 50 και 380 mm (Enshasy *et al*, 2013). Οι τρούφες της ερήμου είναι ένα είδος υποχρεωτικά υπόγειων ασκομυκήτων, και συγκεκριμένα, εκτομυκορριζικών μυκήτων, που σχηματίζονται σε συνάρτηση με τις ρίζες του ξενιστή και με το έδαφος. Το είδος αυτό μύκητα αντλεί από το έδαφος άζωο και άλλα μέταλλα, τα οποία μεταφέρει ακολούθως πίσω στο φυτό – ξενιστή (Dundar *et al*, 2012).

Οι τρούφες της ερήμου είναι καρποφόρα τμήματα ορισμένων εδώδιμων μυκήτων που ανήκουν στο φύλο Ascomycota και στην κλάση Ascomyceta (Bradai *et al*, 2015). Για πολλά χρόνια σχετίζονταν με την τάξη Pezizales, αλλά στην πιο σύγχρονη ταξινόμηση, κατηγοριοποιούνται κάτω από την τάξη των Tuberales, η οποία διακρίνεται σε δύο οικογένειες: στην οικογένεια Tuberales και στην οικογένεια Terfeziaceae, η οποία αντιπροσωπεύεται από πολλά γένη, όπως είναι το Tirmania, το Balsamia, το Terfezia, το Phaengium, το Mattirolomyces, το Delastreopsis, το Picoa και ορισμένα είδη του γένους Tuber (Kagan – Zur *et al*, 2014).



Εικόνα 2 Τρούφες της Ερήμου από την Αλγερία ([https://www.alibaba.com/product-detail/desert-truffles-from-algeria\\_144938156.html](https://www.alibaba.com/product-detail/desert-truffles-from-algeria_144938156.html)).

Οι τρούφες της ερήμου αναπτύσσονται σε άνυδρες και σε ημι – άνυδρες εκτάσεις, ιδίως σε χώρες γύρω από τη Μεσόγειο, όπως είναι η Αλγερία, η Αίγυπτος, το Μαρόκο, το Ισραήλ και η Τυνησία, στις χώρες της Αραβικής χερσονήσου, όπως είναι η Σαουδική Αραβία, το Ιράκ και η Συρία, καθώς και σε πολλές χώρες της Νότιας Ευρώπης, όπως είναι η Γαλλία, η Πορτογαλία, η Ισπανία, η Τουρκία, και η Ουγγαρία (Bradai *et al*, 2015; Enshasy *et al*, 2013).

Οι τρούφες της ερήμου είναι εποχιακοί μύκητες με υψηλή κοινωνική και οικονομική αξία σήμερα, ενώ παράλληλα, αποτελούν μια ευρεία αλλά ακόμα σχετικά ανεξερεύνητη πηγή νέων φαρμακευτικών προϊόντων (Dundar *et al*, 2012).

	Countries
Type of truffle	
<i>Terfezia boudieri</i> Chatin	Libya
<i>Terfezia clavervyi</i>	Saudi Arabia, Bahrain, Iraq, Egypt, and Jordan
<i>Terfezia pfeilii</i>	South Africa
<i>Terfezia</i> sp.	Tunisia
<i>Tirmania nivea</i>	Saudi Arabia, Morocco, Bahrain, Egypt, and Kuwait
<i>Phaeangium lefebvrei</i>	Bahrain, Saudi Arabia, Egypt, and Kuwait
<i>Choiromyces echinulatus</i> ( <i>Eremiomyces echinulatus</i> )	South Africa
<i>Picoa juniper</i>	Tunisia
<i>Picoa lefebvrei</i>	Tunisia
<i>Kalaharituber pfeilii</i>	South Africa, Botswana

Εικόνα 3 Διάφοροι τύποι τρουφών που αναπτύσσονται στην Αφρική και στην περιοχή της Μέσης Ανατολής (Enshasy *et al*, 2013).

## 2.2 Tuber melanosporum

Η τρούφα *Tuber melanosporum* ή μαύρη τρούφα, όπως διαφορετικά ονομάζεται, είναι η δεύτερη πιο υψηλή σε εμπορική αξία τρούφα παγκοσμίως. Η χειμερινή μαύρη τρούφα (*Tuber melanosporum* Vittad.) είναι το πιο γνωστό είδος τρούφας, και για το λόγο αυτό, έχει μελετηθεί ευρέως και έχει αλληλουχηθεί ολόκληρο το γονιδίωμά του (Martin *et al*, 2010).

Σύμφωνα με το μοντέλο περιγραφής του βιολογικού κύκλου ανάπτυξης της μαύρης τρούφας των Coquelin *et al* (2007), η επαγωγή της «γέννησης» των καρπών της τρούφας πραγματοποιείται την άνοιξη, η ανάπτυξή της εντοπίζεται κατά το διάστημα μεταξύ Ιουλίου και μέσα Οκτωβρίου, εάν έχουν μεσολαβήσει καλοκαιρινές βροχές, η ωρίμανσή της, όπως ορίζεται από την παραγωγή αρώματος και μελανίνης, εντοπίζεται από τον Οκτώβριο μέχρι και το τέλος του Δεκεμβρίου, ενώ η «γήρανση» της τρούφας πραγματοποιείται κατά τη διάρκεια του χειμώνα και οδηγεί σε συλλογή των ώριμων τρουφών. Βάσει του μοντέλου αυτού, η παραγωγή των τρουφών από την γέννησή τους μέχρι και την συγκομιδή τους απαιτεί περίπου 9 μήνες (Coquelin *et al*, 2007).



Η καλύτερη παραγωγή της τρούφας *Tuber melanosporum* χαρακτηρίζεται στις ζεστές και υγρές περιόδους της άνοιξης και του καλοκαιριού, και η θερμοκρασία πρέπει να είναι υψηλότερη από 15° C τον Απρίλιο και υψηλότερη από 23° C κατά το διάστημα μεταξύ Ιουνίου και Σεπτεμβρίου, ενώ, παράλληλα, το καλοκαίρι θα πρέπει να επιδεικνύει έντονη εναλλαγή έντονων βροχών και ξηρών περιόδων που δεν ξεπερνούν τις 20 ημέρες (Pacioni *et al*, 2014).

Παρά τις γενικές αυτές πληροφορίες που έχουν συλλεχτεί για την καλλιέργεια και την ανάπτυξη της μαύρης τρούφας, δεν υπάρχει κάποιο σύστημα, εκτός από την τελική εκτίμηση της συγκομιδής, που να μπορεί να ορίσει τις ακριβείς περιβαλλοντικές συνθήκες που ευνοούν τη σωστή ανάπτυξη και ωρίμανση των τρουφών (Pacioni *et al*, 2014).



Εικόνα 4 Εσωτερικό τμήμα της τρούφας *Tuber melanosporum* (<https://www.first-nature.com/fungi/tuber-melanosporum.php>).

### 2.3 *Tuber rufum*

Η τρούφα *Tuber rufum* αποτελεί μια βρώσιμη τρούφα που ανήκει στην οικογένεια *Tuberaceae* και διανέμεται σε ολόκληρο τον κόσμο. Το συγκεκριμένο μανιτάρι, ως εκτομυκορριζικός μύκητας, αναπτύσσεται σε συνάρτηση με τα υγρά φυλλοβόλα δέντρα και με τα κωνοφόρα δέντρα κατά τη διάρκεια του τέλους του φθινοπώρου και

ολόκληρου του χειμώνα (Pattanayak *et al*, 2017). Παράλληλα, ειδικοί στη γαστρονομία προτιμούν τις τρούφες λόγω της υψηλής γευστικής τους αξίας. Διάφορα μανιτάρια του γένους *Tuber*, όπως είναι οι τρούφες *Tuber melanosporum*, *Tuber brumale*, *Tuber rufum*, *Tuber miesentericum*, *Tuber aestivum* και *Tuber simonea*, έχουν αναγνωρισθεί πλέον ως πολύ γευστικές, εδώδιμες τρούφες (Wang & Marcone, 2011). Η τρούφα *Tuber rufum* έχει γεύση που μοιάζει με κρέας κατσίκας ύστερα από το μαγείρεμα, και περιλαμβάνει διάφορες ενώσεις εστέρας, αμινών και οξέων (Pattanayak *et al*, 2017).



Εικόνα 5 Τρούφα *Tuber rufum* (<http://bib.ge/soko/open.php?id=988>).

## 2.4 *Tuber aestivum*

Η τρούφα *Tuber aestivum* είναι μία από τις πιο σημαντικές εδώδιμες, μικορριζικές τρούφες, που φημίζεται για τη μοναδική υφή και γεύση της. Η συγκεκριμένη τρούφα αναφέρεται συχνά με τα κοινά της ονόματα, δηλαδή ως «μαύρη τρούφα» ή «καλοκαιρινή τρούφα», και έχει υψηλή οικονομική αξία στη λιανική αγορά. Η τρούφα *Tuber aestivum* αναπτύσσεται κυρίως στη Βόρεια Αφρική, στη Ρωσία και σε διάφορες χώρες της Ευρώπης, όπως η Ισπανία, η Γαλλία, το Ηνωμένο Βασίλειο και η Σουηδία (Bhotmange *et al*, 2017).

Όπως συμβαίνει με πολλά άλλα είδη τρουφών, έτσι και η *Tuber aestivum* αναπτύσσεται με το σχηματισμό συμβιωτικής σχέσης με τις ρίζες φυτών – ξενιστών, κυρίως σε οξιές και σε δρύες. Το μέγεθος της συγκεκριμένης τρούφας ξεκινά από 2 εκατοστά, αλλά μπορεί να ξεπερνά και τα 10 εκατοστά, ενώ μπορεί να διακριθεί με εύκολο τρόπο από τα κοινά, εδώδιμα μανιτάρια. Πρόκειται για μια τρούφα που έχει μελετηθεί εκτενώς λόγω του περιεχομένου του αρώματός της και της σύνθεσής της, και το ιδιαίτερο αυτό άρωμα περιλαμβάνει 2-μεθυλβουτυλεστέρα και οξικό οξύ, ενώ η περιεκτικότητα σε διαλυτή πρωτεΐνη ισούται περίπου με 11% (Bhotmange *et al*, 2017).



Εικόνα 6 *Tuber aestivum* (<http://www.trufamania.com/Tuber%20aestivum%20English.htm>).

## Κεφάλαιο 3

### 3.1 Εμπορική Αξία Τρουφών

Ορισμένα είδη τρουφών έχουν ιδιαίτερα υψηλή εμπορική αξία, λόγω της υψηλής τους ζήτησης στην «υψηλή γαστρονομία», ιδίως στη Γαλλία και σε άλλες ευρωπαϊκές χώρες (Schmidberger & Schieberle, 2017). Μεταξύ των διάφορων ειδών, τα είδη που έχουν τη μεγαλύτερη αξία και τη μεγαλύτερη ζήτηση στην αγορά είναι η «μαύρη τρούφα», η «λευκή τρούφα», η τρούφα *T. Melanosporum* και η τρούφα *T. Magnatum* (Saltarelli *et al*, 2008). Η λευκή τρούφα *Alba* (“*Tuber pignatum pico*”) είναι εκείνη που έχει το πιο ευχάριστο και έντονο άρωμα, ενώ η τρούφα *Burgundy* (“*Tuber uncinatum*”) αποτελεί το τρίτο πιο ακριβό είδος τρούφας, και παρόλο που το άρωμά της είναι λιγότερο έντονο, παράγεται και καταναλώνεται σε ιδιαίτερα μεγάλο βαθμό και συχνότητα (Schmidberger & Schieberle, 2017).

### 3.2 Τρούφες και Τροφή

Ήδη από το παρελθόν, τα μανιτάρια έχουν αποτελέσει ένα πολύ δημοφιλές φαγητό σε πολλούς διαφορετικούς πολιτισμούς και έχουν γίνει πολύ ελκυστικά ως ένα «λειτουργικό» φαγητό (“functional food”). Στη σημερινή εποχή, τα μανιτάρια εξακολουθούν να αποτελούν παγκοσμίως μια πολύ δημοφιλή τροφή και προτιμώνται λόγω των χαμηλών θερμίδων τους, των απαραίτητων λιπαρών οξέων και των λιπών τους, καθώς και της υψηλής περιεκτικότητάς τους σε βιταμίνες, φυτικές πρωτεΐνες και μέταλλα (Hamza *et al*, 2016).

Μεταξύ των διαφορετικών τύπων μανιταριών, μεγάλη προσοχή έχει δοθεί στις τρούφες, και ειδικά σε ορισμένες από τις τρούφες λόγω της υψηλής γαστρονομικής και εμπορικής αξίας τους (Pacioni *et al*, 2015). Συγκεκριμένα, πολλές τρούφες παρουσιάζουν μοναδικό άρωμα και πολύ νόστιμη γεύση και έχουν συνδεθεί με οφέλη για την ανθρώπινη υγεία, και ως εκ τούτου, έχουν αποκτήσει υψηλή οικονομική αξία (Yan *et al*, 2017). Παραδοσιακά, οι τρούφες, όπως και τα μανιτάρια, μπορούν να καταναλωθούν είτε σε ωμή είτε σε μαγειρεμένη μορφή (Enshasy *et al*, 2013).

Δεν είναι όλες οι τρούφες εδώδιμες, αλλά εκείνες του γένους *Tuber* μπορούν και αξιοποιούνται ως πηγή τροφής. Από τις εδώδιμες τρούφες, οι πιο ακριβές και οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενες στις κουζίνες της Ελλάδας, της βόρειας Ιταλίας, της Ισπανίας και της Γαλλίας είναι οι λευκές και οι μαύρε τρούφες (Ustun *et al*, 2018).

