

## «Αιθέρια έλαια και εκχυλίσματα φυτών με βιολογικές δράσεις»



Πράπα Ιωάννα, Μοριακή Βιολόγος & Γενετίστρια, PhD

Διδάσκουσα στα πλαίσια του προγράμματος «Απόκτηση ακαδημαϊκής εμπειρίας σε νέους επιστήμονες κατόχους διδακτορικού»

[iprapa@mbg.duth.gr](mailto:iprapa@mbg.duth.gr)

[ioannaprap@gmail.com](mailto:ioannaprap@gmail.com)



ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΡΑΚΗΣ

DEMOCRITUS  
UNIVERSITY  
OF THRACE

7 Νοεμβρίου 2024

**Μοριακή Βιοτεχνολογία και Διατροφή-Εβδομάδα 5**



# Αιθέρια Έλαια

- σύνθετα μίγματα πτητικών δευτεροβάθμιων μεταβολιτών
- απομονώνονται από διάφορα φυτά
- προσθήκη καρυκευμάτων και βοτάνων στα τρόφιμα → βελτίωση γεύσης και αρώματος, αλλά και συντήρηση
- βιολογική τους δράση (αντιμικροβιακή, αντιοξειδωτική, κλπ)
- πρόσθετα τροφίμων
- μειωμένη τοξική επίδραση (π.χ. συγκριτικά με χημικά συντηρητικά)

# Αιθέρια Έλαια

Βιομηχανία τροφίμων:

- 1.Μείωση/ εξάλειψη των χημικών συντηρητικών στα τρόφιμα
- 2.«Φυσικές» μορφές συντήρησης (π.χ. χρήση βιοσυντηρητικών)
- 3.Λειτουργικά τρόφιμα

Πίνακας 2. Αντιβακτηριακή δράση ορισμένων αιθέριων ελαίων από φυτά της οικογένειας *Lamiaceae*.

| Αιθέριο έλαιο          | Βακτηριακό είδος              | Βιβλιογραφική αναφορά                                                     |
|------------------------|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| <i>Origanum</i> spp.   | <i>Escherichia coli</i>       | (Hammer et al., 1999; Burt and Reinders 2003; Mitropoulou et al., 2015)   |
|                        | <i>Salmonella</i> Typhimurium | (Hammer et al., 1999; Mitropoulou et al., 2015)                           |
|                        | <i>Staphylococcus aureus</i>  | (Prudent et al., 1995; Hammer et al., 1999; Mitropoulou et al., 2015)     |
| <i>Thymus</i> spp.     | <i>Listeria monocytogenes</i> | (Firouzi et al., 1998; Smith-Palmer et al., 1998; Cosentino et al., 1999) |
|                        | <i>Salmonella</i> Typhimurium | (Firouzi et al., 1998; Smith-Palmer et al., 1998; Cosentino et al., 1999) |
|                        | <i>Staphylococcus aureus</i>  | (Smith-Palmer et al., 1998; Cosentino et al., 1999)                       |
| <i>Satureja</i> spp.   | <i>Bacillus cereus</i>        | (Chorianopoulos et al., 2006a)                                            |
|                        | <i>Escherichia coli</i>       | (Chorianopoulos et al., 2006a)                                            |
|                        | <i>Listeria monocytogenes</i> | (Chorianopoulos et al., 2006a; Chorianopoulos et al., 2006b)              |
|                        | <i>Salmonella</i> Enteritidis | (Chorianopoulos et al., 2006a; Chorianopoulos et al., 2006b)              |
|                        | <i>Staphylococcus aureus</i>  | (Chorianopoulos et al., 2006a)                                            |
| <i>Salvia</i> spp.     | <i>Escherichia coli</i>       | (Smith-Palmer et al., 1998; Cosentino et al., 1999)                       |
|                        | <i>Listeria monocytogenes</i> | (Smith-Palmer et al., 1998)                                               |
|                        | <i>Salmonella</i> Typhimurium | (Hammer et al., 1999)                                                     |
|                        | <i>Staphylococcus aureus</i>  | (Smith-Palmer et al., 1998; Hammer et al., 1999)                          |
| <i>Rosmarinus</i> spp. | <i>Bacillus cereus</i>        | (Chaibi et al., 1997)                                                     |
|                        | <i>Escherichia coli</i>       | (Smith-Palmer et al., 1998; Hammer et al., 1999; Pintore et al., 2002)    |
|                        | <i>Listeria monocytogenes</i> | (Smith-Palmer et al., 1998)                                               |
|                        | <i>Salmonella</i> Typhimurium | (Hammer et al., 1999)                                                     |
|                        | <i>Staphylococcus aureus</i>  | (Smith-Palmer et al., 1998; Hammer et al., 1999; Pintore et al., 2002)    |

# Αιθέρια Έλαια

- Ενσωμάτωση των αιθέριων ελαίων σε τρόφιμα
- Αντιμικροβιακή δράση στο τρόφιμο → πολλαπλάσια συγκέντρωση

π.χ.

- ❖ 2x ποσότητα σε σκόνη γάλακτος (Karatzas et al., 2001)
- ❖ 10x σε χοιρινά λουκάνικα (Pandit and Shelef, 1994)
- ❖ 50x σε σούπες (Ultee and Smid, 2001)

- Η καρβακρόλη (το βασικό συστατικών πολλών αιθέριων ελαίων από φυτά της οικογένειας *Lamiaceae*) και τα αιθέρια έλαια ρίγανης και θυμαριού δρουν ανασταλτικά έναντι παθογόνων μικροοργανισμών και έναντι της αυτόχθονης αλλοιωγόνου μικροβιακής χλωρίδας του κρέατος.

- Αντιθέτως, αιθέρια έλαια από άλλα φυτά (όπως μέντα, αρτεμισία, κλπ) δεν ήταν το ίδιο αποτελεσματικά.

