

Αιθέρια Ελαια της Ελιάς και εφαρμογές στη Βιομηχανία Τροφίμων

Χρυσούλα Τάσσου¹ & Νυχάζ² Γεώργιος-Ιωάννης

¹ Εθνικό Ίδρυμα Αγροτικής Έρευνας, Ινστιτούτο Τεχνολογίας Γεωργικών Προϊόντων,
Σοφ. Βενιζέλου 1, Λυκόβρυση 141 23, Αθήνα

² Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Επιστήμης & Τεχνολογίας Τροφίμων, Ιερά Οδός
75, Αθήνα 11855

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μια δυσπιστία του καταναλωτή απέναντι στα χημικά συντηρητικά, τα οποία θεωρούνται ύποπτα για πρόκληση καρκινογένεσεων και τερατογένεσεων ή για ύπαρξη τοξικών υπολειμμάτων στα τρόφιμα. Γι' αυτό πλέον η αναζήτηση εναλλακτικών λύσεων είναι επιτακτική (Πίνακας 1). Μεταξύ αυτών συγκαταλέγονται και τα αντιμικροβιακά συστήματα των φυτών (Πίνακας 1).

Πίνακας 1: Κυριότερα φυσικά αντιμικροβιακά συστήματα που έχουν μελετηθεί (Board and Gould, 1991).

Πηγή	Σύστημα	Εφαρμογή
Μικροοργανισμοί	νισίνη βακτηριοσίνες τοξίνες killer από ζύμες γαλακτικό οξύ	βακτήρια παθογόνοι μικροοργανισμοί ανεπιθύμητες ζύμες παραγωγή τοξινών <i>Cl. botulinum</i>
Ζώα	λυσοζύμη λακτοφερρίνη λακτοπεροξειδάση	βακτήρια στο τυρί Gouda γάλα, παρεμπόδιση <i>L. monocytogenes</i> συντήρηση και παρεμπόδιση ανάπτυξης παθογόνων σε γαλακτοκομικά προϊόντα
Φυτά	αιθέρια έλαια/φαινόλες (π.χ, εκχυλίσματα από ελιές, σκόρδο & κρεμμυδι, ριγανη κτλ)	ανάπτυξη ή δράση μικροοργανισμών παρεμπόδιση μυκήτων και βακτηρίων, <i>Esc. Coli</i> , <i>Staph. Aureus</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> παραγωγή σπόρων του <i>B. cereus</i>

* **Φυσικά αντιμικροβιακά συστήματα από φυτά:** Τα φυτά παράγουν πληθώρα δευτερογενών μεταβολιτών, τα οποία μπορούν να αποτελέσουν πηγή αντιμικροβιακών και φαρμακευτικών ουσιών. Παρόλο που εκατοντάδες είδη φυτών έχουν εξετασθεί για τις

αντιμικροβιακές τους ιδιότητες, το μεγαλύτερο μέρος από αυτά δεν έχει ακόμα αξιολογηθεί επαρκώς.

Τα φυτικά συστατικά παρουσιάζουν ενδιαφέρον γιατί αποτελούν μια πιο ασφαλή ή ίσως σε ορισμένες περιπτώσεις και πιο αποτελεσματική πηγή αντιμικροβιακών παραγόντων σε σύγκριση με τους συνθετικά παραγόμενους.

Αιθέρια Ελαια/Φαινόλες

Και οι δύο αυτές κατηγορίες έχουν βρεθεί σε φυτά και τρόφιμα (Davidson, 1983). Περιλαμβάνουν παράγωγα κυρίως του π-υδροξυβενζοϊκού οξέος (πρωτοκατεχικό, βανιλλικό, συρινγικό, ελλαγικό), ο-υδροξυβενζοϊκού οξέος (σαλικυλικό) και υδροξυκιναμικού οξέος (π-κουμαρικό, καφεϊκό, φερουλικό, σινναπικό).