Ανάμεσα στις τρούφες ασκομυκήτων, τα γένη *Terfezia* και *Tuber* είναι γνωστά ως εξαιρετικοί, εδώδιμοι μύκητες με μεγάλη οικονομική αξία (Hamza *et al*, 2016). Η διατροφική αξία των Ιρακινών τρουφών, και ιδιαίτερα της τρούφας *Teflezia claveryi*, έχει αναδειχθεί εδώ και τουλάχιστον 4 δεκαετίες, λόγω της βιοχημικής της σύνθεσης (Dahham *et al*, 2018). Συγκεκριμένα, οι τρούφες αυτές, όπως και πολλά άλλα είδη τρουφών, αποτελούν πλούσια πηγή πρωτεϊνών, λιπαρών οξέων, υδατανθράκων, αμινοξέων και μεταλλικών στοιχείων (Hamza *et al*, 2016). Ωστόσο, από άποψη γεύσης, οι τρούφες της Ευρώπης έχουν καλύτερη και πιο δυνατή γεύση από τις τρούφες της ερήμου (Bouatia *et al*, 2018).

### 3.3 Ιδιότητες τρουφών

Η τρούφα είναι ένα είδος με υψηλή αξία σήμερα λόγω του μοναδικού μυρωδάτου αρώματός της και της μοναδικής γεύσης της. Η υψηλή δημοτικότητα των τρουφών πιστεύεται πως οφείλεται στην υψηλή θρεπτική τους αξία και στην πολύ ωραία γεύση τους. Εκτός, όμως, από την γεύση που προσθέτουν οι άγριοι, εδώδιμοι μύκητες, οι ίδιοι αποτελούν και πολύτιμη τροφή (Dundar *et al*, 2012).

Από διάφορες μελέτες, έχει δειχθεί ότι οι τρούφες είναι πλούσιες σε ακόρεστα λιπαρά οξέα, ένα είδος σακχάρων ωφέλιμο για την υγεία του ανθρώπου, και σε συστατικά με αντιοξειδωτικές, αντιφλεγμονώδεις, αντιμεταλλαξιγόνες, αντιμικροβιακές και αντικαρκινικές ιδιότητες (Yan *et al*, 2017). Οι βιολογικές αυτές ιδιότητες των τρουφών έχουν επιστήσει την προσοχή της επιστημονικής κοινότητας καθώς πιστεύεται πως έχουν σημαντικές, θετικές επιδράσεις στην ανάπτυξη τρουφών με προστιθέμενη αξία ή προϊόντων που σχετίζονται με τις τρούφες (Hamza *et al*, 2016).

### 3.4 Τρούφες και Αντιοξειδωτική δράση

Οι ενδογενείς μεταβολικές διεργασίες στο ανθρώπινο σώμα ενδέχεται να παράγουν υψηλά αντιδρώσες ελεύθερες ρίζες, ιδίως ενεργές ρίζες οξυγόνου (“Reactive Oxygen Species”, ROS) που είναι ικανές να οξειδώνουν τα βιομόρια, όπως είναι το DNA, οι πρωτεΐνες, τα λιπίδια και οι υδατάνθρακες, με αποτέλεσμα τον κυτταρικό θάνατο και την καταστροφή του ιστού (Dubost *et al*, 2007). Σε κυτταρικό επίπεδο, η καταστροφή που προκαλείται από τις ελεύθερες αυτές ρίζες συνήθως προστατευόταν από οξειδωτικά ένζυμα και ενώσεις, όπως είναι οι τα φαινολικά, οι τοκοφερόλες και το ασκορβικό οξύ. Όταν ο μηχανισμός του αντιοξειδωτικού συστήματος χάσει την ισορροπία του λόγω συγκεκριμένων παραγόντων, όπως η επιδείνωση των φυσιολογικών λειτουργιών, επιταχύνεται η διαδικασία της γήρανσης προκαλούνται ασθένειες. Για το λόγο αυτό, η συχνή λήψη φυσικών αντιοξειδωτικών συμβάλλει στην μείωση του οξειδωτικού στρες και συνεπώς, στην προστασία του ανθρώπου από διάφορες ασθένειες, όπως είναι ο σακχαρώδης διαβήτης, η καρδιαγγειακή νόσος, ο καρκίνος, και ορισμένες ασθένειες που σχετίζονται με τη γήρανση (Hamza *et al*, 2016).

Μέχρι σήμερα, υπάρχουν αρκετά στοιχεία που υποδεικνύουν πως τόσο οι άγριες όσο και ο καλλιεργημένες τρούφες περιέχουν ποικίλες πολυφαινολικές ενώσεις που θεωρούνται ως αντιοξειδωτικά, λόγω της ικανότητάς τους να απομακρύνουν τις ελεύθερες ρίζες (Vahdani *et al*, 2017).

### 3.5 Τρούφες και Ιατρική Αξία

Από το παρελθόν έως σήμερα, πολλά εδώδιμα μανιτάρια έχουν αποδειχθεί πολύ χρήσιμα για την προαγωγή της υγείας του ανθρώπου και την πρόληψη ή αντιμετώπιση διάφορων ασθενειών. Συγκεκριμένα, έχουν διεξαχθεί πολλές μελέτες που έχουν δείξει οι διάφορες προληπτικές επιδράσεις στον καρκίνο θα μπορούσε να διαμεσολαβείται από την ανοσορυθμιστική ικανότητα των μανιταριών. Για παράδειγμα, ορισμένα μανιτάρια διαθέτουν συγκεκριμένους πολυσακχαρίτες που θα μπορούσαν να ενεργοποιήσουν το ανοσοποιητικό σύστημα και να ασκήσουν αντικαρκινική δραστηριότητα, μέσω της ενεργοποίησης των μηχανισμών άμυνας του οργανισμού (Roncero – Ramos & Delgado – Andrade, 2017).

Μεταξύ των μανιταριών, σημαντική θέση κατέχουν οι τρούφες. Μέχρι σήμερα υπάρχουν αρκετές αναφορές στην θετική επίδραση των τρουφών στην ανθρώπινη υγεία. Οι τρούφες της ερήμου έχουν αναφερθεί και χρησιμοποιηθεί πολλές φορές ως φαρμακευτικά τρόφιμα στους αρχαίους πολιτισμούς των Ελλήνων, των Αιγύπτιων και των Κινέζων, και στη Μεσοποταμία έχουν χαρακτηριστεί ως «θαύμα της φύσης» (Dahham *et al*, 2018).

Η τρούφα διαθέτει ένα μοναδικό διατροφικό προφίλ πλούσιο σε βιταμίνες, ακόρεστα λιπαρά οξέα, μέταλλα και βιταμίνες, και έχει χρησιμοποιηθεί για τη θεραπεία των οφθαλμών στην παραδοσιακή ιατρική (Dahham *et al*, 2018). Η υψηλή περιεκτικότητα των τρουφών σε πρωτεΐνες και σε υδατάνθρακες καθιστά την τρούφα ως μια πολύτιμη τροφή. Επιπλέον, οι τρούφες είναι πλούσιες σε αντιοξειδωτικά, όπως το β καροτένιο, η βιταμίνη C και η βιταμίνη A, και έχουν αξιοποιηθεί για την ενίσχυση του ανοσοποιητικού συστήματος και την ανάρρωση από διάφορες ασθένειες (Khadri *et al*, 2017).

Άλλες σημαντικές δράσεις των τρουφών είναι η ηπατοπροστατευτική τη δράση, οι αντιβακτηριακές και αντιφλεγμονώδεις της ιδιότητες, μέσω των οποίων θα μπορούσαν να θεραπευτούν συγκεκριμένες λοιμώξεις, καθώς και οι αντικαρκινικές αντιμεταλλαξιγόνες της δράσεις (Khadri *et al*, 2017).

## Ειδικό Μέρος

### Σκοπός και Επιμέρους Στόχοι

Κύριος σκοπός της εν λόγω μελέτης είναι η διερεύνηση της επίδρασης των τροφών στην ανθρώπινη υγεία.

Για το σκοπό αυτό θα πρέπει να διερευνούν οι επιμέρους ιδιότητες των τροφών και η επίδρασή τους στην υγεία του ανθρώπου. Έτσι, οι επιμέρους στόχοι της παρούσας εργασίας είναι οι εξής:

- Η διερεύνηση της διατροφικής αξίας των τροφών.
- Η διερεύνηση των αντιοξειδωτικών ιδιοτήτων των τροφών.
- Η διερεύνηση των αντιφλεγμονωδών ιδιοτήτων των τροφών.
- Η διερεύνηση των αντικαρκινικών ιδιοτήτων των τροφών.
- Η διερεύνηση των αντιμικροβιακών ιδιοτήτων των τροφών.
- Η διερεύνηση της σχέσης της κατανάλωσης τροφών με την ανάπτυξη ή την αποφυγή συγκεκριμένων ασθενειών ή παθήσεων.



## Μεθοδολογία

Για την καλύτερη μελέτη των επιδράσεων των τροφών στην υγεία του ανθρώπου, επιλέχθηκε να διεξαχθεί μια συστηματική ανασκόπηση όπου θα παρουσιαστούν τα πιο πρόσφατα άρθρα σχετικά με τις ιδιότητες των τροφών και με την επίδρασή τους στον ανθρώπινο οργανισμό. Στο πλαίσιο αυτό, αρχικά, αναζητήθηκαν όλες οι δημοσιευμένες μελέτες της τελευταίας δεκαετίας σε δύο έγκυρες, επιστημονικές βάσεις δεδομένων: στη βάση Pubmed ([«https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed»](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed)) και στη βάση Google Scholar ([«https://scholar.google.gr/»](https://scholar.google.gr/)), με τη χρήση των ακόλουθων λέξεων – κλειδιών:

- Truffles
- White truffle
- Black truffle
- Tuber
- Antioxidant properties
- Anticancer properties
- Antimicrobial properties
- Apoptosis properties
- Health
- Human health
- Diseases
- Medicine

## Κριτήρια Συμπερίληψης

Τα βασικότερα κριτήρια συμπερίληψης των άρθρων στην παρούσα συστηματική ανασκόπηση ήταν τα ακόλουθα:

- Τα άρθρα θα πρέπει να είναι γραμμένα στην αγγλική ή στην ελληνική γλώσσα.
- Τα άρθρα θα πρέπει να έχουν δημοσιευθεί σε επιστημονικά, έγκυρα περιοδικά.

- Τα άρθρα θα πρέπει να έχουν δημοσιευθεί μέσα στο χρονικό διάστημα της τελευταίας δεκαετίας, δηλαδή από το έτος 2009 έως σήμερα.
- Τα άρθρα θα πρέπει να συνδυάζονται εννοιολογικά, είτε με άμεσο είτε με έμμεσο τρόπο, με το βασικό θέμα της παρούσας ανασκόπησης.
- Τα άρθρα θα πρέπει να έχουν λέξεις – κλειδιά που συνδέονται είτε με άμεσο είτε με έμμεσο τρόπο, με το βασικό θέμα της παρούσας ανασκόπησης.

## Κριτήρια Αποκλεισμού

Τα βασικότερα κριτήρια αποκλεισμού των άρθρων από την παρούσα συστηματική ανασκόπηση ήταν τα ακόλουθα:

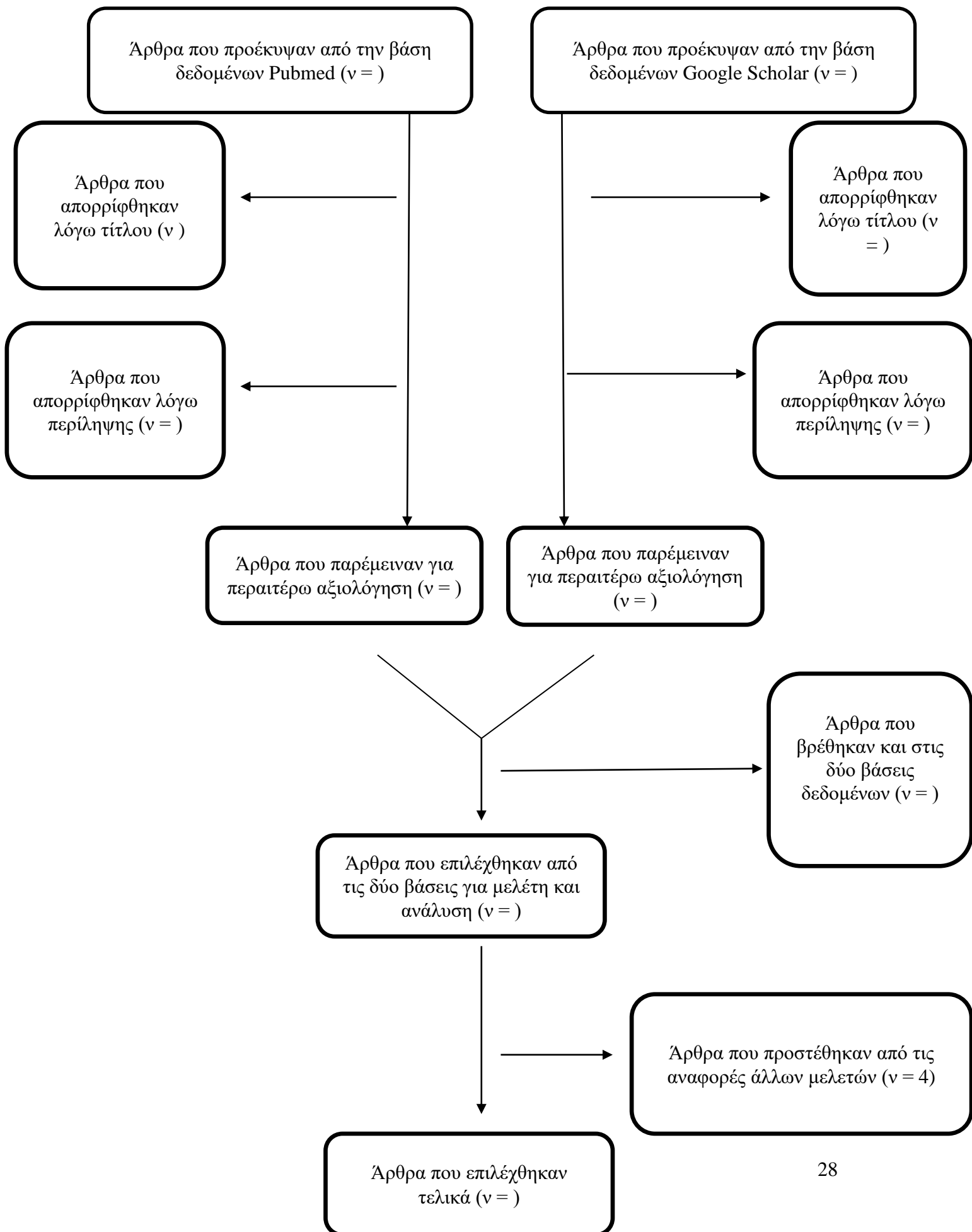
- Τα άρθρα που δεν είναι γραμμένα στην αγγλική ή στην ελληνική γλώσσα.
- Τα άρθρα που δεν έχουν δημοσιευθεί σε επιστημονικά, έγκυρα περιοδικά.
- Τα άρθρα που δεν έχουν δημοσιευθεί μέσα στο χρονικό διάστημα της τελευταίας δεκαετίας, δηλαδή από το έτος 2009 έως σήμερα.
- Τα άρθρα που δεν συνδυάζονται εννοιολογικά, είτε με άμεσο είτε με έμμεσο τρόπο, με το βασικό θέμα της παρούσας ανασκόπησης.
- Τα άρθρα που δεν συμπεριλαμβάνουν τις λέξεις – κλειδιά που συνδέονται είτε με άμεσο είτε με έμμεσο τρόπο, με το βασικό θέμα της παρούσας ανασκόπησης.