# Αιθέρια Έλαια

## καρβακρόλη

-βασικό συστατικών πολλών αιθέριων ελαίων από φυτά της οικογένειας *Lamiaceae*

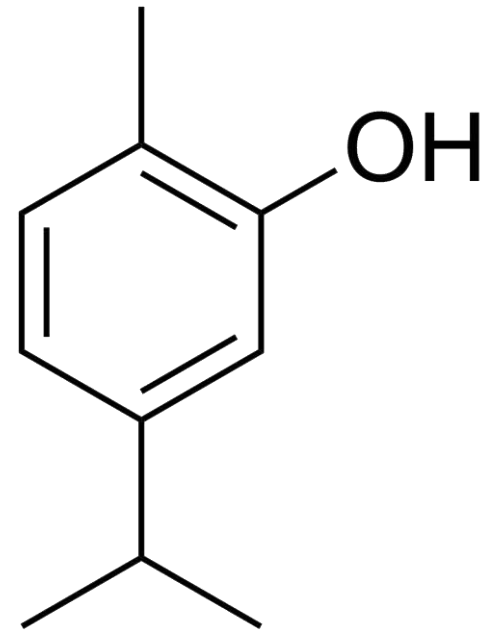
&

αιθέρια έλαια ρίγανης και θυμαριού

→ Ανασταλτική δράση έναντι παθογόνων μικροοργανισμών

& έναντι της αλλοιωγόνου μικροβιακής χλωρίδας του κρέατος

μέντα, αρτεμισία, κλπ → μειωμένη δράση



### Πίνακας 3. Αιθέρια ελαία από φυτά της οικογένειας *Lamiaceae* ως αντιμικροβιακοί παράγοντες σε διάφορα τρόφιμα

| Τρόφιμο           | Αιθέριο έλαιο           | Βακτηριακό είδος                                | Βιβλιογραφική αναφορά        |
|-------------------|-------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------|
| Μοσχαρίσιο κρέας  | <i>Origanum</i> spp.    | <i>L. monocytogenes</i>                         | (Tsigarida et al., 2000)     |
|                   | <i>Origanum</i> spp.    | Φυσική μικροβιακή χλωρίδα                       | (Skandamis and Nychas, 2000) |
|                   | <i>Rosmarinus</i> spp.  | Φυσική μικροβιακή χλωρίδα                       | (Nerin et al., 2006)         |
| Χοιρινός κιμάς    | <i>Satureja montana</i> | <i>L. monocytogenes</i>                         | (Carramiñana et al., 2008)   |
|                   | <i>Origanum</i> spp.    | Σπόρια <i>C. botulinum</i>                      | (Ismaiel and Pierson, 1990)  |
| Χοιρινά λουκάνικα | <i>Rosmarinus</i> spp.  | <i>L. monocytogenes</i>                         | (Pandit and Shelef, 1994)    |
| Φιλέτο κοτόπουλου | <i>Origanum</i> spp.    | Φυσική μικροβιακή χλωρίδα                       | (Chouliara et al., 2007)     |
| Φιλέτο σολωμού    | <i>Origanum</i> spp.    | <i>P. phosphoreum</i>                           | (Mejholm and Dalgaard, 2002) |
| Φιλέτο βακαλάου   | <i>Origanum</i> spp.    | <i>P. phosphoreum</i>                           | (Mejholm and Dalgaard, 2002) |
| Ταραμοσαλάτα      | <i>Origanum</i> spp.    | <i>S. Enteritidis</i>                           | (Koutsoumanis et al., 1999)  |
|                   | <i>Mentha</i> spp.      | <i>S. Enteritidis</i> , <i>L. monocytogenes</i> | (Tassou et al., 1995)        |
|                   | <i>Origanum</i> spp.    | <i>E. coli</i>                                  | (Skandamis et al., 2002)     |
| Τζατζίκι          | <i>Mentha</i> spp.      | <i>S. Enteritidis</i> , <i>L. monocytogenes</i> | (Tassou et al., 1995)        |
|                   | <i>Origanum</i> spp.    | <i>E. coli</i>                                  | (Skandamis et al., 2002)     |
| Καρότα            | <i>Thymus</i> spp.      | <i>E. coli</i>                                  | (Singh et al., 2002)         |
| Μαρούλι           | <i>Thymus</i> spp.      | <i>E. coli</i>                                  | (Singh et al., 2002)         |

# Αιθέρια Έλαια

Στο κρέας: υψηλό ποσοστό λίπους → ↓βιολογικής δράσης των αιθέριων ελαίων

Λύση: εγκαψυλίωση

- Εγκαψυλίωση αιθέριου ελαίου από δεντρολίβανο είχε πιο αποτελεσματική δράση έναντι της *Listeria monocytogenes* σε χοιρινά λουκάνικα σε σχέση με το ελεύθερο αιθέριο έλαιο (Pandit and Shelef, 1994)

# Αιθέρια Έλαια

αιθέρια έλαια για ψάρια (Mejholm and Dalgaard, 2002):

αιθέριο έλαιο ρίγανης *vs.* *Photobacterium phosphoreum*:

σε φιλέτο βακαλάου (++)

σε φιλέτο σολωμού (+)

αιθέριο έλαιο ρίγανης (++) *vs.* αιθέριο έλαιο μέντας (+)

σε λιπαρά ψάρια (Tassou et al., 1995; Koutsoumanis et al., 1999).

# Αιθέρια Έλαια

Όμως..



Αιθέριο έλαιο μέντας → αποτελεσματικό έναντι της *Salmonella* Enteritidis σε γιαούρτι χαμηλών λιπαρών (Tassou et al., 1995),

&

αποτελεσματική αντιμικροβιακή δράση σε φρούτα και λαχανικά

↓ λιπαρά σε αυτά τα προϊόντα (Skandamis and Nychas, 2000)

# «Έξυπνη Συσκευασία» και Αιθέρια Έλαια

- Η συσκευασία προστατεύει τα τρόφιμα από βιολογικούς και χημικούς κινδύνους, διασφαλίζοντας μεγαλύτερο χρόνο ζωής.
- Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί διάφορες τεχνολογίες για να ικανοποιήσουν τις ανάγκες της βιομηχανίας και των καταναλωτών, με τη συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας να αποτελεί την πιο συνηθισμένη εφαρμογή.
- Σε αυτή την περίπτωση, εισάγεται στη συσκευασία το κατάλληλο αέριο μίγμα και διατηρείται η επιθυμητή του σύσταση μέσω:
  - Παρεμπόδισης της διείσδυσης του οξυγόνου, διοξειδίου του άνθρακα και υδρατμών διαμέσου του υλικού συσκευασίας,
  - Αποφυγής μεταβολών της θερμοκρασίας που πιθανόν να επιφέρουν αλλαγές στην διαπερατότητα του υλικού συσκευασίας,
  - Ελαχιστοποίησης της επιφάνειας της συσκευασίας, και
  - Χρήσης υλικού συσκευασίας με το κατάλληλο πάχος.

# «Έξυπνη Συσκευασία» και Αιθέρια Έλαια

- Η συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας επιτυγχάνει την παρεμπόδιση ανάπτυξης αλλοιογόνων και παθογόνων μικροοργανισμών, με αποτέλεσμα την αύξηση του χρόνου ζωής των τροφίμων.
- Παρόλ' αυτά, σε προϊόντα που διατηρούνται σε χαμηλές θερμοκρασίες υπό κενό ή υπό τροποποιημένη ατμόσφαιρα είναι δυνατή η ανάπτυξη μικροαερόφιλων ψυχρότροφων παθογόνων βακτηρίων.
- Συνεπώς, επιπλέον αντιμικροβιακοί παράγοντες θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν για να εξασφαλιστεί η μικροβιακή ασφάλεια και σταθερότητα των προϊόντων.
- Ο όρος «έξυπνη συσκευασία» εισήχθηκε τελευταία για να περιγράψει μια σειρά από καινοτομίες που στοχεύουν στην αύξηση του χρόνου συντήρησης, χωρίς επιδράσεις στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των τροφίμων.
- Μια καινοτόμα εφαρμογή είναι η εισαγωγή φυσικών αντιμικροβιακών παραγόντων στη συσκευασία, οι οποίοι μεταφέρονται στα τρόφιμα ή στον αέριο χώρο μεταξύ τροφίμου και υλικού συσκευασίας (headspace).