Όλα τα πιο πάνω συστατικά παρουσιάζουν αντιμικροβιακή δράση. Σημαντικότερη όμως είναι η δράση των φλαβονοειδών. Έχουν περιγραφεί περίπου 2000 δομές φλαβονοειδών. Όλες βασίζονται στον ίδιο σκελετό φλαβόνης. Οι πιο σημαντικές κλάσεις τους είναι οι ανθοκυανίνες, οι φλαβόνες και οι φλαβονόλες. Στα φλαβονοειδή ανήκουν και οι ταννίνες. Αποτελούν μια πολυποίκιλη ομάδα πολυμερών φαινολών και πιθανόν ευθύνονται για την αντιβακτηριακή δράση των κόκκινων και των λευκών οίνων. Παρόμοια αντιμικροβιακή δράση έχει βρεθεί και σε εκχυλίσματα από ελιές (κυρίως πράσινες). Συγκεκριμένα η αντιμικροβιακή δράση του εκχυλίσματος της ελιάς έχει μελετηθεί κυρίως απ'τους Fleming και συν. (1969). Ειδικά η αντιμικροβιακή αυτή δράση στους *Lactobacillus plantarum*, *Leuconostoc mesenteroides* και στους παθογόνους *Pseudomonas aeruginosa* *Staphylococcus aureus* (Juven & Henis 1970, Paster συν 1988, Nychas συν 1990) έχει αποδοθεί σ'ένα φαινολικό γλυκοζίτη, την ελευροπαΐνη, και στα προϊόντα διάσπασής της. Ειδικότερα η ζύμωση της ελιάς που επιτυγχάνεται με τα είδη *Lactobacillus* spp., είναι γνωστό ότι αυτή (ζύμωση) παρεμποδίζεται από τις φαινολικές ουσίες της ελιάς. Η συγκεκριμένη παρεμπόδιση έχει αποδοθεί σε τουλάχιστον έξι φαινολικές ουσίες που εκχυλίζονται από πράσινες ελιές με οξικό αιθυλεστέρα (Fleming et al. 1969; 1973). Αυτές οι ουσίες περιλαμβάνουν τον φαινολικό γλυκοζίτη της ελευροπαΐνης και τα προϊόντα υδρόλυσής της, την β-3,4-διυδροξυφαινουλαιθανόλη, το ελενολικό οξύ και το άγλυκο της ελευροπαΐνης

Τέτοιου είδους εκχυλίσματα έχει αποδειχθεί ότι παρεμποδίζουν την αύξηση ενός αριθμού, κυρίως Gram αρνητικών, βακτηρίων (Fleming et al. 1973; Garrido-Fernandez & Vaughn 1978) καθώς και μερικούς μύκητες (Gourama & Bullerman 1987). Επιπλέον οι Τάσσου και συν. (1990), έδειξε ότι η ελευροπαΐνη παρεμπόδισε την εκβλάστηση των σπορίων του *Bacillus cereus*. Πράγματι η παρουσία τέτοιων παρεμπόδιστικών ουσιών στα απόνερα των ελαιουργείων (Vazquez-Roncero et al. 1974) μπορεί να επηρεάζει την μικροχλωρίδα, ιδιαίτερα τα αερόβια σπορογόνα βακτήρια, του εδάφους όπου ρίχνονται τα απόνερα με αποτέλεσμα την μόλυνση των υδάτινων πόρων (θαλασσιών ή μη) των χωρών της Μεσογείου.

Πολλές έρευνες αφορούν την αντιμικροβιακή δράση εκχυλισμάτων από ελιές. Σημαντική αντιμικροβιακή δράση των συστατικών αυτών επέδειξε η ελευρωπαΐνη, ένας πικρός γλυκοζίτης. Βρέθηκε ότι η ελευρωπαΐνη άσκησε βακτηριοστατική δράση στη *Salmonella enteritidis* σε υγρό θρεπτικό υπόστρωμα, αλλά καμία δράση όταν προστέθηκε σε αποκορυφωμένο γάλα (Tassou and Nychas, 1995). Στην βιβλιογραφία αναφέρεται ότι οι μικροοργανισμοί *Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus* και *Staphylococcus aureus* παρεμποδίστηκαν από την ελευρωπαΐνη, όχι όμως και ο *Pseudomonas fragi*. Η επιπλέον όμως προσθήκη EDTA επηρέασε σαφώς την ανάπτυξη του μικροοργανισμού (Nychas, 1995).