Ακολούθως παρουσιάζονται οι κυριότερες λέξεις – κλειδιά που αξιοποιήθηκαν για την εύρεση άρθρων για την παρούσα συστηματική αναζήτηση και ο αριθμός των άρθρων που εντοπίστηκαν από την εκάστοτε λέξη – κλειδί και από τον συνδυασμό των λέξεων – κλειδιών αυτών.

	Λέξεις – Κλειδιά	Άρθρα που εντοπίστηκαν από την εκάστοτε λέξη - κλειδί και από τον συνδυασμό των λέξεων -
--	------------------	--

		<b>κλειδιών</b>
<b>Τρούφες</b>	1. Truffles	
	2. White truffle	
	3. Black truffle	
	4. Tuber	
<b>5. #1 OR #2 OR #3 OR #4</b>		
<b>Επίδραση στην ανθρώπινη υγεία</b>	6. Antioxidant properties	
	7. Anticancer properties	
	8. Antimicrobial properties	
	9. Apoptosis properties	
	10. Antioangiogenesis properties	
	11. Diseases	
	12. Human Health	
	13. Medicine	
<b>14. OR #5 OR #6 OR #7 OR #8 OR #9 OR #10 OR #11 OR #12 OR #13</b>		
<b>15. #5 AND #14</b>		

### Βήματα συστηματικής ανασκόπησης



## Αποτελέσματα

### Διατροφική Αξία τρουφών

Βασικός σκοπός της έρευνας των Vahdani *et al* (2017) ήταν η μελέτη της χημικής σύνθεσης της λευκής τρούφας *Tirmania nivea* και της μαύρης τρούφας *Terfezia claveryi*, και συγκεκριμένα, η διερεύνηση του περιεχομένου των τρουφών αυτών σε υδατάνθρακες, σε μεταλλικά στοιχεία και σε φαινόλες. Για το σκοπό αυτό, επιλέχθηκαν δείγματα από τα δύο αυτά είδη τρουφών, όπου προσδιορίστηκαν τα επίπεδα συνολικής πρωτεΐνης με τη μέθοδο Kjeldahl και προσδιορίστηκαν τα επίπεδα των επιμέρους φαινολικών ενώσεων και των υδατανθράκων με τη μέθοδο της υγρής χρωματογραφίας υψηλής απόδοσης (“High Performance Liquid Chromatography”, HPLC). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης μελέτης, η τρούφα *Tirmania nivea* παρουσίασε υψηλότερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες από την τρούφα *Terfezia claveryi* (Vahdani *et al*, 2017). Μεταξύ των υδατανθράκων που μελετήθηκαν, η γλυκόζη ανιχνεύθηκε σε υψηλότερα επίπεδα και στα δύο είδη τρουφών που εξετάστηκαν. Η ανάλυση των μεταλλικών στοιχείων έδειξε ότι σε σύγκριση με τα υπόλοιπα μεταλλικά στοιχεία, οι υψηλότερες συγκεντρώσεις παρατηρήθηκαν στον σίδηρο και στο κάλιο. Τέλος, οι φαινολικές ενώσεις που εξετάστηκαν παρατηρήθηκαν σε πολύ υψηλότερα επίπεδα στα εκχυλίσματα της τρούφας *Terfezia claveryi*, συγκριτικά με τα εκχυλίσματα της τρούφας *Tirmania nivea*. Συνολικά, λοιπόν, τα παραπάνω αποτελέσματα προσέδωσαν νέα στοιχεία για τα βιοχημικά χαρακτηριστικά των τρουφών *Terfezia claveryi* και *Tirmania nivea*, και επιβεβαίωσαν τη διατροφική αξία και των δύο αυτών ειδών τρουφών (Vahdani *et al*, 2017).

Το 2018, οι Akyuz & Kirbag διεξήγαγαν μια μελέτη προκειμένου να διερευνήσουν τη διατροφική αξία των τρουφών των γενών *Terfezia* και *Picoa* που αναπτύσσονται σε περιοχές της Ανατολικής Τουρκίας. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα είδη του γένους *Terfezia* περιέχουν περισσότερη βιταμίνη E και μαλινοδιαλδεύδη, σε σύγκριση με τα είδη του *Picoa*, αλλά τα επίπεδα της β-καροτίνης, της βιταμίνης C, και της βιταμίνης A ενδέχεται να ποικίλουν σημαντικά. Παράλληλα, τα είδη του γένους *Picoa* περιέχουν λιγότερα στεατικά και παλμιτικά οξέα, αλλά περισσότερο ολεϊκό οξύ από τα είδη του *Terfezia* (Akyuz & Kirbag, 2018). Το ασπαρτικό οξύ και το γλουταμικό οξύ βρίσκονται σε μεγαλύτερη αφθονία

και στα δύο εξεταζόμενα γένη, η φρουκτόζη και η γλυκόζη εντοπίζονται σε μεγαλύτερες ποσότητες στα είδη του *Pisoa*. Συνολικά, η συγκεκριμένη έρευνα ανέλυσε τη σύσταση των δύο αυτών κατηγοριών τροφών και έδειξε πως σε κάθε περίπτωση, και παρά τις υψηλές διακυμάνσεις των διάφορων στοιχείων, τα στοιχεία αυτά παραμένουν σε θρεπτικά επίπεδα και δεν αγγίζουν τα τοξικά επίπεδα (Akyuz & Kirbag, 2018).

Βασικός σκοπός της μελέτης των Bouatia *et al* (2018) ο καθορισμός της διατροφικής αξίας και του περιεχομένου των πιο συχνών αντιθρεπτικών της εδώδιμης τρούφας *Tirmania pinoyi* που αναπτύσσεται στην ανατολική περιοχή του Μαρόκο, με τη χρήση τυποποιημένων μεθόδων. Σύμφωνα με τα ευρήματα της συγκεκριμένης μελέτης, η ενεργειακή αξία ισούται περίπου με 651 kcal / kg (φρέσκια μάζα), η συνολική περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες ισούταν με 64,74 g / 100g (ξηρή μάζα), η περιεκτικότητα σε φυτικές ίνες ισούταν με 13,3 g / 100g (ξηρή μάζα), το ακατέργαστο λίπος ισούταν με 3,01 g / 100g (ξηρή μάζα), η ακατέργαστη πρωτεΐνη ισούταν με 26,96 g / 100g (ξηρή μάζα), και η υγρασία ισούταν με 81,5 g / 100g (φρέσκια μάζα) (Bouatia *et al*, 2018). Το ιχνοστοιχείο που βρέθηκε σε μεγαλύτερη αφθονία ήταν ο χαλκός, με συγκέντρωση ίση με 65,3 mg / kg ξηρής μάζας, ενώ, αντίθετα, απουσίαζαν ο υδράργυρος, το αρσενικό, το οξαλικό και το κυανιούχο. Ορισμένα από τα επικίνδυνα στοιχεία, όπως ο μόλυβδος και το κάδμιο, βρέθηκαν σε πολύ χαμηλότερα επίπεδα στη συγκεκριμένη τρούφα, σε σύγκριση με τα τοξικά επίπεδα που ορίζονται ως ασφαλή όρια από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας. Συνεπώς, τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης μελέτης έδειξαν ότι οι τρούφες που αναλύθηκαν αποτελούν μια πολύ σημαντική πηγή θρεπτικών στοιχείων και είναι ασφαλή για κατανάλωση, ενώ παράλληλα, η παρουσία στεροειδών και σαπωνίνων που βρέθηκε θα μπορούσαν να αποτελέσουν ένδειξη των πιθανών θεραπευτικών ιδιοτήτων των συγκεκριμένων τροφών (Bouatia *et al*, 2018).

<b>Άρθρο που αναλύθηκε</b>	<b>Είδος μελέτης</b>	<b>Κύριος σκοπός</b>	<b>Τόπος όπου πραγματοποιήθηκε η μελέτη</b>	<b>Οργανισμός ή Δείγμα που χρησιμοποιήθηκε</b>	<b>Βασικότερες Τεχνικές / Μέθοδοι που αξιοποιήθηκαν</b>	<b>Τα πιο βασικά αποτελέσματα της μελέτης</b>
----------------------------	----------------------	----------------------	---	--	---	---

				ιήθηκαν		
Vahdani <i>et al</i> , 2017	-	Η μελέτη της χημικής σύνθεσης της λευκής τρούφας <i>Tirmania nivea</i> και της μαύρης τρούφας <i>Terfezia claveryi</i> , και συγκεκριμένα, η διερεύνηση του περιεχομένου των τρουφών αυτών σε υδατάνθρακες, σε μεταλλικά στοιχεία και σε φαινόλες.	Ιράν	Εκχυλίσματα τρουφών <i>Terfezia claveryi</i> και <i>Tirmania nivea</i>	Μέθοδος Kjeldahl, μέθοδος της υγρής χρωματογραφίας υψηλής απόδοσης	Η τρούφα <i>Tirmania nivea</i> παρουσίασε υψηλότερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες από την τρούφα <i>Terfezia claveryi</i> .  Μεταξύ των υδατανθράκων που μελετήθηκαν, η γλυκόζη ανιχνεύθηκε σε υψηλότερα επίπεδα και στα δύο είδη τρουφών που εξετάστηκαν.  Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις σε μεταλλικά στοιχεία παρατηρήθηκαν στον σίδηρο και στο κάλιο.  Οι φαινολικές ενώσεις ήταν σε μεγαλύτερη

						συγκέντρωση στα εκχυλίσματα της τρούφας <i>Terfezia claveryi</i> , συγκριτικά με τα εκχυλίσματα της τρούφας <i>Tirmania nivea</i> .
Akyuz & Kirbag, 2018	-	Η διερεύνηση της διατροφικής αξίας των τρουφών των γενών <i>Terfezia</i> και <i>Picoa</i> που αναπτύσσονται σε περιοχές της Ανατολικής Τουρκίας.	Τουρκία	Τρούφες των γενών <i>Terfezia</i> και <i>Picoa</i>	HPLC	Τα είδη του γένους <i>Terfezia</i> περιέχουν περισσότερη βιταμίνη Ε και μαλονιοδιαλδεύδη, σε σύγκριση με τα είδη του <i>Picoa</i> .  Τα είδη του γένους <i>Picoa</i> περιέχουν λιγότερα στεατικά και παλμιτικά οξέα, αλλά περισσότερο ολεϊκό οξύ από τα είδη του <i>Terfezia</i> . Το ασπαρτικό οξύ και το γλουταμικό οξύ βρίσκονται σε μεγαλύτερη αφθονία και στα δύο εξεταζόμενα γένη, η φρουκτόζη



						και η γλυκόζη εντοπίζονται σε μεγαλύτερες ποσότητες στα είδη του Picoa.
Bouatia <i>et al</i> , 2018	-	Ο καθορισμός της διατροφικής αξίας και του περιεχομένου των πιο συχνών αντιθρεπτικών της εδώδιμης τρούφας Tirmaania rinoyi που αναπτύσσεται στην ανατολική περιοχή του Μαρόκο, με τη χρήση τυποποιημένων μεθόδων.	Μαρόκο	Τρούφα Tirmaania rinoyi	Τυποποιημένες μέθοδοι ανάλυσης των συστατικών	Ορισμένα από τα επικίνδυνα στοιχεία, όπως ο μόλυβδος και το κάδμιο, βρέθηκαν σε πολύ χαμηλότερα επίπεδα στην τρούφα Tirmaania rinoyi, σε σύγκριση με τα τοξικά επίπεδα που ορίζονται ως ασφαλή όρια από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας.  Οι τρούφες Tirmaania rinoyi αποτελούν μια πολύ σημαντική πηγή θρεπτικών στοιχείων και είναι ασφαλή για κατανάλωση.  Η τρούφα Tirmaania rinoyi