# «Έξυπνη Συσκευασία» και Αιθέρια Έλαια

- Η χρήση των αιθέριων ελαίων στην έξυπνη συσκευασία ενδείκνυνται, καθώς είναι πτητικά και ανήκουν στην κατηγορία των «φυσικών» συντηρητικών, ικανοποιώντας τις απαιτήσεις των καταναλωτών.
- Όμως, προς το παρόν η εφαρμογή τους είναι περιορισμένη εξαιτίας του πολύ έντονου αρώματος που επηρεάζει τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των προϊόντων και της μειωμένης δραστηριότητας, λόγω συχνής αλληλεπίδρασης με τα συστατικά των τροφίμων.

# Μηχανισμοί Δράσης Αιθέριων Ελαίων

- Αν και η βιολογική δράση των αιθέριων ελαίων θεωρείται πλέον δεδομένη, πολύ λίγα είναι γνωστά σχετικά με τους μηχανισμούς δράσης τους.
- Γενικά, η δράση των αιθέριων ελαίων εξαρτάται από τη συγκέντρωσή τους.
- Έτσι, σε χαμηλές συγκεντρώσεις φαίνεται ότι επηρεάζουν ενζυμικά συστήματα που συνδέονται με την παραγωγή ενέργειας, ενώ σε υψηλότερες συγκεντρώσεις προκαλούν μετουσίωση των πρωτεϊνών.
- Πολλοί μηχανισμοί έχουν προταθεί για τη δράση των αιθέριων ελαίων, όπως η παρεμπόδιση ενζυμικών αντιδράσεων, η αναστολή σύνθεσης δομικών για το κύτταρο βιομορίων, δομικές αλλαγές και αλλαγές στη διαπερατότητα της κυτταροπλασματικής μεμβράνης, κλπ.

# Μηχανισμοί Δράσης Αιθέριων Ελαίων

- Συγκεκριμένα, η καρβακρόλη αποδιατάσσει την κυτταροπλασματική μεμβράνη και προκαλεί δραστική μείωση της διαβάθμισης του pH αμφοτέρων πλευρών της μεμβράνης, με αποτέλεσμα την παρεμπόδιση σύνθεσης ATP και τελική συνέπεια τον κυτταρικό θάνατο.
- Αυτές οι επιδράσεις στην πρωτονιοκίνητη δύναμη συσχετίζονται με διαρροή συγκεκριμένων ενδοκυτταρικών ιόντων.
- Μελέτες αντιμικροβιακής δράσης της καρβακρόλης και αιθέριων ελαίων από τσάι αναφέρουν ότι προκαλούν διαρροή ενδοκυτταρικών συστατικών.
- Άλλες μελέτες έχουν δείξει ότι τα αιθέρια έλαια επιδρούν στα συστήματα αναπνοής βακτηρίων και ζυμών.
- Σε αντίθεση με πολλά αντιβιοτικά, τα αιθέρια έλαια διαπερνούν την εξωτερική μεμβράνη των Gram (-) κυττάρων μέσω ειδικών πρωτεϊνών (πορινών) και δρουν στον περιπλασματικό χώρο.

# Μηχανισμοί Δράσης Αιθέριων Ελαίων

- Η θερμοκρασία, επίσης, επηρεάζει τη δράση των αιθέριων ελαίων.
- Σε χαμηλές θερμοκρασίες μειώνεται η διαλυτότητά τους και παρεμποδίζεται η διαπερατότητα των κυτταρικών μεμβρανών.
- Τα αιθέρια έλαια έχουν την ικανότητα προσρόφησης μεταλλικών στοιχείων τα οποία δρουν ως συμπαραάγοντες πολλών ενζύμων.
- Για παράδειγμα, αιθέρια έλαια από γαρίφαλο και ρίγανη προσροφούν ιόντα σιδήρου.
- Άλλος πιθανός μηχανισμός δράσης αφορά αλληλεπιδράσεις μεταξύ συστατικών των αιθέριων ελαίων (π.χ. πολυφαινολών) και συστατικών των κυτταρικών μεμβρανών (π.χ. πρωτεϊνών).

# Μηχανισμοί Δράσης Αιθέριων Ελαίων

- Καθώς η δράση των πολυφαινολών (βασικό συστατικό των αιθέριων ελαίων) εστιάζεται κατά κύριο λόγο στην κυτταροπλασματική μεμβράνη, είναι μάλλον δύσκολη η ανάπτυξη ανθεκτικών μικροβιακών στελεχών.
- Εντούτοις, υπάρχουν σημαντικές διαφορές όσο αφορά τη δραστικότητα των αιθέριων ελαίων έναντι διαφορετικών ειδών.
- Γενικά, τα Gram (+) βακτήρια είναι πιο ευαίσθητα σε σχέση με τα Gram (-), αν και μεγάλες διαφορές έχουν παρατηρηθεί μεταξύ Gram (-) ειδών.
- Για παράδειγμα, το *E. coli* είναι λιγότερο ανθεκτικό σε αιθέρια έλαια αρτεμισίας, δεντρολίβανου, κύμινου, αγριοκύμινου, γαρύφαλου και θυμαριού, συγκριτικά με τα *Pseudomonas fluorescents* και *Serratia marcescens*, ενώ η *Salmonella Typhimurium* είναι πιο ευαίσθητη έναντι του *Pseudomonas aeroginosa* σε αιθέριο έλαιο ρίγανης και θυμαριού.

# Αιθέρια Έλαια και Νομοθεσία

- Σήμερα, η χρήση αντιμικροβιακών και αντιοξειδωτικών ουσιών από φυτά δεν έχει καθιερωθεί στη βιομηχανία και συνεπώς δεν υπάρχει καθορισμένο νομοθετικό πλαίσιο.
- Όμως, τα αιθέρια έλαια προστίθενται σε κάποια τρόφιμα κυρίως ως βελτιωτικά γεύσης, όπως σε σαλάτες, λουκάνικα, σάλτσες, κλπ.
- Το συνεχώς αυξανόμενο ενδιαφέρον για την κατανάλωση «φυσικών» τροφίμων ωθεί τη βιομηχανία προς την υιοθέτηση εναλλακτικών μορφών συντήρησης έναντι των χημικών προσθέτων που χρησιμοποιούνται ευρέως στις μέρες μας.
- Έτσι, η έρευνα στρέφεται προς τον ακριβή καθορισμό της χημικής σύστασης των αιθέριων ελαίων και τον προσδιορισμό της τοξικότητά τους για να αναγνωρισθούν ως ασφαλή προϊόντα (GRAS).
- Επιπλέον, είναι απαραίτητο να προσδιοριστεί η βέλτιστη συγκέντρωσή τους στα διάφορα προϊόντα, έτσι ώστε να εμφανίζουν μέγιστη βιολογική δράση, χωρίς να προκαλούν αλλεργικά προβλήματα ή προβλήματα τοξικότητας.