Η ελευρωπαΐνη είναι ικανή να μειώσει κατά 80% την παραγωγή αφλατοξίνης από μύκητες. Την ίδια δράση παρουσιάζουν και άλλα συστατικά που βρέθηκαν σε εκχυλίσματα που λήφθηκαν από ελιές. Συγκεκριμένα οι Paster et al. (1988) παρατήρησαν ότι το ο-κουμαρικό

και το καφεϊκό οξύ απέναντι στο *Staph. aureus*.

Εκτός από την ελευρωπαΐνη, σημαντική δράση παρουσιάζουν και τα προϊόντα υδρόλυσής της (Πίνακας 2). Οι Gourama *et al.*(1989) παρατήρησαν ότι ενώ η ίδια η ελευρωπαΐνη δεν παρεμπόδισε σημαντικά την ανάπτυξη στελεχών από *Penicillium* και *Aspergillus*, σημαντική αντιμικροβιακή δράση παρουσίασε η τυροσόλη, προϊόν υδρόλυσης της ελευρωπαΐνης.

Πίνακας 2: Παρεμπόδιση γαλακτικών βακτηρίων από τα προϊόντα υδρόλυσης της ελευρωπαΐνης (Nychas, 1995)

Βακτήρια	Ελευρωπαΐνη	Άγλυκο	Αιθανολικό οξύ	Διύδροξυ-φαινυλ-αιθανόλη	Μέθυλο-ο-μέθυλο-ελενολικό
<i>Lactobacillus plantarum</i>	-	+	+	-	-
<i>Pediococcus cerevisiae</i>	-	+	+	-	-
<i>Lactobacillus brevis</i>	-	+	+	-	-
<i>Leuconostoc mesenteroides</i>	-	+	+	-	-

Παράγοντες που επηρεάζουν τη δράση των φαινολικών ουσιών

Οι πρωτεΐνες, τα λίπη, το άλας, το pH και η θερμοκρασία επηρεάζουν την αντιμικροβιακή δράση των φαινολικών ενώσεων, επομένως και των αιθέριων ελαίων.

Οι Robach *et al.* (1977) ήταν οι πρώτοι που ανέφεραν ότι η ύπαρξη λιπιδίων σε ομογενοποιημένο κρέας κάβουρα ευθυνόταν για τη μειωμένη παρεμπόδιση της ανάπτυξης του *Vibrio parahaemolyticus* από φαινολικές οθσίες όπως είναι η ΒΗΑ. Οι Shelef *et al.*(1984) δοκιμάζοντας την επίδραση αιθέριων ελαίων στην ανάπτυξη διάφορων μικροοργανισμών σε θρεπτικό υλικό και σε τρόφιμα μοντέλα, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι όλοι οι μικροοργανισμοί ήταν πιο ευαίσθητοι στα θρεπτικά υλικά, ενώ η ανθεκτικότητά τους αυξανόταν καθώς μειωνόταν η περιεκτικότητα του τροφίμου σε νερό και αυξανόταν η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες και λίπη. Η ελευρωπαΐνη δεν είχε καμία παρεμποδιστική επίδραση απέναντι στην *Salmonella enteritidis* όταν προστέθηκε σε άπαχο γάλα. Η ίδια ουσία είχε αντιβακτηριακή δράση όταν δοκιμάστηκε σε θρεπτικό υλικό (Tassou and Nychas, 1994).

Οι Rico-Munoz and Davidson (1983) μελέτησαν την επίδραση καλαμποκέλαιου και καζεΐνης στην αντιμικροβιακή δράση των φαινολικών αντιοξειδωτικών ΒΗΑ και ΤΒΗQ. Η αύξηση της περιεκτικότητας του υλικού σε πρωτεΐνη επηρέασε την παρεμποδιστική δράση των ουσιών αυτών απέναντι στους *Staph. aureus*, *Ps. fluorescens* και *Saccharomyces cerevisiae*. Παρουσία 3% καζεΐνης, το ΒΗΑ προκάλεσε μείωση ενός λογαριθμικού κύκλου στην ανάπτυξη του *Staph. aureus*, ενώ σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις καζεΐνης (6% και 9%) η ουσία δεν είχε καμία παρεμποδιστική επίδραση. Το ΤΒΗQ επηρεάστηκε λιγότερο από την παρουσία της πρωτεΐνης. Η παρουσία καλαμποκέλαιου σε όλες τις περιπτώσεις μείωσε ή εξάλειψε την αντιμικροβιακή δράση και των δύο ουσιών. Και σ'αυτή την περίπτωση το ΤΒΗQ επηρεάστηκε σε μικρότερο βαθμό.