						περιέχει σαπωνίνες και στεροειδή, και συνεπώς, θα μπορούσαν να έχουν θεραπευτική αξία.
--	--	--	--	--	--	--

### Διατροφική Αξία και Αντιοξειδωτική Δράση

Βασικός σκοπός της μελέτης των Dundar *et al* (2012) ήταν η διερεύνηση της χημικής σύνθεσης, της θρεπτικής αξίας και της αντιοξειδωτικής δράσης της τρούφας *Terfezia boudieri* Chatin που συλλέγεται από διάφορες περιοχές της νοτιοανατολικής Τουρκίας. Οι αναλύσεις των αμινοξέων και των λιπαρών οξέων που πραγματοποιήθηκαν έδειξαν ότι τα πιο άφθονα από αυτά τα συστατικά στην τρούφα αυτή ήταν το γλουταμινικό οξύ και το λινελαϊκό οξύ, αντίστοιχα. Μεταξύ των απαραίτητων αμινοξέων, σε μεγαλύτερη ποσότητα ανιχνεύθηκε η λευκίνη, ακολουθούμενη από την θρεονίνη, ενώ το μεγαλύτερο σε ποσότητα στοιχείο ήταν το μαγνήσιο. Η τρούφα *Terfezia boudieri* παρουσίασε εξαιρετική αντιοξειδωτική δράση, σε σύγκριση με συγκεκριμένες, πρότυπες ενώσεις, ενώ παράλληλα, εμφάνισε την υψηλότερη δραστηριότητα ως προς το σύνολο της αντιοξειδωτικής και της χηλικής επίδρασης στη δραστηριότητα των ιόντων σιδήρου σε σύγκριση με συγκεκριμένες ενώσεις (Dundar *et al*, 2012). Επιπλέον, η αντιοξειδωτική δράση των τρουφών φάνηκε πως αυξάνεται καθώς αυξάνεται η συγκέντρωσή τους. Τέλος, η τρούφα *Terfezia boudieri* παρουσίασε πολύ υψηλότερο περιεχόμενο σε πρωτεΐνες από τους μύκητες και τα περισσότερα λαχανικά, και θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν σε ισορροπημένες διατροφές. Συνολικά, λοιπόν, παρατηρήθηκε ότι τα εκχυλίσματα αιθανόλης των τρουφών έχουν σημαντική αντιοξειδωτική δράση, σε σύγκριση με ποικίλα αντιοξειδωτικά συστήματα, και θα μπορούσαν οι τρούφες να αξιοποιηθούν ως μια εύκολα προσβάσιμη πηγή φυσικών αντιοξειδωτικών, ως ένα πιθανό συμπλήρωμα διατροφής, ή ακόμα και στην φαρμακευτική βιομηχανία (Dundar *et al*, 2012).

Κύριος σκοπός της μελέτης του Akyuz (2013) ήταν η ενίσχυση των υπάρχοντων γνώσεων σχετικά με τη διατροφική αξία της τρούφας *Terfezia boudieri* (Chatin), και η ανάλυση του περιεχόμενου της τρούφας σε φλαβονοειδή, των λιπαρών οξέων και της αντιοξειδωτικής δράσης της. Για τον σκοπό αυτό, λήφθηκαν φρέσκα δείγματα από τρούφες του συγκεκριμένου είδους και πραγματοποιήθηκε ανάλυση των στοιχείων, των λιπαρών οξέων, των φλαβονοειδών και της αντιοξειδωτικής δράσης (Akyuz, 2013). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, τα κυριότερα μακροθρεπτικά στοιχεία που περιλαμβάνει η τρούφα *Terfezia boudieri* (Chatin) είναι το κάλιο, το ασβέστιο και το νάτριο, ενώ τα κυριότερα μικροθρεπτικά συστατικά που περιέχει είναι ο σίδηρος, ο ψευδάργυρος, το μαγγάνιο και ο χαλκός. Οι συγκεντρώσεις των τοξικών στοιχείων, όπως είναι το κοβάλτιο, το νικέλιο και ο μόλυβδος, βρέθηκαν να είναι κάτω του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου που αξιοποιήθηκε, ενώ η αντιοξειδωτική δράση ήταν ίση με 22,24% (Akyuz, 2013).

Οι Carneiro *et al* (2013) πραγματοποίησαν μια μελέτη με σκοπό την αξιολόγηση της χημικής σύνθεσης και της αντιοξειδωτικής δράσης των σκευασμάτων ξηρής σκόνης των τρούφων *Agaricus blazei* και *Lentinus edodes*. Τα σκευάσματα σκόνης και των δύο ειδών αυτών τρούφας έδειξε την παρουσία απαραίτητων θρεπτικών στοιχείων, όπως είναι τα ακόρεστα λιπαρά οξέα, οι υδατάνθρακες και οι πρωτεΐνες. Επιπλέον, παρουσίασε χαμηλή περιεκτικότητα σε λίπος και θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν σε δίαιτες χαμηλών θερμίδων, όπως συμβαίνει με τα μανιτάρια. Το είδος *Agaricus blazei* έδειξε υψηλότερη αντιοξειδωτική δράση και υψηλότερη περιεκτικότητα σε φαινολικά συστατικά και σε τοκοφερόλες από το είδος *Lentinus edodes*. Συνολικά, λοιπόν, οι δύο αυτές τρούφες θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν ως αντιοξειδωτικές πηγές για την πρόληψη ασθενειών που σχετίζονται με το οξειδωτικό στρες (Carneiro *et al*, 2013).

Οι Hamza *et al* (2016) πραγματοποίησαν μια μελέτη με σκοπό την αξιολόγηση της διατροφικής σύνθεσης, των αντιοξειδωτικών και των αντιβακτηριδιακών ιδιοτήτων της τρούφας *Terfezia boudieri* Chatin, μιας τρούφας της ερήμου που εντοπίζεται σε μεγάλο βαθμό στην νότια Τυνησία. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα μακροθρεπτικά στοιχεία σε μεγαλύτερη αφθονία ήταν οι υδατάνθρακες, και ακλουθούσαν οι πρωτεΐνες, ενώ τα κυριότερα σε ποσότητα θρεπτικά στοιχεία ήταν το κάλιο, ο φώσφορος, ο σίδηρος και το ασβέστιο (Hamza *et al*, 2016). Η περιεκτικότητα της τρούφας σε λίπος ήταν ίση με 8 γραμμάρια ανά 100

γραμμάρια ξηρής μάζας, ενώ σε μεγαλύτερη ποσότητα βρέθηκε το λινολεϊκό οξύ. Παράλληλα, η περιεκτικότητα της τρούφας σε ανθοκυανίνες, σε ασκορβικό οξύ και σε καροτενοειδή ήταν ίση με 35,4 mg/ 100g, 12,2 mg/100g, και 1,43 mg/ 100g, αντίστοιχα. Τα εκχυλίσματα μεθανόλης που περιείχαν τις υψηλότερες ποσότητες φαινολικών ενώσεων και φλαβονοειδών παρουσίασαν και την υψηλότερη δραστικότητα δέσμευσης ριζών DPPH και την υψηλότερη ανασταλτική δραστικότητα οξείδωσης των λιπιδίων. Τέλος, παρατηρήθηκε υψηλή ανασταλτική δραστηριότητα ως προς την ανάπτυξη βακτηρίων, γεγονός που υποδεικνύει τις αντιβακτηριδιακές ιδιότητες των τρουφών (Hamza *et al*, 2016).

Οι Yan *et al* (2017) πραγματοποίησαν μια μελέτη με σκοπό τη διερεύνηση της διατροφικής αξίας, της χημικής σύνθεσης και της αντιοξειδωτικής δράσης των παραδοσιακά βρώσιμων τρουφών *Tuber latissporum*, *Tuber pseudohimalayense* και *Tuber subglobosum* στην Κίνα. Η χημική σύνθεση των τρουφών ελέγχθηκε σε σκευάσματα σκόνης, ενώ τα αποτελέσματα έδειξαν την ύπαρξη απαραίτητων θρεπτικών συστατικών στα τρία αυτά είδη τρουφών, όπως είναι τα ακόρεστα λιπαρά οξέα, οι πρωτεΐνες και οι υδατάνθρακες (Yan *et al*, 2017). Ειδικά η τρούφα *Tuber latissporum* παρουσίασε τα υψηλότερα επίπεδα συνολικών σακχάρων και μονοακόρεστων λιπαρών οξέων, ενώ η τρούφα *Tuber pseudohimalayense* παρουσίασε το υψηλότερο περιεχόμενο σε πολυακόρεστα λιπαρά οξέα. Όλες οι εξεταζόμενες τρούφες είχαν χαμηλή περιεκτικότητα σε λίπος και υψηλή περιεκτικότητα σε ακόρεστα λιπαρά οξέα και πρωτεΐνες, σύσταση που είναι ιδιαίτερα ωφέλιμη για την ανθρώπινη υγεία. Το εκχύλισμα μεθανόλης της *Tuber pseudohimalayense* έδειξε την ύπαρξη υψηλών επιπέδων φαινολών, ενώ η *Tuber subglobosum* είχε υψηλά επίπεδα φλαβονοειδών. Βάσει, λοιπόν, των παραπάνω ευρημάτων, γίνεται σαφές πως η κατανάλωση των συγκεκριμένων τρουφών είναι ιδιαίτερα ωφέλιμη για την υγεία του ανθρώπου και τα εκχυλίσματά τους θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν ως πιθανές αντιοξειδωτικές πηγές για την πρόληψη ασθενειών που σχετίζονται με οξειδωτική καταστροφή (Yan *et al*, 2017).

Οι Pattanayak *et al* (2017) διεξήγαγαν μια μελέτη με σκοπό την αναλυτική περιγραφή της δομής και των βιολογικών δραστηριοτήτων του απομονωμένου από την τρούφα *Tuber rufum* πολυσακχαρίτη PS-II. Πρόκειται για μια υδατοδιαλυτή ετερογλυκάνη μέσου μοριακού βάρους 7,24\*10<sup>4</sup> Da, η οποία απομονώθηκε από τα καρποφόρα σώματα της βρώσιμης τρούφας *Tuber rufum* με τη χρήση καυτού νερού,

ενώ ακολούθως, η δομική διερεύνηση του πολυσακχαρίτη αυτού πραγματοποιήθηκε με διάφορες μεθόδους, μεταξύ των οποίων ανήκουν τα 1D/2D NMR πειράματα, η ανάλυση μεθυλίωσης, και η όξινη υδρόλυση. Βάσει της ανάλυσης που πραγματοποιήθηκε, ο πολυσακχαρίτης PS-II αποτελείται από d - γαλακτόζη, d - γλυκόζη, 1 - φουκόζη σε αναλογία περίπου ίση με 3:4:1 (Pattanayak *et al*, 2017). Η επαναλαμβανόμενη μονάδα του συγκεκριμένου πολυσακχαρίτη αποτελείται από δύο (1→6)-α-d-γαλακτοπυρανοζύλια, από ένα (1→4)-α-d-γλυκοπυρανοζύλιο, δύο (1→6)-α-d-γλυκοπυρανοζύλια, και ένα (1→4)-α-d- γλυκοπυρανοζύλιο, εκ των οποίων ένα κατάλοιπο (1→4)-α-d-γλυκοπυρανοζύλιο διακλαδίζεται στην θέση 0-2 με τερματικό κατάλοιπο ένα α – I – φουκοπυρανοζύλιο και στη θέση 0-6 με τερματικό κατάλοιπο με α – d - γαλακτοπυρανοζύλιο. Παράλληλα, βελτιωτικές δραστηριότητες παρατηρήθηκαν σε διαφορετικές συγκεντρώσεις του πολυσακχαρίτη, ενώ δείχθηκε ότι ο πολυσακχαρίτης διατηρεί την οξειδοαναγωγική ισορροπία και μπορεί και μειώνει την υπεροξείδωση των λιπιδίων για να προστατεύσει το κύτταρο από την καταστροφή του (Pattanayak *et al*, 2017).