# Νέες Τάσεις στην Έρευνα

- Κατά την παραγωγή, διανομή και πώληση των τροφίμων, είναι απαραίτητη η διατήρηση των φυσικοχημικών και λειτουργικών χαρακτηριστικών τους, καθώς και η προστασία από αλλοιωγόνους και παθογόνους μικροοργανισμούς (ασφάλεια των τροφίμων).
- Τα κύρια μέσα που χρησιμοποιούνται σήμερα για τη διατήρηση της ποιότητας και ασφάλειας των τροφίμων είναι:
  - Η προστασία των τροφίμων από αλλοιογόνους και παθογόνους μικροοργανισμούς,
  - Η αδρανοποίηση αλλοιογόνων και παθογόνων μικροοργανισμών σε περίπτωση εισβολής διαμέσου της συσκευασίας,
  - Η παρεμπόδιση ή/και αναστολή της ανάπτυξης αλλοιογόνων και παθογόνων μικροοργανισμών που δεν αδρανοποιήθηκαν κατά την παστερίωση, συσκευασία, κλπ.

# Νέες Τάσεις στην Έρευνα

- Για την επίτευξη των παραπάνω στόχων, η βιομηχανία εφαρμόζει συγκεκριμένες διεργασίες, όπως θερμική επεξεργασία (παστερίωση), προσθήκη συντηρητικών, εφαρμογή υψηλών πιέσεων, κλπ, οι οποίες διαφέρουν ανάλογα με το είδος του τροφίμου.
- Η χρήση των «φυσικών συντηρητικών», όπως τα αιθέρια έλαια, αναμένεται να οδηγήσει στην ανάπτυξη νέων μεθόδων συντήρησης που θα στοχεύουν στην παραγωγή υψηλής ποιότητας προϊόντων.
- Όμως, για την εφαρμογή τους, είναι απαραίτητο:
  - Να αποσαφηνιστεί πλήρως ο τρόπος δράσης τους στους κυτταρικούς μηχανισμούς, τόσο των μικροοργανισμών, όσο και του ανθρώπου (ενεργοποίηση βιοχημικών μονοπατιών, μεταγωγή σημάτων, κλπ),
  - Να κατανοηθούν οι επιδράσεις μεταξύ της φύσης του τροφίμου και της βιολογικής δράσης των αιθέριων ελαίων (αλληλεπιδράσεις μεταξύ συστατικών των αιθέριων ελαίων και των τροφίμων, σωστή διασπορά των αιθέριων ελαίων σε όλη τη μάζα των τροφίμων, κλπ),

# Νέες Τάσεις στην Έρευνα

- Να αξιοποιηθούν νέες τεχνολογίες (π.χ. συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας, κλπ), που πιθανόν να δρουν συνεργειακά στη συντήρηση των τροφίμων,
- Να αναπτυχθούν μαθηματικά μοντέλα που θα μπορούν να προβλέψουν με ακρίβεια τον χρόνο ζωής των προϊόντων,
- Να γίνουν αντιληπτές οι απαιτήσεις των καταναλωτών όσο αφορά την ποιότητα των τροφίμων.

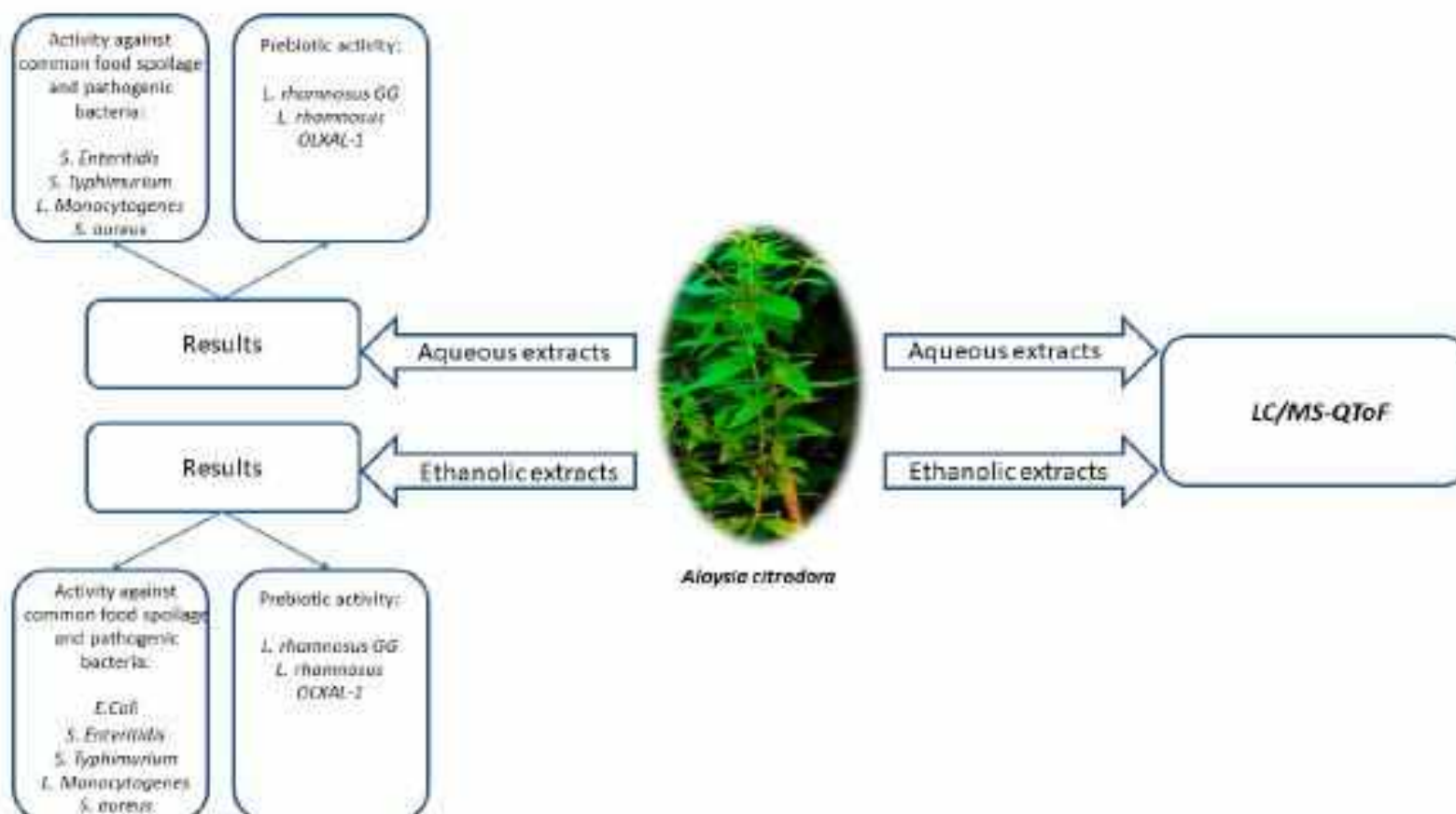
## Φυτικά εκχυλίσματα

- Διάφορα μέρη του φυτού (βλαστός, ρίζα, φύλλα, άνθη, καρποί) χρησιμοποιούνται για την παραγωγή εκχυλισμάτων.
- Η σύσταση του δείγματος (είδος φυτού, γεωγραφική τοποθεσία, περίοδος συλλογής, διαδικασία εκχύλισης, είδος διαλύτη).
- Συστατικά των φυτικών εκχυλισμάτων, φλαβονοειδή, γλυκοζίτες, φαινολικά και άλλα οργανικά οξέα κτλ.
- Από τους αρχαίους χρόνους συνηθιζόταν η προσθήκη καρυκευμάτων και βοτάνων στα τρόφιμα, όχι μόνο ως βελτιωτικά γεύσης και αρώματος, αλλά και ως συντηρητικά.