Επειδή το ΤΒΗQ είναι πιο πολικό από το ΒΗΑ, οι πιο πάνω ερευνητές υπέθεσαν ότι η μείωση της αντιμικροβιακής δράσης των φαινολικών ουσιών, οφείλεται στην μεγαλύτερη διαλυτότητα του ΒΗΑ στη λιπαρή φάση. Άλλοι ερευνητές διατύπωσαν την άποψη ότι τα αντιοξειδωτικά χάνουν τη δραστηριότητά τους, επειδή οξειδώνονται κατά προτεραιότητα ώστε να εμποδίσουν την αυτοοξείδωση (Robach *et al.*, 1977). Όσον αφορά την επίδραση της καζεΐνης, πιθανόν να οφείλεται σε υδρόφοβες αλληλεπιδράσεις μεταξύ του πρωτεϊνικού μορίου και του ΒΗΑ

(Cornell *et al.*, 1971).

Η συνεργιστική δράση του άλατος στην παρεμποδιστική δράση των φαινολικών συστατικών είναι υπό αμφισβήτηση. Συγκέντρωση 7% NaCl αύξησε την αντιμυκητιακή και αντιβακτηριακή δράση φαινολικών συστατικών που λήφθηκαν από αιθέρια έλαια. Όταν το επίπεδο του NaCl έφτασε το 10% κανένας από τους μικροοργανισμούς δεν αναπτύχθηκε (Kurita and Koike, 1982). Αντίθετα οι Ruiz-Barba *et al.* (1993) δεν παρατήρησαν συνεργιστική δράση μεταξύ άλατος και φαινολικών συστατικών από πράσινες ελιές στην παρεμπόδιση της ανάπτυξης του *Lactobacillus plantarum*. Ορισμένοι ερευνητές αναφέρουν ύπαρξη συνεργιστικής δράσης και με άλλα συντηρητικά που χρησιμοποιούνται στα τρόφιμα, όπως το σορβικό κάλλιο (Robach and Staleler, 1980).

Η επίδραση του pH στη συντηρητική ικανότητα των φαινολικών συστατικών είναι πιο περίπλοκη, αφού εξαρτάται από τον μικροοργανισμό που εξετάζεται. Στην βιβλιογραφία αναφέρεται ότι το *Clostridium perfringens* είναι πιο ευαίσθητο σε τιμές pH 5,5 και 8,5 ενώ ο *Staph. aureus* σε ουδέτερο pH. Η ανάπτυξη του *Asp. Flavus* παρεμποδίστηκε σε μεγαλύτερο βαθμό από το BHA σε pH 3,5 παρά 5,5. Αντίθετα τα σπόρια του ίδιου μικροοργανισμού ήταν το ίδιο ευαίσθητα σε όλες τις τιμές pH μεταξύ 4 και 9 (Davidson, 1983). Οι Tassou and Nychas (1995) μελέτησαν την ανάπτυξη της *Salmonella enteritidis* σε pH 5,5 έως 7,8 υπό την επίδραση ελευρωπαΐνης. Ο μικροοργανισμός ήταν πιο ευαίσθητος στις χαμηλότερες τιμές pH.

Η θερμοκρασία φαίνεται να παίζει σημαντικό ρόλο στη δράση ορισμένων φαινολικών συστατικών. Για παράδειγμα, σε έρευνες αναφέρεται ότι στον 1°C το BHA δεν είχε καμία επίδραση στην ανάπτυξη του *Ps. fluorescens* ενώ στους 25°C ο μικροοργανισμός παρεμποδίστηκε σε σημαντικό βαθμό. Αυτό πιθανόν να οφείλεται στο γεγονός ότι σε χαμηλές θερμοκρασίες η διαλυτότητα των φαινολικών αντιοξειδωτικών στα λιπίδια της κυτταρικής μεμβράνης μειώνεται με αποτέλεσμα τη μείωση της δραστηριότητάς τους (Davidson, 1983).