Άρθρο που αναλύθηκε	Είδος μελέτης	Κύριος σκοπός	Τόπος όπου πραγματοποιήθηκε η μελέτη	Οργανισμός ή Δείγμα που χρησιμοποιήθηκαν	Βασικότερες Τεχνικές / Μέθοδοι που αξιοποιήθηκαν	Τα πιο βασικά αποτελέσματα της μελέτης
Dundar <i>et al</i> , 2012	Συγκριτική μελέτη	Η διερεύνηση της χημικής σύνθεσης, της θρεπτικής αξίας και της αντιοξειδωτικής δράσης της τρούφας	Τουρκία	Φρέσκα δείγματα τρούφων	Διαδικασίες AOAC, HPLC (“High performance liquid chromatography”)	Μεταξύ των απαραίτητων αμινοξέων, σε μεγαλύτερη ποσότητα ανιχνεύθηκε η λευκίνη, ακολουθούμενη από την θρεονίνη, ενώ το

		<p>Terfezia boudieri Chatin που συλλέγεται από διάφορες περιοχές της νοτιοανατολικής Τουρκίας.</p>				<p>μεγαλύτερο σε ποσότητα στοιχείο ήταν το μαγνήσιο. Η τρούφα Terfezia boudieri παρουσίασε εξαιρετική αντιοξειδωτική δράση, σε σύγκριση με συγκεκριμένες, πρότυπες ενώσεις, ενώ παράλληλα, εμφάνισε την υψηλότερη δραστηριότητα ως προς το σύνολο της αντιοξειδωτικής και της χηλικής επίδρασης στη δραστηριότητα των ιόντων σιδήρου σε σύγκριση με συγκεκριμένες ενώσεις.</p> <p>Η αντιοξειδωτική δράση των τροφών φάνηκε πως αυξάνεται καθώς αυξάνεται η συγκέντρωσή</p>
--	--	--	--	--	--	--

						τους.
Akyuz, 2013	-	<p>Η ενίσχυση των υπάρχοντων γνώσεων σχετικά με τη διατροφική αξία της τρούφας <i>Terfezia boudieri</i> (Chatin), και η ανάλυση του περιεχόμενου της τρούφας σε φλαβονοειδή, των λιπαρών οξέων και της αντιοξειδωτικής δράσης της.</p>	Τουρκία	Φρέσκες τρούφες του είδους <i>Terfezia boudieri</i> (Chatin)	Χρωματογραφία	<p>Τα κυριότερα μακροθρεπτικά στοιχεία που περιέχει η τρούφα <i>Terfezia boudieri</i> είναι το κάλιο, το ασβέστιο και το νάτριο.</p> <p>Τα κυριότερα μικροθρεπτικά συστατικά της τρούφας <i>Terfezia boudieri</i> είναι ο σίδηρος, ο ψευδάργυρος, το μαγγάνιο και ο χαλκός.</p> <p>Οι συγκεντρώσεις των τοξικών στοιχείων βρέθηκαν να είναι κάτω του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου που αξιοποιήθηκε.</p> <p>Η αντιοξειδωτική δράση ήταν ίση με</p>

						22,24%
Carneiro <i>et al</i> , 2013	-	Η αξιολόγηση της χημικής σύνθεσης και της αντιοξειδωτικής δράσης των σκευασμάτων ξηρής σκόνης των τρούφων <i>Agaricus blazei</i> και <i>Lentinus edodes</i> .	Ισπανία	Σκευάσματα σκόνης δύο ειδών τρούφας: των ειδών <i>Agaricus blazei</i> και <i>Lentinus edodes</i>	Διαδικασίες AOAC, HPLC	Τα σκευάσματα σκόνης και των δύο ειδών αυτών τρούφας έδειξε την παρουσία απαραίτητων θρεπτικών στοιχείων, όπως είναι τα ακόρεστα λιπαρά οξέα, οι υδατάνθρακες και οι πρωτεΐνες, καθώς και χαμηλή περιεκτικότητα σε λίπος.  Το είδος <i>Agaricus blazei</i> έδειξε υψηλότερη αντιοξειδωτική δράση και υψηλότερη περιεκτικότητα σε φαινολικά συστατικά και σε τοκοφερόλες από το είδος <i>Lentinus edodes</i> .



Hamza <i>et al</i> , 2016	-	Η αξιολόγηση της διατροφικής σύνθεσης, των αντιοξειδωτικών και των αντιβακτηριακών διακών ιδιοτήτων της τρούφας <i>Terfezia boudieri</i> Chatin.	Τυνησία	Ξηρή μάζα τρούφας <i>Terfezia boudieri</i> Chatin, σε μορφή σκόνης	GC, GC/MS, χρωματογραφία αερίων	<p>Τα μακροθρεπτικά στοιχεία σε μεγαλύτερη αφθονία ήταν οι υδατάνθρακες, και ακλουθούσαν οι πρωτεΐνες.</p> <p>Τα κυριότερα σε ποσότητα θρεπτικά στοιχεία ήταν το κάλιο, ο φώσφορος, ο σίδηρος και το ασβέστιο.</p> <p>Η περιεκτικότητα της τρούφας σε λίπος ήταν ίση με 8 γραμμάρια ανά 100 γραμμάρια ξηρής μάζας, ενώ σε μεγαλύτερη ποσότητα βρέθηκε το λινολεϊκό οξύ.</p> <p>Τα εκχυλίσματα μεθανόλης που περιείχαν τις υψηλότερες ποσότητες φαινολικών ενώσεων και φλαβονοειδών παρουσίασαν και</p>
---------------------------------	---	--	---------	--	---------------------------------	--

						την υψηλότερη δραστικότητα δέσμευσης ριζών DPPH και την υψηλότερη ανασταλτική δραστικότητα οξειδωσης των λιπιδίων.
Yan <i>et al</i> , 2017	-	Η διερεύνηση της χημικής σύνθεσης, της θρεπτικής αξίας και της αντιοξειδωτικής δράσης των τρουφών <i>Tuber latisporum</i> , <i>Tuber pseudohimalayense</i> και <i>Tuber subglobosum</i> στην Κίνα.	Κίνα	Σκευάσματα σκόνης, εκχυλίσματα	Δοκιμασία χηλικοποίησης ιόντων σιδήρου, Δοκιμασία σιδηροκυανίου ύχου, δοκιμασία ενεργότητας της ριζικής απομάκρυνσης DPPH, Δοκιμασία δέσμευσης ριζών υδροξυλίου	Όλες οι εξεταζόμενες τρούφες είχαν χαμηλή περιεκτικότητα σε λίπος και υψηλή περιεκτικότητα σε ακόρεστα λιπαρά οξέα και πρωτεΐνες. Το εκχύλισμα μεθανόλης της <i>Tuber pseudohimalayense</i> παρουσίασε υψηλά επίπεδα φαινολών. Η <i>Tuber subglobosum</i> είχε υψηλά επίπεδα φλαβονοειδών.

Pattanayak <i>et al</i> , 2017	-	Η αναλυτική περιγραφή της δομής και των βιολογικών δραστηριοτήτων του απομονωμένου από την τρούφα <i>Tuber rufum</i> πολυσακχαρίτη PS-II.	Ινδία	Πολυσακχαρίτης PS-II	1D/2D NMR πειράματα, ανάλυση μεθυλίωσης, όξινη υδρόλυση	Ο πολυσακχαρίτης PS-II αποτελείται από d - γαλακτόζη, d - γλυκόζη, 1 - φουκόζη σε αναλογία περίπου ίση με 3:4:1. Ο πολυσακχαρίτης διατηρεί την οξειδοαναγωγική ισορροπία και μειώνει την υπεροξείδωση των λιπιδίων για να προστατεύσει το κύτταρο από την καταστροφή του.
--------------------------------	---	---	-------	----------------------	---	--

## Αντικαρκινικές και αντιοξειδωτικές ιδιότητες τρούφων

Στη μελέτη των Dahham *et al* (2018), διερευνήθηκαν οι αντικαρκινικές, οι αντιοξειδωτικές, και οι αντιαγγειογενετικές ιδιότητες, καθώς και η χημική σύνθεση της τρούφας *Teflezia clavaryi*. Για το σκοπό αυτό, οι αντιοξειδωτικές ιδιότητες αξιολογήθηκαν σε εκχυλίσματα της συγκεκριμένης τρούφας με τις μεθόδους ABTS, FRAP και DPPH, η αντιαγγειογενετική αποτελεσματικότητα ελέγχθηκε σε *ex vivo* δοκιμασία, ενώ η κυτταροτοξικότητα ελέγχθηκε μέσω της δοκιμής MTT στις καρκινικές κυτταρικές σειρές U-87 MG, PC3 MCF-7 και HT29. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, όλα τα εκχυλίσματα παρουσίασαν μέτριου βαθμού αντικαρκινικές δράσεις της τρούφας έναντι όλων των καρκινικών κυτταρικών σειρών (Dahham *et al*,

2018). Επιπλέον, το εκχύλισμα εξανίου ανέστειλε την ανάπτυξη των εγκεφαλικών κυττάρων και προήγαγε σημαντικά την κυτταρική απόπτωση μέσω του κατακερματισμού του DNA και της του μιτοχονδριακού μονοπατιού. Ισχυρή αντιοξειδωτική δράση αποδείχθηκε και στο εκχύλισμα αιθανόλης, ενώ στα εκχυλίσματα εξανίου και οξικού αιθυλεστέρα παρατηρήθηκε πλήρης ή κατά 80% αναστολή της ανάπτυξης των μικροαγγείων, αντίστοιχα. Τέλος, η ανάλυση του πιο δραστικού εκχυλίσματος, δηλαδή εκείνου του εξανίου, έδειξε την παρουσία διάφορων ισχυρών φυτοχημικών, όπως η β σιτοστερόλη, η λουπεόλη, η στιγμαστερόλη, το ολεϊκό οξύ, το οκταδεκαδιενοϊκό οξύ και το σκουαλένιο. Συνεπώς, γίνεται σαφές πως η τρούφα *Teflezia claveryi* παρουσιάζει ισχυρές αντικαρκινικές, αντιοξειδωτικές, και αντιαγγειογενετικές ιδιότητες, οι οποίες την καθιστούν ωφέλιμη για την υγεία του ανθρώπου (Dahham *et al*, 2018).

Οι Attia *et al* (2018) διεξήγαγαν μια μελέτη με σκοπό την εκτίμηση των αντικαρκινικών ιδιοτήτων των πολυσακχαριτών που απομονώνονται από την τρούφα ερήμου *Terfezia claveryi* Chatin. Για τον σκοπό αυτό, αξιοποιήθηκε η καρκινική σειρά του Ehrlich, όπου ποσοτικοποιήθηκε η μέγιστη ανασταλτική συγκέντρωση, ο καθορισμός της απόπτωσης και η ανάλυση του κυτταρικού κύκλου. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης μελέτης, η περιεκτικότητα του εκχυλίσματος των κυττάρων σε πολυσακχαρίτες ήταν ίση με 77,6 μg/mL και 47,6 μg/mL, ύστερα από 24 και 48 ώρες θεραπείας, αντίστοιχα (Attia *et al*, 2018). Η κυτταρομετρία ροής που διεξήχθη έδειξε ότι η αποπτωτική επίδραση του εκχυλίσματος των πολυσακχαριτών της τρούφας *Terfezia claveryi* Chatin ήταν εξαρτώμενη από τη δόση και τον χρόνο. Επίσης, η θεραπεία των κυττάρων με σισπλατίνη ή με εκχύλισμα των πολυσακχαριτών της τρούφας για 24 και 48 ώρες οδήγησε σε μείωση του ποσοστού των κυττάρων σε φάση G0 / G1, και σε αύξηση της διακοπής του κυτταρικού κύκλου στη φάση G2. Συνολικά, τα αποτελέσματα έδειξαν μια σημαντική *in vitro* αντικαρκινική επίδραση του εκχυλίσματος των πολυσακχαριτών της τρούφας *Terfezia claveryi* Chatin, υποδεικνύοντας την πιθανή εφαρμογή του εκχυλίσματος αυτού ως αντικαρκινικό φάρμακο στο μέλλον (Attia *et al*, 2018).

Άρθρο που αναλύθηκε	Είδος μελέτης	Κύριος σκοπός	Τόπος όπου πραγματοποιήθηκε η μελέτη	Οργανισμός ή Δείγμα που χρησιμοποιήθηκαν	Βασικότερες Τεχνικές / Μέθοδοι που αξιοποιήθηκαν	Τα πιο βασικά αποτελέσματα της μελέτης
Dahham <i>et al</i> , 2018	-	Η διερεύνηση της χημικής σύνθεσης, των αντικαρκινικών, των αντιαγγειογενετικών και των αντιοξειδωτικών ιδιοτήτων της τρούφας <i>Teflezia claveryi</i> .	Ιράν	Κυτταρικές σειρές (καρκινικές και μη)	Δοκιμασία καθορισμού ριζικής απομάκρυνσης κατιόντων ABTS, Δοκιμασία FRAP (“Ferric reducing antioxidant power”) και τη δοκιμασία ενεργότητας της ριζικής απομάκρυνσης DPPH	Η τρούφα <i>Teflezia claveryi</i> επιδρά θετικά στην υγεία του ανθρώπου, μέσω των ισχυρών αντικαρκινικών, αντιαγγειογενετικών και αντιοξειδωτικών ιδιοτήτων της.
Attia <i>et al</i> , 2018	-	Η εκτίμηση των αντικαρκινικών ιδιοτήτων των πολυσακχαριτών που απομονώνονται από την τρούφα	Σαουδική Αραβία	καρκινική σειρά του Ehrlich (EAC)	Δοκιμασία MTT, κυτταρομετρία ροής	Η αποπτωτική επίδραση του εκχυλίσματος των πολυσακχαριτών της τρούφας <i>Terfezia claveryi</i> Chatin ήταν εξαρτώμενη από τη δόση και τον

		ερήμου Terfezia claveryi Chatin.				χρόνο. Η θεραπεία των κυττάρων με σισπλατίνη ή με εκχύλισμα των πολυσακχαριτών της τρούφας για 24 και 48 ώρες οδήγησε σε μείωση του ποσοστού των κυττάρων σε φάση G0 / G1, και σε αύξηση της διακοπής του κυτταρικού κύκλου στη φάση G2.
--	--	---	--	--	--	---

### Αντιμικροβιακή Δράση Τρουφών

Οι Gouzi *et al* (2011) διεξήγαγαν μια μελέτη με σκοπό την αξιολόγηση των *in vitro* επιδράσεων των υδατικών εκχυλισμάτων τριών ειδών τρουφών της ερήμου που εντοπίζονται στην Αλγερία στην ανάπτυξη των βακτηρίων *Staphylococcus aureus* και *Pseudomonas aeruginosa*. Οι τρούφες που αξιολογήθηκαν ήταν οι *Tirmania nivea*, *Terfezia leonis* και *Terfezia claveryi*, ενώ η αντιμικροβιακή δράση των υδατικών εκχυλισμάτων τους ελέγχθηκε με τη χρήση της μεθόδου διάχυσης σε άγαρ και με κινητικές καμπύλες βακτηριακής ανάπτυξης (Gouzi *et al*, 2011). Τα υδατικά εκχυλίσματα των τρουφών *Tirmania nivea* και *Terfezia claveryi* δείχθηκε ότι έχουν μια πολύ ισχυρή αντιβακτηριακή δράση ενάντια των βακτηρίων *P. aeruginosa* και *S. aureus*. Ειδικά ως προς τον *S. aureus*, η αναστολή της ανάπτυξης του βακτηρίου αυτού από τις τρούφες *Tirmania nivea* και *Terfezia claveryi* ήταν σε ποσοστό 86,48%

και 99,09%, αντίστοιχα, ενώ ως προς το βακτήριο *P. aeruginosa*, η αναστολή ήταν σε ποσοστό 71,11% και 100%, αντίστοιχα. Αντίθετα, το υδατικό εκχύλισμα της τρούφας *Terfezia leonis* δεν παρουσίασε καθόλου αντιβακτηριακή δραστηριότητα. Συνεπώς, οι τρούφες θα μπορούσαν να θεωρηθούν ως πηγές φυσικών θεραπευτικών παραγόντων που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για τη θεραπεία λοιμώξεων των οφθαλμών που προκαλούνται από τα ανθεκτικά βακτήρια *P. Aeruginosa* και *S.aureus* (Gouzi *et al*, 2011).