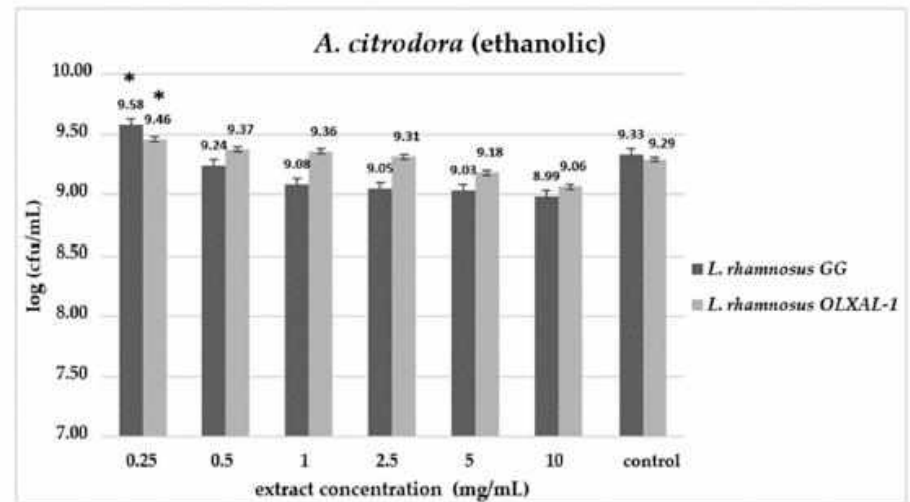
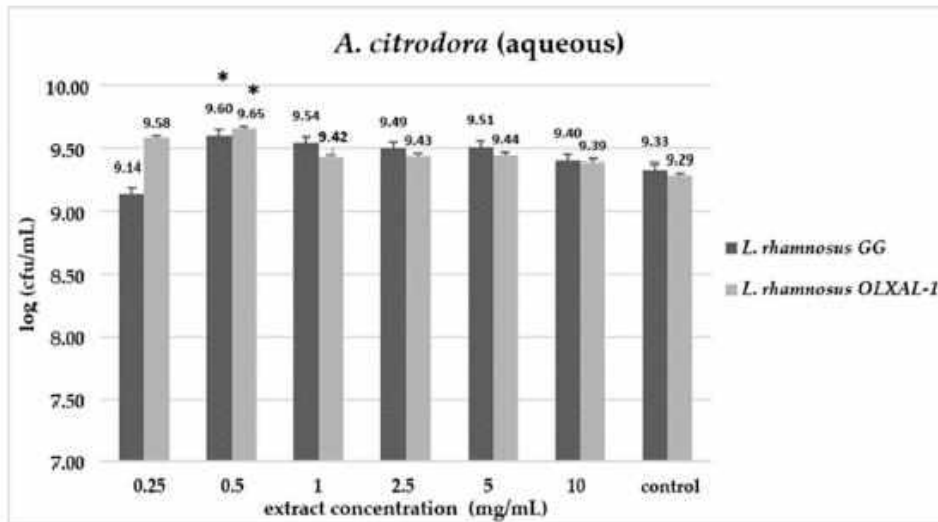
## Φυτικά εκχυλίσματα

- Βιολογικές δράσεις: αντιμικροβιακή, αντιοξειδωτική, αντιφλεγμονώδης, αντικαρκινική
- Τα τελευταία χρόνια, γίνεται προσπάθεια για δραστική μείωση ή και εξάλειψη των χημικών συντηρητικών στα τρόφιμα και την υιοθέτηση εναλλακτικών και φυσικών μορφών συντήρησης (π.χ. χρήση βιοσυντηρητικών)
- Πρόσφατα, έχουν προσελκύσει το ενδιαφέρον των επιστημόνων και της βιομηχανίας τροφίμων ως πιθανοί ενισχυτές ανάπτυξης ευεργετικών μικροοργανισμών (πρεβιοτικά), καθώς η προσθήκη τους στη βέλτιστη συγκέντρωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη λειτουργική ρύθμιση του μικροβιώματος των τροφίμων.

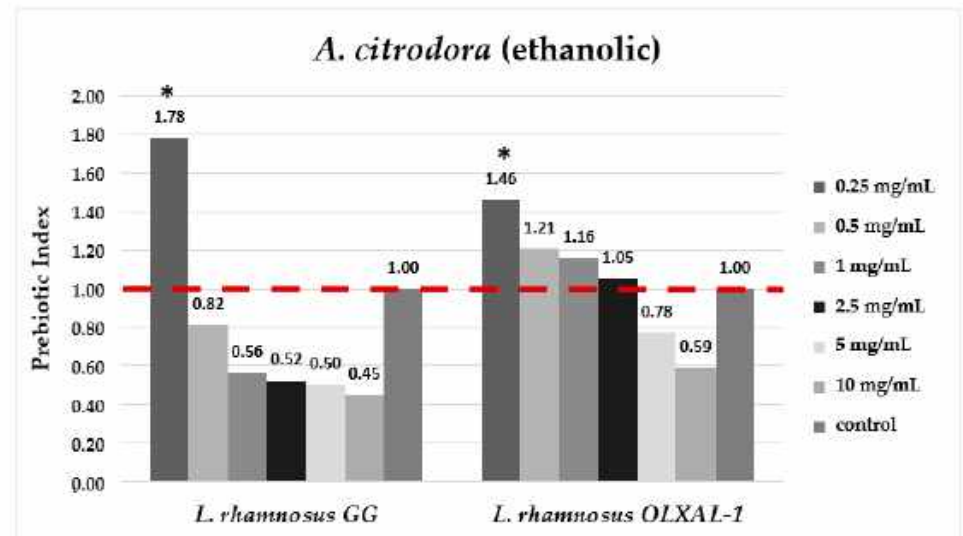
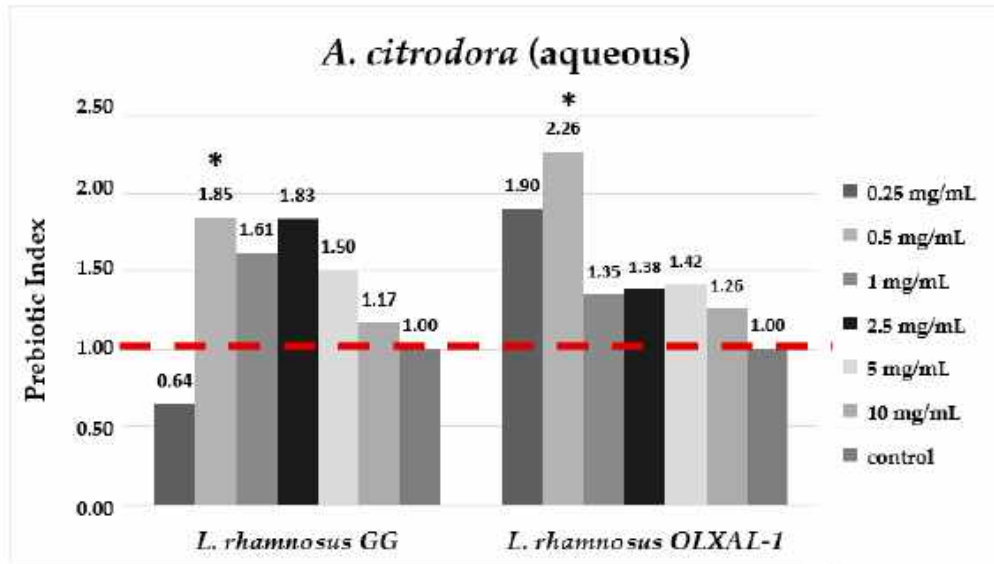
## Πρεβιοτική δράση φυτικών εκχυλισμάτων