Πρέπει να σημειωθεί ότι η σύσταση των φαινολικών ουσιών επηρεάζεται από την παραγωγική διαδικασία και την αποθήκευση των φυτών από τα οποία προέρχονται. Επιπλέον αναφέρεται ότι η αντίδραση μη ενζυματικής αυτοοξειδωσης των συστατικών αυτών, λαμβάνει χώρα υπό ορισμένες συνθήκες αποθήκευσης. Τα δύο αυτά σημεία πρέπει να λαμβάνονται υπόψη από τους ερευνητές που επιθυμούν να μελετήσουν σε βάθος τα συστατικά αυτά (Nychas, 1995).

Μηχανισμός δράσης των αιθέριων ελαίων/φαινολικών ουσιών

Ο μηχανισμός δράσης όλων των αντιμικροβιακών βασίζεται σε μία ή περισσότερες από τις επόμενες αρχές:

(α) Αντίδραση με συστατικά της κυτταρικής μεμβράνης

(β) Αδρανοποίηση διάφορων ενζύμων

(γ) Καταστροφή ή λειτουργική αδρανοποίηση του γενετικού υλικού.

Παρόλο που ακόμα δεν έχει βρεθεί ο ακριβής μηχανισμός δράσης των φαινολικών συστατικών, από διάφορες έρευνες μπορεί κανείς να υποθέσει ότι οι ενώσεις αυτές επιδρούν στα κύτταρα και με τους τρεις τρόπους που αναφέρθηκαν (Davidson, 1983). Ορισμένοι ερευνητές αναφέρουν ότι η αντιμικροβιακή δραστηριότητά τους σχετίζεται με την παρουσία μιας υδροξυλομάδας που υπάρχει στο μόριό τους (Prindle and Wright, 1977; Blaszyk and Holley, 1997).

Οι περισσότερες έρευνες στρέφονται γύρω από την επίδραση των φαινολικών ουσιών στην κυτταρική μεμβράνη. Βρέθηκε ότι η προσθήκη φαινολικών συστατικών στα κύτταρα είτε είναι σπορογόνα είτε όχι, διαταράσσει την ισορροπία και τη φυσιολογική λειτουργία της κυτταρικής τους μεμβράνης με αποτέλεσμα να παρατηρείται απελευθέρωση ενδοκυτταρικών συστατικών (Blank *et al.*, 1987; Helander *et al.*, 1998).

Σε έρευνα κατά την οποία μελετήθηκε η επίδραση φαινολικών συστατικών που λήφθηκαν από πράσινες ελιές επί του *Lactobacillus plantarum* παρατηρήθηκε ότι τα συστατικά αυτά έδρασαν επί της κυτταρικής μεμβράνης του μικροοργανισμού. Φωτογραφίες που λήφθηκαν από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο δείχνουν αρχικά τα κύτταρα να έχουν ομαλή κυτταρική μεμβράνη. Μετά από 24 ώρες επώασης παρουσία φαινολικών ενώσεων, τα κύτταρα παρουσίασαν μια ασυνήθιστη επιφάνεια που καλυπτόταν από προεξοχές ή κόκκους τα οποία έδιναν στη μεμβράνη μια τραχειά όψη (Ruiz-Barba *et al.*, 1990).

Ο Judis (1963) βρήκε ότι το 50% του ενδοκυτταρικού γλουταμινικού Na-3,4 -¹⁴C και το 12% του NaH₂³²PO₄ χάθηκαν από το *E. coli* παρουσία φαινολικών συστατικών. Ο ερευνητής υπέθεσε ότι οι απώλειες οφείλονταν στην εξασθένιση ή καταστροφή των συστημάτων που ελέγχουν τη διαπερατότητα της κυτταρικής μεμβράνης.