Κύριος σκοπός της μελέτης των Dib – Bellahouel & Fortas (2011) ήταν η διερεύνηση της αντιβακτηριακής δράσης των διάφορων κλασμάτων του εκχυλίσματος οξεικού αιθυλεστερά της εδώδιμης τρούφας *Tirmania pinoyi* Malencon που αναπτύσσεται στην Αλγερία. Η εκχύλιση πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο Soxhlet, και τα κλάσματα που λήφθηκαν καθαρίστηκαν με στήλη silica – gel. Τα εκχυλίσματα από τα κλάσματα του οξικού αιθυλεστερά ελέγχθηκαν για την αντιμικροβιακή τους δράση έναντι ποικίλων μικροοργανισμών, όπως είναι τα βακτήρια *Enterococcus* sp ATCC29212, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC14028, *Staphylococcus aureus* ATCC6538, *Bacillus subtilis* ATCC6633 και *Escherichia coli* ATCC25922 (Dib – Bellahouel & Fortas, 2011). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, σημειώθηκαν ζώνες αναστολής, με διαμέτρους μεταξύ 10 και 22 χιλιοστών, ενάντια των βακτηρίων *Staphylococcus aureus* ATCC6538, *Bacillus subtilis* ATCC6633, αλλά τα εκχυλίσματα δεν ήταν αποτελεσματικά ενάντια των υπόλοιπων βακτηρίων. Επιπλέον, αναλύοντας τα εκχυλίσματα αυτά με χρωματογραφία, δείχθηκε πως οι τρούφες περιέχουν ορισμένα προϊόντα, ορισμένα από τα οποία έχουν αντιβακτηριακή δράση, βάσει της βιβλιογραφίας, και έτσι, δικαιολογείται η αντιβακτηριακή δράση που εμφάνισαν και τα εκχυλίσματα των τρουφών αυτών ενάντια στα 2 παθογόνα βακτήρια *Staphylococcus aureus* και *Bacillus subtilis* (Dib – Bellahouel & Fortas, 2011).

Η τρούφα *Terfezia boudier* Chatin αποτελεί μια τρούφα πολύ γνωστή παγκοσμίως, λόγω της ιδιαίτερης γεύσης και του ιδιαίτερου αρώματός της, ενώ, παράλληλα, θεωρείται πως η τρούφα αυτή έχει φαρμακευτικές ιδιότητες. Ως εκ τούτου, η συγκεκριμένη τρούφα καταναλώνεται τόσο ως τροφή όσο και ως φάρμακο. Στο πλαίσιο αυτό, οι Dogan & Aydin (2013) διεξήγαγαν μια μελέτη με σκοπό τον έλεγχο της αντιμικροβιακής δραστηριότητας των εκχυλισμάτων μεθανόλης, ακετόνης και χλωροφορμίου της τρούφας *T. boudieri* ενάντια 5 αρνητικών κατά Gram και 4

θετικών κατά Gram βακτηρίων, καθώς και ενάντια μιας ζύμης. Ο έλεγχος αυτός πραγματοποιήθηκε στα τρία αυτά διαφορετικά εκχυλίσματα με μια μέθοδο μικροδιάλυσης. Βάσει των αποτελεσμάτων, η υψηλότερη ελάχιστη ανασταλτική συγκέντρωση παρατηρήθηκε στο εκχύλισμα της ακετόνης ενάντια του βακτηρίου *Candida albicans*, ενώ η μέγιστη αντιμικροβιακή επίδραση παρατηρήθηκε επίσης στο εκχύλισμα της ακετόνης. Η απορροφητική επίδραση της τρούφας αυτής στις ρίζες 2,2-διφαινυλ-2-πικρυλυραζιλίου (DPPH) ήταν ίση με 0,031 mg/ml σε συνολική συγκέντρωση 5mg/ml, ενώ η μειωμένη της ισχύος ήταν ίση με 0,214 mg/ml σε 0,4 mg/ml (Dogan & Aydin, 2013). Παράλληλα, τα περιεχόμενα σε φαινόλες της τρούφας *Terfezia boudier* Chatin ήταν τα εξής: το περιεχόμενο σε κινναμικό οξύ ήταν ίσο με 6 mg/g, το περιεχόμενο σε p – κουμαρικό οξύ ήταν ίσο με 10 mg/g, το περιεχόμενο σε φερούλικό οξύ ήταν ίσο με 15 mg/g, και το περιεχόμενο σε κατεχίνη ήταν ίσο με 20 mg/g. Συνολικά, λοιπόν, τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης έρευνας έδειξαν ότι η υπό μελέτη τρούφα έχει αντιμικροβιακή δραστηριότητα έναντι τόσο των θετικών και αρνητικών κατά Gram βακτηρίων, όσο και έναντι της ζύμης, ενώ, παράλληλα, παρουσιάζουν υψηλή αντιοξειδωτική δραστηριότητα. Συνεπώς, η τρούφα *T. boudieri* θα μπορούσε να συστήνεται ως μια σημαντική φυσική πηγή τροφής (Dogan & Aydin, 2013).

Με απώτερο σκοπό την απόκτηση νέων παραγόντων ενάντια των βακτηρίων κλινικής σημασίας, οι Schillaci *et al* (2017) πραγματοποίησαν μια έρευνα με σκοπό τη διερεύνηση των εδώδιμων τρουφών της ερήμου *Picoa juniper*, *Terfezia calveyi* και *Tirmania pinoyi* ως πηγές νέων αντιμικροβιακών παραγόντων. Συγκεκριμένα, στη συγκεκριμένη μελέτη, διερευνήθηκε η *in vitro* αντιβακτηριακή δράση των υδατικών εκχυλισμάτων (εκχυλισμάτων διαλυτών σε οξύ πρωτεΐνης) των τριών αυτών ειδών τρούφας ενάντια του θετικού κατά Gram παθογόνου για τον άνθρωπο στελέχους του σταφυλόκοκκου *aureus* ATCC 29213 και του αρνητικού κατά Gram στελέχους *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 15442 (Schillaci *et al*, 2017). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, τα εκχυλίσματα των τρουφών *T. Claveryi* και *T. Pinoyi* είχαν ελάχιστες ανασταλτικές συγκεντρώσεις ίσες με 50 mg/ ml ενάντια των παθογόνων που εξετάστηκαν. Τα αποτελέσματα αυτά βρίσκονται ακόμη σε πρώιμο στάδιο ακόμα, αλλά οι συγγραφείς πιστεύουν πως οι τρούφες αυτές θα μπορούσαν να αποτελέσουν στο μέλλον μια πολύτιμη αντιβιοτική εναλλακτική προκειμένου να αντιμετωπιστούν τα ανθεκτικά στα αντιβιοτικά παθογόνα (Schillaci *et al*, 2017).



Άρθρο που αναλύθηκε	Είδος μελέτης	Κύριος σκοπός	Τόπος όπου πραγματοποιήθηκε η μελέτη	Οργανισμός ή Δείγμα που χρησιμοποιήθηκαν	Βασικότερες Τεχνικές / Μέθοδοι που αξιοποιήθηκαν	Τα πιο βασικά αποτελέσματα της μελέτης
Dib – Bellahou el & Fortas, 2011	-	Η διερεύνηση της αντιβακτηριακής δράσης των διάφορων κλασμάτων του εκχυλίσματος οξεϊκού αιθυλεστέρα της εδώδιμης τρούφας <i>Tirmania pinoyi Malencon</i> που αναπτύσσεται στην Αλγερία.	Αλγερία	Εκχυλίσματα της τρούφας <i>Tirmania pinoyi Malencon</i>	Διάχυση σε άγαρ, GC – MS (“Gas Chromatography – Mass Spectrometry”)	Ζώνες αναστολής, με διαμέτρους μεταξύ 10 και 22 χιλιοστών, παρατηρήθηκαν μόνο ενάντια των βακτηρίων <i>Staphylococcus aureus</i> ATCC6538, <i>Bacillus subtilis</i> ATCC6633, αλλά τα εκχυλίσματα δεν ήταν αποτελεσματικά ενάντια των υπόλοιπων βακτηρίων.
Gouzi <i>et al</i> , 2011	-	Η αξιολόγηση των <i>in vitro</i> επιδράσεων των	Αλγερία	Υδατικά εκχυλίσματα των τρουφών <i>Tirmania</i>	Διάχυση σε άγαρ και κινητικές καμπύλες βακτηριακής	Τα υδατικά εκχυλίσματα των τρουφών <i>Tirmania nivea</i> και <i>Terfezia claveryi</i> δείχθηκε

		<p>υδατικών εκχυλισμάτων τριών ειδών τρουφών της ερήμου που εντοπίζονται στην Αλγερία στην ανάπτυξη των βακτηρίων <i>Staphylococcus aureus</i> και <i>Pseudomonas aeruginosa</i>.</p>		<p>nivea, <i>Terfezia leonis</i> και <i>Terfezia clavayi</i></p>	<p>ανάπτυξης</p>	<p>ότι έχουν μια πολύ ισχυρή αντιβακτηριακή δράση ενάντια των βακτηρίων <i>P. aeruginosa</i> και <i>S. aureus</i>. Αντίθετα, το υδατικό εκχύλισμα της τρούφας <i>Terfezia leonis</i> δεν παρουσίασε καθόλου αντιβακτηριακή δραστηριότητα.</p>
<p>Dogan &amp; Aydin, 2013</p>	-	<p>Ο έλεγχος της αντιμικροβιακής δραστηριότητας των εκχυλισμάτων μεθανόλης, ακετόνης και χλωροφορμίου της τρούφας <i>T. boudieri</i> ενάντια 5 αρνητικών</p>	<p>Τουρκία</p>	<p>Εκχύλισμα τα μεθανόλης, ακετόνης και χλωροφορμίου της τρούφας <i>Terfezia boudieri</i> Chatin</p>	<p>Μέθοδος μικροδιάλυσης</p>	<p>Η υψηλότερη ελάχιστη ανασταλτική συγκέντρωση παρατηρήθηκε στο εκχύλισμα της ακετόνης ενάντια του βακτηρίου <i>Candida albicans</i>. Η μέγιστη αντιμικροβιακή επίδραση παρατηρήθηκε επίσης στο</p>

		κατά Gram και 4 θετικών κατά Gram βακτηρίων, καθώς και ενάντια μιας ζύμης.				εκχύλισμα της ακετόνης. Η τρούφα <i>Terfezia boudieri</i> Chatin έχει αντιμικροβιακή δραστηριότητα έναντι τόσο των θετικών και αρνητικών κατά Gram βακτηρίων, όσο και έναντι της ζύμης, ενώ, παράλληλα, παρουσιάζουν υψηλή αντιοξειδωτική δραστηριότητα.
Schillaci <i>et al</i> , 2017	-	Η διερεύνηση των εδώδιμων τρουφών της ερήμου <i>Picoa juniper</i> , <i>Terfezia calveyi</i> και <i>Tirmania pinoyi</i> ως πηγές νέων αντιμικροβια	Ιταλία	Υδατικά εκχυλίσματα των τρουφών <i>Picoa juniper</i> , <i>Terfezia calveyi</i> και <i>Tirmania pinoyi</i>	-	Τα εκχυλίσματα των τρουφών <i>T. Claveryi</i> και <i>T. Pinoyi</i> είχαν ελάχιστες ανασταλτικές συγκεντρώσεις ίσες με 50 mg/ ml ενάντια των παθογόνων που εξετάστηκαν.