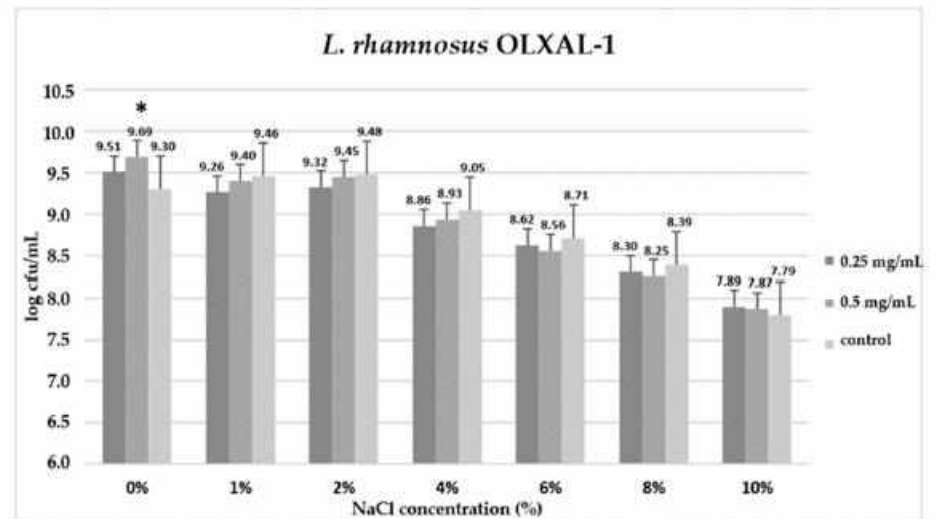
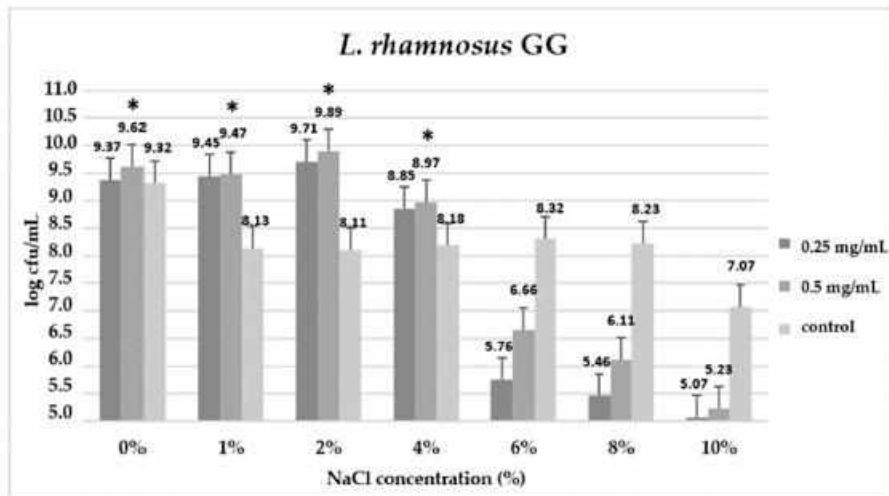
## Πρεβιοτική δράση φυτικών εκχυλισμάτων



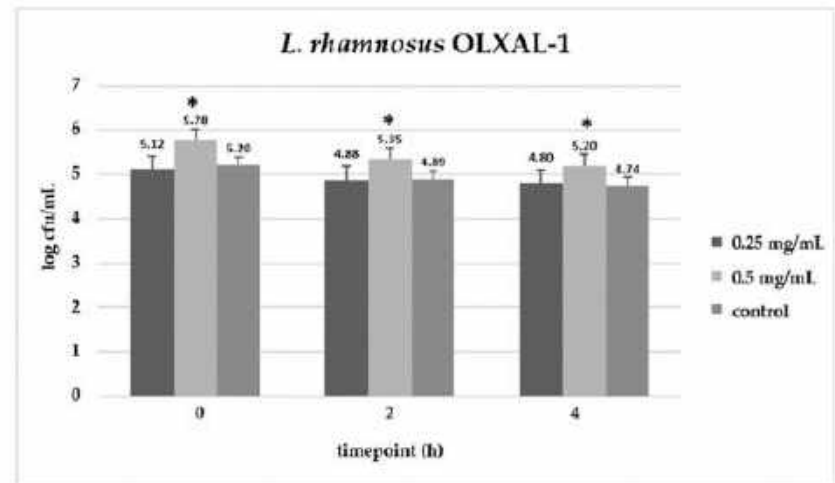
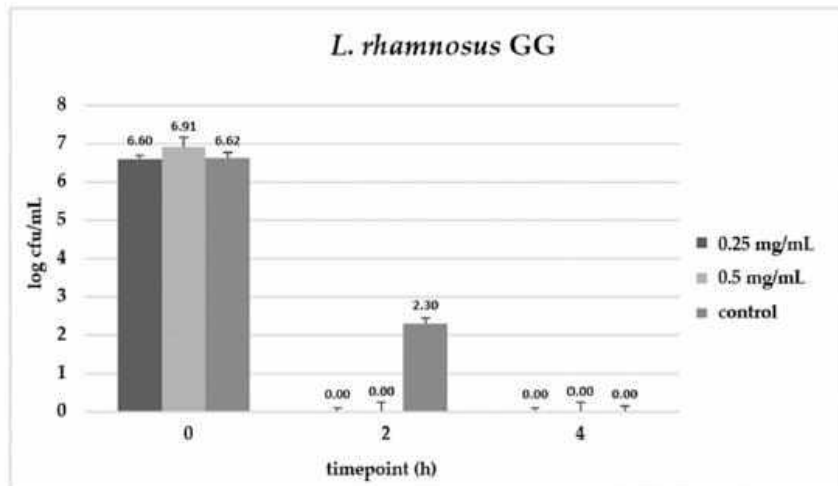
## Πρεβιοτική δράση φυτικών εκχυλισμάτων



## Πρεβιοτική δράση φυτικών εκχυλισμάτων



## Πρεβιοτική δράση φυτικών εκχυλισμάτων



(b)

Effect of aqueous *A. citroflora* extract (mg (dry matter)/mL) as growth stimulator of (a) *Lactocaseibacillus rhamnosus* GG and (b) *Lactocaseibacillus rhamnosus* OLYAL-1 in MRS enriched with bile salts (0.3% w/v). Significant difference ( $p < 0.05$ ) compared to the control (MRS broth) is indicated with \*.