Οι Helander *et al.* (1998) μελέτησαν τη δράση ορισμένων φαινολικών συστατικών που απαντούν σε μεγάλα ποσοστά σε αιθέρια έλαια από μπαχαρικά και βότανα, σε ορισμένα Gram αρνητικά βακτήρια. Η καρβακρόλη και η θυμόλη αποικοδόμησαν την εξωτερική μεμβράνη και απελευθέρωσαν κάποια συστατικά της, όπως για παράδειγμα λιποπολυσακχαρίτες. Τέτοια δράση δεν παρουσίασαν παρά μόνο σε ελάχιστο βαθμό η (+)-καρβόνη και η trans-κινναμαλδεΐδη. Επιπλέον η καρβακρόλη και η θυμόλη προκάλεσαν μείωση στα ενδοκυτταρικά αποθέματα ATP στον μικροοργανισμό *E. coli*, ενώ ταυτόχρονα αυξήθηκε το εξωκυτταρικό ATP, γεγονός που επίσης αποδεικνύει ότι προκλήθηκε αποσύνθεση της κυτοπλασματικής μεμβράνης. Πάντως στη βιβλιογραφία αναφέρεται ότι η trans-κινναμαλδεΐδη προκάλεσε κατά τμήματα καταστροφή της ακεραιότητας της κυτταρικής μεμβράνης του *Saccharomyces cerevisiae*, με αποτέλεσμα να παρατηρηθεί υπερβολική διαρροή μεταβολιτών και ενζύμων από το κύτταρο και τελικά να επέλθει θανάτωση του μικροοργανισμού.

Σύμφωνα με κάποιους ερευνητές τα φαινολικά συστατικά αντιδρούν με τα φωσfolιπίδια που βρίσκονται στην κυτταρική μεμβράνη του *Pseudomonas aeruginosa* προκαλώντας αύξηση στην διαπερατότητα της μεμβράνης ή μεταβάλλοντας τη σύνθεση της λιπαρής φάσης του μικροοργανισμού. Η θεωρία αυτή επιβεβαιώνεται αφού αργότερα παρατηρήθηκε ότι η προσθήκη φαινολών προκαλεί απότομη διόγκωση του *Pseudomonas aeruginosa* (Davidson, 1983; Nychas, 1995).

Αρκετά φαινολικά συστατικά (πχ. BHA, ελερωπαΐνη) λόγω της χαμηλής διαλυτότητάς τους στο νερό παραμένουν στην κυτταρική μεμβράνη και δύσκολα διαχέονται στο κυτταρόπλασμα. Αν Δε η θερμοκρασία είναι χαμηλή, μειώνεται η διακυτότητά τους και στα λιπίδια της κυτταρικής μεμβράνης (Wanda *et al.*, 1976). Πιθανότερο όμως είναι η χαμηλά θερμοκρασία να επηρεάζει την ταχύτητα αντίδρασης των συστατικών αυτών (Nychas, 1995). Εκτός όμως από τη θερμοκρασία, ο μηχανισμός δράσης επηρεάζεται και από την ίδια τη συγκέντρωση των φαινολικών ουσιών. Σύμφωνα με τους Prindle and Wright (1977) οι χαμηλές συγκεντρώσεις επιδρούν στη λειτουργικότητα των ενζύμων που σχετίζονται με παραγωγή ενέργειας ενώ υψηλά ποσοστά προκαλούν κατακρήμνιση πρωτεϊνών. Αντίθετα ο Judis (1963) διατύπωσε την άποψη ότι ανεξάρτητα του αν η συγκέντρωση των φαινολικών συστατικών σχετίζεται με την επίδρασή τους στην κυτταρική μεμβράνη, από τη στιγμή που θα προκληθεί οποιαδήποτε ζημιά στη μεμβράνη, η βλάβη επεκτείνεται και λαμβάνει μεγαλύτερες διαστάσεις.

Οι Ghannoum (1988) μελέτησαν το μηχανισμό δράσης του σκόρδου επί της ζύμης *Candida albicans*. Η παρατήρηση με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο έδειξε ότι ενώ αρχικά τα κύτταρα είχαν ομαλή επιφάνεια με σφαιρικό έως επίμηκες σχήμα, μετά από χειρισμό με υδατικό εκχύλισμα σκόρδου εμφανίστηκαν παραμορφωμένα. Επιπλέον παρατηρήθηκε καταστροφή των κυττάρων και καταστροφή της κυτταρικής μεμβράνης. Διαφορές παρατηρήθηκαν και στη λιπιδική σύσταση της κυτταρικής μεμβράνης. Στα κύτταρα που αναπτύχθηκαν υπό την επίδραση σκόρδου αυξήθηκε το ποσοστό των ελεύθερων στερολών και των γλυκολιπιδίων.