		κών παραγόντων.				
--	--	--------------------	--	--	--	--

## Η χρήση των τρουφών ως φάρμακο

Οι Bradai *et al* (2015) διεξήγαγαν μια μελέτη με σκοπό τη διερεύνηση της γνώσης, της χρήσης και των εθνομυκολογικών πρακτικών των τρουφών της ερήμου μεταξύ των ιθαγενών πληθυσμών της Βόρειας Σαχάρας της Αλγερίας. Για το σκοπό αυτό, πραγματοποιήθηκαν άμεσες συνεντεύξεις σε 60 κυνηγούς τρούφας στις περιοχές Ghardaia και Ouargla. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, τρία ήταν τα κύρια είδη τρούφας που συλλέγονται και καταναλώνονται: το είδος *Terfezia claveryi*, το είδος *Timrانيا nivea*, και το είδος *Terezia areanaria*. Το είδος *Terfezia claveryi* αποτελεί το πιο εκλεπτυσμένο και πιο ακριβό είδος τρούφας, το είδος *Terezia areanaria* ακολουθεί σε προτίμηση στον πληθυσμό που μελετήθηκε, ενώ το είδος *Timrانيا nivea* αποτελεί ένα είδος τρούφας που εκτιμάται λιγότερο από τα δύο προηγούμενα είδη και είναι το λιγότερο ακριβό μεταξύ των τριών (Bradai *et al*, 2015). Ανάμεσα στα 60 άτομα που ερωτήθηκαν, το 90% δήλωσε πως βασίζεται στην αφθονία των συμβιωτικών φυτών για τη συγκομιδή των τρουφών, και το 65% ξεκινούν τη συγκομιδή από τα μέσα Φεβρουαρίου έως και το Μάρτιο, ύστερα από τις βροχές του φθινοπώρου και του χειμώνα. Οι περισσότεροι συμμετέχοντες δήλωσαν πως συλλέγουν τρούφες για κατανάλωση από τους ίδιους και τις οικογένειές τους στο σπίτι, ενώ το 26,7% των ερωτώμενων πωλούν τις τρούφες. Οι τρούφες της ερήμου αξιοποιούνται ευρέως στην παραδοσιακή ιατρική, ιδίως ενάντια της αδυναμίας, των μολύνσεων των ματιών και για την ενίσχυση της ανδρικής υπογονιμότητας. Συνολικά, η συγκεκριμένη μελέτη έδειξε ότι οι τρούφες της ερήμου έχουν πολλαπλά οφέλη για την υγεία των ατόμων και στη Σαχάρα, ήδη χρησιμοποιούνται στην παραδοσιακή ιατρική, για την αντιμετώπιση διάφορων παθήσεων (Bradai *et al*, 2015).

Άρθρο που αναλύθηκε	Είδος μελέτης	Κύριος σκοπός	Τόπος όπου πραγματοποιήθηκε η μελέτη	Οργανισμός ή Δείγμα που χρησιμοποιήθηκαν	Βασικότερες Τεχνικές / Μέθοδοι που αξιοποιήθηκαν	Τα πιο βασικά αποτελέσματα της μελέτης
Bradai <i>et al</i> , 2015	-	Η διερεύνηση της γνώσης, της χρήσης και των εθνομυκολογικών πρακτικών των τρουφών της ερήμου μεταξύ των ιθαγενών πληθυσμών της Βόρειας Σαχάρας της Αλγερίας.	Ιταλία	60 κυνηγοί τρουφών	Συνεντεύξεις	Οι τρούφες της ερήμου αξιοποιούνται ευρέως στην παραδοσιακή ιατρική, ιδίως ενάντια της αδυναμίας, των μολύνσεων των ματιών και για την ενίσχυση της ανδρικής υπογονιμότητας.

## Ηπατοπροστατευτική δράση τρουφών

Οι Janakat & Nassar (2010) διεξήγαγαν μια μελέτη με σκοπό την εκτίμηση της ηπατοπροστατευτικής δράσης της τρούφας *Terfezia claveryi*, και συγκεκριμένα, του υδατικού εκχυλίσματος, του εκχυλίσματος μεθανόλης και του εκχυλίσματος πετρελαϊκού αιθέρα, σε σύγκριση με την ηπατοπροστατευτική δράση του φυτού *Nigella sativa*, ως φυτού αναφοράς. Για το σκοπό αυτό, χρησιμοποιήθηκε ισχυρός τετραχλωράνθρακας (CCl<sub>4</sub>), μια ηπατοτοξίνη, και τα εκχυλίσματα της τρούφας

χορηγήθηκαν σε αρουραίους 3 ημέρες πριν την τοξίκωση με τον τετραχλωράνθρακα, ενώ ακολούθησαν δύο επιπρόσθετες δόσεις 1 ώρα και 4 ώρες ύστερα από την χορήγηση του τετραχλωράνθρακα. 24 ώρες μετά την τοξίκωση, συλλέχθηκαν τα δείγματα αίματος και υπολογίστηκε η συγκέντρωση χολερυθρίνης στον ορό, ενώ, παράλληλα, μετρήθηκαν η αμινοτρανσφεράση της αλανίνης, η αλκαλική φωσφατάση και η αμινοτρανσφεράση του ασπαρτικού (Janakat & Nassar, 2010). Βάσει των αποτελεσμάτων, όλα τα εκχύλισματα και της τρούφας T. claveryi και του φυτού N. sativa οδήγησαν σε σημαντική μείωση της ηπατικής λειτουργίας των αρουραίων. Ωστόσο, το υδατικό εκχύλισμα της τρούφας σχεδόν κανονικοποίησε την επίδραση του τετραχλωράνθρακα και ήταν τόσο αποτελεσματικό όσο και το εκχύλισμα του πετρελαϊκού αιθέρα του φυτού N. sativa. Επιπλέον, το υδατικό εκχύλισμα της τρούφας οδήγησε σε ηπατομεγαλία, η οποία ήταν συγκρίσιμη με την επίδραση του πετρελαϊκού αιθέρα του φυτού N. sativa. Συνολικά, η συγκεκριμένη έρευνα έδειξε ότι το υδατικό εκχύλισμα της τρούφας T. Claveryi κατέχει μια πολύ ισχυρή ηπατοπροστατευτική δράση ενάντια του τετραχλωράνθρακα (Janakat & Nassar, 2010).

<b>Άρθρο που αναλύθηκε</b>	<b>Είδος μελέτης</b>	<b>Κύριος σκοπός</b>	<b>Τόπος όπου πραγματοποιήθηκε η μελέτη</b>	<b>Οργανισμός ή Δείγμα που χρησιμοποιήθηκαν</b>	<b>Βασικότερες Τεχνικές / Μέθοδοι που αξιοποιήθηκαν</b>	<b>Τα πιο βασικά αποτελέσματα της μελέτης</b>
Janakat & Nassar, 2010	-	Ιορδανία	Η εκτίμηση της ηπατοπροστατευτικής δράσης της τρούφας Terfezia claveryi, και συγκεκριμένα, του	Εκχύλισματα από την τρούφα Terfezia claveryi και από το φυτό Nigella sativa	Μέτρηση της συγκέντρωσης χολερυθρίνης στον ορό, της αμινοτρανσφεράσης της αλανίνης, της αλκαλικής φωσφατάσης και της	Όλα τα εκχύλισματα της τρούφας T. claveryi οδήγησαν σε σημαντική μείωση της ηπατικής λειτουργίας των αρουραίων. Το υδατικό

			<p>υδατικού εκχυλίσματος, του εκχυλίσματος μεθανόλης και του εκχυλίσματος πετρελαϊκού αιθέρα, σε σύγκριση με την ηπατοπροστατευτική δράση του φυτού <i>Nigella sativa</i>, ως φυτού αναφοράς.</p>		<p>αμινοτρανσφεράσης του ασπαρτικού, με τις μεθόδους των Jenddrassik &amp; Groff (1938), Bergmeyer &amp; Brent (1974), Reitman &amp; Frankel (1957), και Berger &amp; Rudolf (1963)</p>	<p>εκχύλισμα της τρούφας σχεδόν κανονικοποίησε την επίδραση του τετραχλωράνθρακα και οδήγησε σε ηπατομεγαλία.</p>
--	--	--	---	--	---	---

## Συζήτηση - Συμπεράσματα

Οι τρούφες είναι μυκητιακοί υπόγειοι οργανισμοί που ανήκουν στην ομάδα των μανιταριών που αξιοποιούνται ήδη από την αρχαιότητα (Hamza *et al*, 2016). Εδώ και πάρα πολλά χρόνια, οι τρούφες χρησιμοποιούνται ευρέως στη γαστρονομία, ενώ, παράλληλα, έχουν υψηλή οικονομική αξία (Dundar *et al*, 2012). Παράλληλα, λόγω των πολλαπλών ωφέλιμων ιδιοτήτων τους, οι τρούφες θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν για την πρόληψη ή την αντιμετώπιση διάφορων ασθενειών στον άνθρωπο (Khadri *et al*, 2017). Στο πλαίσιο αυτό, σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η διερεύνηση της θετικής επίδρασης των τρουφών στην ανθρώπινη υγεία.

Δεδομένου ότι μέχρι στιγμής οι τρούφες δεν έχουν αξιοποιηθεί σε πρακτικό επίπεδο στην πρόληψη ή την αντιμετώπιση θεραπειών στον άνθρωπο, και ακόμη και οι πιο πρόσφατες μελέτες διερευνούν τις ιδιότητες των τρουφών σε *in vitro* πειράματα ή σε πειράματα σε ζωικά μοντέλα, η μελέτη της επίδρασης των τρουφών στην ανθρώπινη υγεία μπορεί να συμβεί μόνο έμμεσα, μέσω της ανασκόπησης των μελετών που διερεύνησαν τις αντιμικροβιακές, αντιοξειδωτικές, αντικαρκινικές και διατροφικές ιδιότητες των τρουφών.

Η λευκή τρούφα *Tirmania nivea* και η μαύρη τρούφα *Terfezia clavaryi* περιέχουν υψηλά επίπεδα υδατανθράκων, και κυρίως γλυκόζης, υψηλά επίπεδα φαινολικών ενώσεων, καθώς και υψηλές συγκεντρώσεις σιδήρου και καλίου (Vahdani *et al*, 2017). Σε επίπεδο γενών, οι τρούφες *Terfezia* διαθέτουν περισσότερη βιταμίνη E και μαλονιοδιαλδεύδη, καθώς και περισσότερα στεατικά και παλμιτικά οξέα από τις τρούφες *Picoa*, ενώ οι τελευταίες διαθέτουν σε μεγαλύτερες ποσότητες ολεϊκό οξύ, φρουκτόζη και γλυκόζη (Akyuz & Kirbag, 2018). Μάλιστα, η τρούφα *Terfezia boudieri* παρουσίασε πολύ υψηλότερο περιεχόμενο σε πρωτεΐνες από τους υπόλοιπους μύκητες και τα περισσότερα λαχανικά, και θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν σε ισορροπημένες διατροφές (Dundar *et al*, 2012). Επιπλέον, οι τρούφες *Agaricus blazei*, *Lentinus edodes*, *Tuber latisporum*, *Tuber pseudohimalayense* και *Tuber subglobosum* παρουσιάζουν χαμηλή περιεκτικότητα σε λίπος και θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν σε δίαιτες χαμηλών θερμίδων, όπως συμβαίνει με τα μανιτάρια (Carneiro *et al*, 2013; Yan *et al*, 2017). Ανεξάρτητα από τις επιμέρους διακυμάνσεις των τρουφών σε θρεπτικά συστατικά, οι περισσότερες τρούφες διαθέτουν υψηλή διατροφική αξία και είναι ασφαλείς για την κατανάλωση,



ενώ, παράλληλα, η παρουσία στεροειδών και σαπωνίνων σε ορισμένα είδη τρουφών θα μπορούσαν να αποτελέσουν ένδειξη των πιθανών θεραπευτικών ιδιοτήτων των τρουφών (Akyuz, 2013; Akyuz & Kirbag, 2018; Bouatia *et al*, 2018).

Εκτός από τη διατροφική αξία των τρουφών, πολλές από αυτές, όπως είναι η τρούφα *Terfezia boudieri*, παρουσιάζουν υψηλή αντιοξειδωτική δράση, σε σύγκριση με άλλα αντιοξειδωτικά συστήματα, και θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν ως μια εύκολα προσβάσιμη πηγή φυσικών αντιοξειδωτικών, με σκοπό την πρόληψη ασθενειών που σχετίζονται με το οξειδωτικό στρες, ως ένα πιθανό συμπλήρωμα διατροφής, ή ακόμα και στην φαρμακευτική βιομηχανία (Carneiro *et al*, 2013; Dundar *et al*, 2012). Παράλληλα, ο πολυσακχαρίτης PS-II που περιέχει η τρούφα *Tuber rufum* διατηρεί την οξειδοαναγωγική ισορροπία και μπορεί και μειώνει την υπεροξείδωση των λιπιδίων για να προστατεύσει το κύτταρο από την καταστροφή του (Pattanayak *et al*, 2017).

Εκχυλίσματα της τρούφας *Teflezia claveryi* παρουσιάζουν μέτριου βαθμού αντικαρκινικές δράσεις της τρούφας έναντι πολλών, διαφορετικών καρκινικών κυτταρικών σειρών (Dahham *et al*, 2018). Σύμφωνα με τα ευρήματα σχετικής μελέτης, η συγκεκριμένη τρούφα παρουσιάζει ισχυρές αντικαρκινικές, αντιοξειδωτικές, και αντιαγγειογενετικές ιδιότητες, οι οποίες την καθιστούν ωφέλιμη για την υγεία του ανθρώπου (Dahham *et al*, 2018). Οι ιδιότητες αυτές οφείλονται κυρίως τους πολυσακχαρίτες της τρούφας και υποδεικνύουν την πιθανή εφαρμογή του εκχυλίσματος αυτού ως αντικαρκινικό φάρμακο στο μέλλον (Attia *et al*, 2018).