## Πρεβιοτική δράση φυτικών εκχυλισμάτων

**Table 5.** Minimum inhibitory concentration (MIC) and minimum bactericidal concentration (MBC) (mg/(dry matter)/mL) of *A. citrodora* aqueous and ethanolic extracts against common food-spoilage and pathogenic bacteria.

| Microbial Species       | <i>A. citrodora</i><br>(Aqueous) |     | <i>A. citrodora</i><br>(Ethanolic) |      |
|-------------------------|----------------------------------|-----|------------------------------------|------|
|                         | MIC                              | MBC | MIC                                | MBC  |
| <i>S. Enteritidis</i>   | 12.5                             | 50  | 6.25                               | 25   |
| <i>S. Typhimurium</i>   | 12.5                             | 50  | 6.25                               | 25   |
| <i>L. monocytogenes</i> | 6.25                             | 25  | 1.56                               | 6.25 |
| <i>E. coli</i>          | NA                               | NA  | 12.5                               | 50   |
| <i>S. aureus</i>        | 6.25                             | 25  | 3.12                               | 12.5 |

NA: no activity.

## Πρεβιοτική δράση φυτικών εκχυλισμάτων

**Table 6.** Minimum inhibitory concentration (MIC) and minimum bactericidal concentration (MBC) (mg/ (dry matter)/ mL) of *A. citrodora* aqueous and ethanolic extracts against *Lactocaseibacillus rhamnosus* GG and wild-type *Lactocaseibacillus rhamnosus* OLYAL-1.

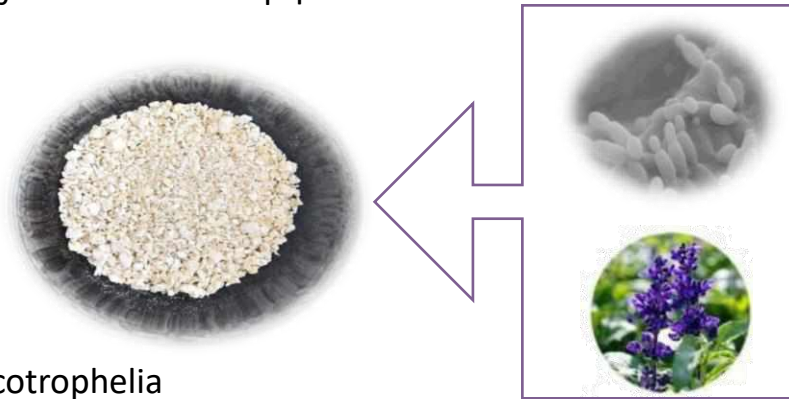
| Microbial Species           | <i>A. citrodora</i><br>(Aqueous) |     | <i>A. citrodora</i><br>(Ethanolic) |     |
|-----------------------------|----------------------------------|-----|------------------------------------|-----|
|                             | MIC                              | MBC | MIC                                | MBC |
| <i>L. rhamnosus</i> GG      | 50                               | 200 | 25                                 | 100 |
| <i>L. rhamnosus</i> OLYAL-1 | 100                              | 400 | 50                                 | 200 |

# Καινοτόμα προϊόντα

Διαγωνισμοί καινοτομίας:

Trophy challenge

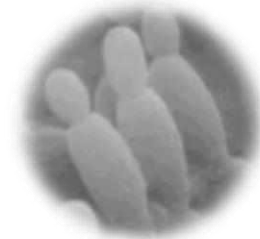
- Νιφάδες βρώμης με προβιοτικό στέλεχος και υδατικό εκχύλισμα *S. officinalis* σε εδώδιμη συσκευασία



Ecotrophelia

- Γιαούρτι με προβιοτικό στέλεχος και υδατικό εκχύλισμα *A. holosericae* και γιαούρτι vegan
- με προβιοτικό στέλεχος και υδατικό εκχύλισμα *S. officinalis*

Γιαούρτι με *L. rhamnosus* και  
υδατικό εκχύλισμα *C. albidus* (λαδανιά)



## Καινοτόμα προϊόντα

### ➤ Σε τυρί τύπου φέτας:

Τυρί τύπου φέτα με ακινητοποιημένα κύτταρα *L. paracasei* και φυτικό εκχύλισμα *S. officinalis* (φασκόμηλο)

| Προβιοτικό<br>στέλεχος | Περίπτωση                                                                         | Προβιοτικό<br>στέλεχος | Περίπτωση                                                                                                     |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| -                      | <i>S. officinalis</i>                                                             | -                      | <i>L. monocytogenes</i>                                                                                       |
| -                      | <i>S. officinalis</i> και<br>ηλιόσπορος                                           | <i>L. paracasei</i>    | <i>L. monocytogenes</i> και λυοφιλιωμένα<br>ελεύθερα κύτταρα                                                  |
| <i>L. paracasei</i>    | <i>S. officinalis</i> και<br>λυοφιλιωμένα ελεύθερα κύτταρα                        | <i>L. paracasei</i>    | <i>L. monocytogenes</i> και λυοφιλιωμένα<br>ακινητοποιημένα κύτταρα σε<br>ηλιόσπορο                           |
| <i>L. paracasei</i>    | <i>S. officinalis</i> και λυοφιλιωμένα<br>ακινητοποιημένα κύτταρα σε<br>ηλιόσπορο | -                      | <i>S. officinalis</i> και <i>L. monocytogenes</i>                                                             |
|                        |                                                                                   | <i>L. paracasei</i>    | <i>S. officinalis</i> και <i>L. monocytogenes</i><br>και λυοφιλιωμένα ελεύθερα<br>κύτταρα                     |
|                        |                                                                                   | <i>L. paracasei</i>    | <i>S. officinalis</i> και <i>L. monocytogenes</i><br>και λυοφιλιωμένα ακινητοποιημένα<br>κύτταρα σε ηλιόσπορο |



### ➤ Σε κρασί:

Ζυμώσεις οίνου χαμηλού αλκοολικού βαθμού και βιοσυντηρητικό εκχύλισμα *H. perforatum* (βαλσαμόχορτο)



# Φαρμακευτικά Τρόφιμα

# Φαρμακευτικά Τρόφιμα (Nutraceuticals)

- Στη σημερινή εποχή παρατηρείται έντονο ενδιαφέρον για την παραγωγή τροφίμων που εκτός από υψηλή διατροφική αξία θα εμφανίζουν και φαρμακευτική δράση, με στόχο την πρόληψη ή/και θεραπεία διάφορων ασθενειών.
- Τέτοια προϊόντα είναι κυρίως τρόφιμα εμπλουτισμένα με συγκεκριμένα συστατικά, αλλά τελευταία έχουν εμφανιστεί και φαρμακευτικά προϊόντα σε μορφή χαπιών, σκόνης, κλπ, που περιέχουν βιοενεργές ενώσεις, προερχόμενες από διάφορες τροφές.
- Οι βιοενεργές ουσίες που χρησιμοποιούνται συνήθως είναι ενώσεις με αντιοξειδωτική δράση (πολυφαινόλες, φυτοστερόλες, κλπ), μεταλλικά στοιχεία, βιταμίνες και  $\omega$ -3- και  $\omega$ -6-λιπαρά οξέα, οι οποίες προστίθενται κυρίως σε τρόφιμα φυτικής προέλευσης (φρούτα και λαχανικά) και σε γαλακτοκομικά προϊόντα.
- Ο συνδυασμός προβιοτικών καλλιεργειών, πρεβιοτικών και βιοενεργών ουσιών μπορεί να έχει θετική επίδραση στην υγεία των καταναλωτών.