Τέλος μειώθηκε η περιεκτικότητά της σε πολυακόρεστα λιπαρά οξέα. Ο ίδιος ερευνητής παρατήρησε ανταγωνιστική δράση ανάμεσα στην αντιμικροβιακή δράση του εκχυλίσματος και θειολικών ομάδων. Αυτό μπορεί να σημαίνει ότι η επίδραση του σκόρδου εστιάζεται στην αδρανοποίηση θειολικών (-SH) ομάδων που υπάρχουν σε ορισμένες πρωτεΐνες του *C. albicans*. Η υπόθεση αυτή ενισχύεται από την αδρανοποίηση των ενζύμων παπαΐνη και αλκοολική αφυδρογένηση του μικροοργανισμού τα οποία περιέχουν θειολικές ομάδες. Τέλος, παρατηρήθηκε ότι η παρουσία σκόρδου προκαλεί μείωση της κατανάλωσης οξυγόνου. Το μοριακό οξυγόνο είναι απαραίτητο για τη σύνθεση ορισμένων λιπαρών οξέων. Στη μεταβολική διαδικασία συμμετέχει ένα ένζυμο με θειολική ομάδα. Αυτά μπορούν πιθανόν να εξηγήσουν τη διαφορετική σύσταση των λιπαρών οξέων της μεμβράνης μετά το χειρισμό των κυττάρων με το υδατικό εκχύλισμα του σκόρδου.

Αρκετές έρευνες αφορούν την επίδραση των φαινολικών συστατικών σε σπορογόνα βακτήρια όσον αφορά την σποροποίηση και εκβλάστηση των σπόρων. Η ικανότητα των φαινολικών συστατικών από ελιές να εμποδίζουν την εκβλάστηση σπορίων οφείλεται πιθανόν στην ικανότητά τους να διαπερνούν το εξωτερικό περίβλημα των σπορίων και να παρεμποδίζουν τη λειτουργία των συστημάτων που ρυθμίζουν την εκβλάστηση (Cook and Pierson, 1983). Στο στάδιο αυτό, φαινολικά συστατικά όπως η χλωροκρεζόλη μετουσιώνουν κατά πάσα πιθανότητα ένζυμα που προωθούν την εκβλάστηση, παρεμποδίζουν το λυτικό ένζυμο σαμππιλοπεπτιδάση Α ή παρεμβαίνουν στη χρησιμοποίηση της L-αλανίνης ή άλλων αμινοξέων απαραίτητων για την εκκίνηση της εκβλάστησης των σπορίων (Blank *et al.*, 1987; Nychas, 1995).

Η δράση των φυτολεξίνων εντοπίζεται επίσης στις κυτταρικές μεμβράνες των μικροοργανισμών. Αυτό είναι φυσικό αφού και οι φυτοαλεξίνες είναι ενώσεις φαινολικής προέλευσης. Πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι λόγω του τρόπου δράσης τους τα φαινολικά συστατικά, τα αιθέρια έλαια και οι φυτοαλεξίνες Προκαλούν περισσότερο βακτηριοστατική παρά βακτηριοκτόνο δράση, επεμβαίνοντας στη λειτουργία των κυτταρικών μεμβρανών ή επιβραδύνοντας άλλες μεταβολικές διεργασίες, όπως η κυτταρική διαίρεση.

Τελειώνοντας, συμπεραίνει κανείς ότι η βακτηριοστατική / βακτηριοκτόνος δράση των φαινολικών συστατικών εστιάζεται σε δύο διαφορετικά επίπεδα: Στο κυτταρικό τοίχωμα και την ακεραιότητα της κυτταρικής μεμβράνης και στη φυσιολογία του βακτηρίου, παρεμποδίζοντας για παράδειγμα την παραγωγή εντεροτοξίνης από το *Staphylococcus* (Kabara and Eklund, 1991). Επίσης είναι σαφές ότι πρέπει να γίνουν πολλές ακόμα έρευνες όσον αφορά το μηχανισμό δράσης των αιθέριων ελαίων και των φαινολικών συστατικών.