Τα υδατικά εκχυλίσματα των τρουφών *Tirmania nivea* και *Terfezia claveryi* φαίνεται πως έχουν μια πολύ ισχυρή αντιβακτηριακή δράση ενάντια των βακτηρίων *P. aeruginosa* και *S. aureus* (Gouzi *et al*, 2011). Παράλληλα, η εδώδιμη τρούφα *Tirmania pinoyi* Malencon παρουσιάζει επίσης αντιβακτηριακή δράση ενάντια των βακτηρίων *Staphylococcus aureus* και *Bacillus subtilis*, αλλά τα εκχυλίσματα δεν είναι αποτελεσματικά ενάντια άλλων βακτηρίων (Dib – Bellahouel & Fortas, 2011). Αντίθετα, το υδατικό εκχύλισμα της τρούφας *Terfezia leonis* δεν παρουσιάζει καθόλου αντιβακτηριακή δραστηριότητα. Συνεπώς, οι τρούφες θα μπορούσαν να θεωρηθούν ως πηγές φυσικών θεραπευτικών παραγόντων που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για τη θεραπεία λοιμώξεων των οφθαλμών που προκαλούνται από τα ανθεκτικά βακτήρια *P. Aeruginosa* και *S.aureus* (Gouzi *et al*, 2011).

Η τρούφα *Terfezia boudier* Chatin αποτελεί μια τρούφα πολύ γνωστή παγκοσμίως, λόγω της ιδιαίτερης γεύσης και του ιδιαίτερου αρώματός της, που θα μπορούσε παράλληλα να συστήνεται ως μια σημαντική φυσική πηγή τροφή, λόγω της αντιμικροβιακής της δραστηριότητας έναντι τόσο των θετικών και αρνητικών κατά Gram βακτηρίων, όσο και έναντι της ζύμης, και της υψηλής αντιοξειδωτικής της δραστηριότητας (Dogan & Aydin, 2013).

Συνολικά, λοιπόν, οι τρούφες φαίνεται πως έχουν υψηλή διατροφική αξία και υψηλή αντιοξειδωτική, αντιβακτηριακή και αντικαρκινική δράση, ενώ υπάρχουν και ενδείξεις για ηπατοπροστατευτική δράση (Attia *et al*, 2018; Gouzi *et al*, 2011; Hamza *et al*, 2016; Janakat & Nassar, 2010). Ωστόσο, θα πρέπει να σημειωθεί πως δεν εμφανίζουν όλες οι τρούφες τις ίδιες δράσεις. Για παράδειγμα, το υδατικό εκχύλισμα της τρούφας *Terfezia leonis* δεν εμφάνισε αντιμικροβιακή δράση ενάντια των βακτηρίων *Staphylococcus aureus* και *Pseudomonas aeruginosa* στη μελέτη των Gouzi *et al* (2011).

Για το λόγο αυτό, χρειάζεται προσεκτική διαχείριση της κάθε τρούφας ξεχωριστά, ώστε να χρησιμοποιείται για συγκεκριμένο σκοπό. Παράλληλα, θα πρέπει να επισημανθεί πως ανεξάρτητα από τις ιδιότητες που παρουσιάζουν οι τρούφες στα *in vitro* πειράματα, και στα ζωικά μοντέλα, για να αξιοποιηθούν ως θεραπευτικό μέσο για τον άνθρωπο, θα πρέπει να διεξαχθούν πολλές επιπλέον μελέτες που εστιάζουν στον ανθρώπινο οργανισμό.

## Βιβλιογραφία

- Akyuz, M. (2013). Nutritive value, flavonoid content and radical scavenging activity of the truffle (*Terfezia boudieri* Chatin). *Journal of soil science and plant nutrition*, **13**(1), pp.143-151.
- Akyuz, M., Kirbag, S. (2018). Nutritive value of desert truffles species of Genera *Terfezia* and *Picoa* (Ascomycetes) from Arid and Semiarid Regions of Eastern Turkey. *International Journal of medicinal mushrooms*, **20**(11), pp.1097-1106.
- Attia, W.Y., El – Nagggar, R.E., Bawadekji, A., Al Ali, M. (2018). Evaluation of some in vitro Anti – Carcinogenic activities of Polysaccharides extracted from ascomata of the desert truffle *Terfezia clavaryi* Chatin. *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences*, **8**(2), pp.152-159.
- Berch, S.M., Bonito, G. (2016). Truffle diversity (Tuber, Tuberales) in British Columbia. *Mycorrhiza*, **26**(6), pp.587-594.
- Bhotmange, D.U., Wallenius, J.H., Singhal, R.S., Shamekh, S.S. (2017). Enzymatic extraction and characterization of polysaccharide from *Tuber aestivum*. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, **10**, pp.1-9.
- Bouatia, M., Toure, H.A., Cheikh, A., Eljaoudi, R., Rahali, Y., Oulad, B.I.M./ Khabar, L., Draoui, M. (2018). Analysis of nutrient and antinutrient content of the truffle (*Tirmania pinoyi*) from Morocco. *International Food Research Journal*, **25**(1), pp.174-178.
- Bradai, L., Neffar, S., AMrani, K., Bissati, S., Chenchouni, H. (2015). Ethnomycological survey of traditional usage and indigenous knowledge on desert truffles among the native Sahara Desert people of Algeria. *Journal of ethnopharmacology*, **162**, pp.31-38.
- Buntgen, U., Egli, S., Camarero, J.J., Fischer, E.M., Stobbe, U., Kauserud, H., Tegel, W., Sproll, L., Stenseth, N.C. (2012). Drought – induced decline in Mediterranean truffle harvest. *Nature Climate Change*, **2**(12), pp.827-829.
- Carneiro, A.A., Ferreira, I.C., Duenas, M., Barros, L., da Silva, R., Gomes, E., Santos – Buelga, C. (2013). Chemical composition and antioxidant activity of dried powder

formulations of *Agaricus blazei* and *Lentinus edodes*. *Food chemistry*, **138**(4), pp.2168-2173.

Coquelin, A., Torre, F., Del – Negro, R. (2007). Modelisation de la formation de l'ascocarpe de la truffe noire *Tuber melanosporum* en fonction du couple humidite – temperature du sol. *Ecologia Mediterranea*, **33**, pp.15-28.

Dahham, S.S., Al – Rawi, S.S., Ibrahim, A.H., Abdul Majid, A.S., Abdul Majid, A.M.S. (2018). Antioxidant, anticancer, apoptosis properties and chemical composition of black truffle *Terfezia claveryi*. *Saudi journal of biological sciences*, **25**(8), pp.1524-1534.

Dib – Bellahouel, S., Fortas, Z. (2011). Antibacterial activity of various fractions of ethyl acetate extract from the desert truffle, *Tirmania pinoyi*, preliminarily analyzed by gas chromatography – mass spectrometry (GC – MS). *African Journal of Biotechnology*, **10**(47), pp.9694-9699.

Dogan, H.H., Aydin, S. (2013). Determination of antimicrobial effect, antioxidant activity and phenolic contents of desert truffle in Turkey. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, **10**(4), pp.52-58.

Dubost, N.J., Ou, B., Beelman, R.B. (2007). Quantification of polyphenols and ergothioneine in cultivated mushroom and correlation to total antioxidant capacity. *Food Chemistry*, **105**(2), pp.727-735.

Dundar, A., Faruk Yesil, O., Acay, H., Okumus, V., Ozdemir, S., Yildiz, A. (2012). Antioxidant properties, chemical composition and nutritional value of *Terfezia boudieri* (Chatin) from Turkey. *Food science and technology international*, **18**(4), pp.317-328.

Enshasy, E.H., Aziz, R., Wadaan, M.A. (2013). Mushrooms and truffles: historical biofactories for complementary medicine in Africa and in the middle East. *Evidence – based complementary and alternative medicine*, **2013**, 620451.

Garcia – Barreda, S., Forcadell, R., Sanchez, S., Martin – Santafe, M., Marco, P., Camarero, J.J., Reyna, S. (2018). Black Truffle Harvesting in Spanish Forests: Trends, Current Policies and Practices, and Implications on its Sustainability. *Environmental management*, **61**(4), pp.535-544.

Gouzi, H., Belyagoubi, L., Abdelali, K.N., Khelifi, A. (2011). In vitro antibacterial activities of aqueous extracts from Algerian desert truffles (*Terfezia* and *Tirmania*, Ascomycetes) against *Pseudomonas aeruginosa* and *Staphylococcus aureus*. *International Journal of Medicinal mushrooms*, **13**(6), pp.553-558.

Hamza, A., Jdir, H., Zouari, N. (2016). Nutritional, Antioxidant and Antibacterial Properties of *Tirmania nivea*, A wild edible desert truffle from Tunisia Arid Zone. *Medicinal & Aromatic Plants*, **5**(4), pp.258.

Janakat, S., Nassar, M. (2010). Hepatoprotective activity of Desert Truffle (*Terfezia clavaryi*) in comparison with the effect of *Nigella sativa* in the Rat. *Pakistan Journal of Nutrition*, **9**(1), pp.52-56.

Kagan – Zur, V., Roth – Bejerano, N., Sitrit, Y., Morte, A. (2014). *Desert truffles, phylogeny, physiology, distribution and domestication*. In: *Desert Truffles*. Berlin: Springer – Verlag Berlin Heidelberg.

Khadri, H., Aldebasi, Y.H., Riazunnisa, K. (2017). Truffle mediated (*Terfezia clavaryi*) synthesis of silver nanoparticles and its potential cytotoxicity in human breast cancer cells (MCF-7). *African Journal of Biotechnology*, **16**(22), pp.1278-1284.

Martin, F., Kohler, A., Murat, C., Balestrini, R., Coutinho, P.M., Jaillon, O., Montanini, B., Morin, E., Noel, B., Percudani, R., Porcel, B., Rubini, A., Amicucci, A., Amselem, J., Anthouard, V., Arcioni, S., Antigenave, F., Aury, J.M., Ballario, P., Bolchi, A., Brenna, A., Brun, A., Buee, M. *et al.* (2010). Perigold black truffle genome uncovers evolutionary origins and mechanisms of symbiosis. *Nature*, **464**, pp.1033-1038.

Napoli, C., Mello, A., Borra, A., Vizzini, A., Sourzat, P., Bonfante, P. (2010). *Tuber melanosporum*, when dominant, affects fungal dynamics in truffle grounds. *New Phytologist*, **185**(1), pp.237-247.

Pacioni, G., Leonardi, M., Di Carlo, P., Ranalli, D., Zinni, A., De Laurentiis, G. (2014). Instrumental monitoring of the birth and development of truffles in a *Tuber melanosporum* orchard. *Mycorrhiza*, **24**(S1), pp.S65-S72.

Pacioni, G., Rapino, C., Zarivi, O., Falconi, A., Leonardi, M., Battista, N., Colafarina, S., Sergi, M., Bonfigli, A., Miranda, M., Barsacchi, D., Maccarrone, M. (2015).

Truffles contain endocannabinoid metabolic enzymes and anandamide. *Phytochemistry*, **110**, pp.104-110.

Pattanayak, M., Samanta, S., Maity, P., Manna, D.K., Sen, I.K., Nandi, A.K., Panda, B.C., Chattopadhyay, S., Roy, S., Sahoo, A.K., Gupta, N., Islam, S.S. (2017). Polysaccharide of an edible truffle *Tuber rufum*: Structural studies and effects on human lymphocytes. *International Journal of Biological macromolecules*, **95**, pp.1037-1048.

Payen, T., Murat, C., Bonito, G. (2014). Truffle Phylogenomics: New Insights into Truffle Evolution and Truffle Life Cycle. *Advances in Botanical Research*, **70**, pp.211-234.

Roncero – Ramos, I., Delgado – Andrade, C. (2017). The beneficial role of edible mushrooms in human health. *Current Opinion in Food Science*, **14**, pp.12-128.

Saltarelli, R., Ceccaroli, P., Cesari, P., Barbieri, E., Stocchi, V. (2008). Effect of storage on biochemical and microbiological parameters of edible truffle species. *Food Chemistry*, **109**(1) pp.8-16.

Schillaci, D., Cusimano, M.G., Cascioferro, S.M., Di Stefano, V., Arizza, V., Chiaramonte, M., Inguglia, L., Bawadekji, A., Davino, S., Gargano, M.L., Venturella, G. (2017). Antibacterial activity of desert truffles from Saudi Arabia against *Staphylococcus aureus* and *Pseudomonas aeruginosa*. *International Journal of medicinal mushrooms*, **19**(2), pp.121-125.

Schmidberger, P.C., Schieberle, P. (2017). Characterization of the Key Aroma Compounds in White Alba Truffle (*Tuber magnatum pico*) and Bugundy Truffle (*Tuber uncinatum*) by Means of the Sensomics Approach. *Journal of agricultural and food chemistry*, **65**(42), pp.9287-9296.

Ustun, N.S., Bulam, S., Peksen, A. (2018). *Biochemical Properties, Biological Activities and Usage of Truffles*. Turkey: Conference International Congress on Engineering and Life Science.

Vahdani, M., Rastegar, S., Rahimzadeh, M., Ahmadi, M., Karmostaji, A. (2017). Physicochemical Characteristics, Phenolic Profile, Mineral and Carbohydrate Contents of Two Truffle Species. *Journal of Agricultural Science and Technology*, **19**, pp.1091-1101.

Wang, S., Marcone, M.F. (2011). The biochemistry and biological properties of the world's most expensive underground edible mushroom: truffles. *Food Research International*, **44**, pp.2567-2581.

Yan, X., Wang, Y., Sang, X., Fan, L. (2017). Nutritional value, chemical composition and antioxidant activity of three Tuber species from China. *AMB Express*, 7(1), pp.136.