# Φαρμακευτικά Τρόφιμα (Nutraceuticals)

- Τα  $\omega$ -3- και  $\omega$ -6-λιπαρά οξέα δρουν ευεργετικά στο μεταβολισμό, στο ανοσοποιητικό σύστημα και στη ρύθμιση της εντερικής μικροβιακής χλωρίδας, ενώ διάφορες ενώσεις φυτικής προέλευσης εμφανίζουν αντιοξειδωτική, αντιφλεγμονώδη, ανοσορρυθμιστική και αντικαρκινική δράση.
- Ορισμένες ουσίες και τα προϊόντα μεταβολισμού τους μπορούν να παρεμποδίσουν την ανάπτυξη παθογόνων μικροοργανισμών και να διεγείρουν την ανάπτυξη επιθυμητών μικροβιακών ειδών, δρώντας με αυτό τον τρόπο ως πρεβιοτικά.
- Οι πρωτεΐνες του γάλακτος έχουν προταθεί ως φυσικά μέσα για την ενσωμάτωση βιοενεργών συστατικών σε τρόφιμα, καθώς οι δομικές και φυσικοχημικές ιδιότητές τους τις καθιστούν εξαιρετικά συστήματα εγκαψυλίωσης (Livney, 2010).
- Οι ιδιότητες αυτές συνοψίζονται:
  - στην ικανότητά τους να δεσμεύουν ιόντα και μικρά μόρια,

# Φαρμακευτικά Τρόφιμα (Nutraceuticals)

- στη δυνατότητα σχηματισμού πηκτών και διόγκωσης των σχηματιζόμενων πηκτών ανάλογα με το pH, γεγονός που επιτρέπει την προγραμματισμένη απελευθέρωση των βιοενεργών ουσιών,
  - στη δυνατότητα προστασίας των εγκλωβισμένων ουσιών, και
  - στον υψηλό βαθμό διάσπασης και αφομοίωσής τους από τον ανθρώπινο οργανισμό.
- Για παράδειγμα, τα μικκύλια της καζεΐνης δοκιμάστηκαν επιτυχώς για την εγκαψυλίωση της βιταμίνης D, με αποτέλεσμα τη μερική προστασία της από την UV ακτινοβολία (Semo et al., 2007).
  - Τα μικκύλια θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για τον εμπλουτισμό παιδικών τροφών με ασβέστιο, φωσφορικά άλατα και πρωτεΐνες.
  - Άλλο παράδειγμα αποτελεί το γιαούρτι, το οποίο έχει χρησιμοποιηθεί στην παρασκευή λειτουργικών τροφίμων.

# Φαρμακευτικά Τρόφιμα (Nutraceuticals)

- Έτσι, προστέθηκαν σε γάλα φυτοστερόλες, ισοφλαβόνες και  $\omega$ -3-λιπαρά οξέα, αλλά και τα προβιοτικά στελέχη *L. gasseri* ή *Bifidobacterium infantis* μαζί με *Streptococcus thermophilus* και *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* για την επιτάχυνση της οξίνισης και συνεπώς της πήξης του γάλακτος (Awaisheh et al., 2005).
- Έχει μελετηθεί, επίσης, η δυνατότητα χορήγησης βιοενεργών ουσιών εγκλωβισμένων σε μικρογαλακτώματα (Spernath and Aserin, 2005).
- Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου περιλαμβάνουν τον εύκολο και αυθόρμητο σχηματισμό των γαλακτωμάτων, τη θερμοδυναμική σταθερότητά τους και την αυξημένη διαλυτότητα των βιοενεργών συστατικών.
- Η μέθοδος θεωρήθηκε κατάλληλη για τη χορήγηση πεπτιδίων, φαρμάκων και άλλων βιοενεργών ενώσεων.

## Πίνακας 4. Βιοενεργές ουσίες που έχουν χρησιμοποιηθεί για την παρασκευή τροφίμων με φαρμακευτική δράση.

| Βιοενεργή ουσία                   | Μέσο εγκλωβισμού  | Προσθήκη σε τρόφιμο | Ευεργετική επίδραση                                                              | Βιβλιογραφική αναφορά          |
|-----------------------------------|-------------------|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| Γλυκουρονικό ασβέστιο, βιταμίνη Ε | Χιτοζάνη          | Φράουλα, βατόμουρο  | Αύξηση συγκέντρωσης των συγκεκριμένων θρεπτικών συστατικών                       | (Han et al., 2004)             |
| Γλυκουρονικό ασβέστιο             | Χιτοζάνη          | Φράουλα             | Αύξηση διατροφικής αξίας                                                         | (Hernández-Muñoz et al., 2008) |
| Ασκορβικό οξύ                     | Αλγινικά          | Παπάγια             | Προστασία του ασκορβικού οξέος                                                   | (Tapia et al., 2008)           |
| <i>Bifidobacterium lactis</i>     | Αλγινικά, γελλάνη | Μήλο, παπάγια       | Διατήρηση των επιπέδων του <i>B. lactis</i> >10 <sup>6</sup> cfu/g για 10 ημέρες | (Tapia et al., 2007)           |

# Φαρμακευτικά Τρόφιμα (Nutraceuticals) και Νομοθεσία

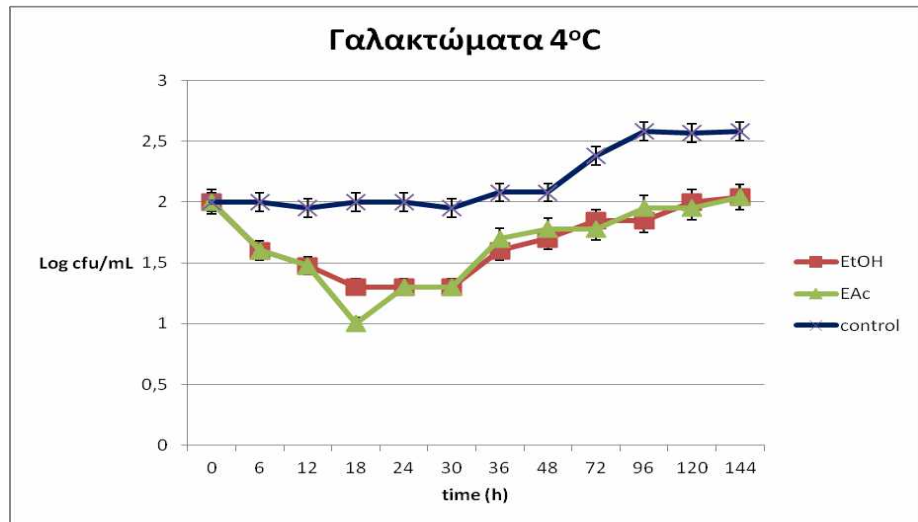
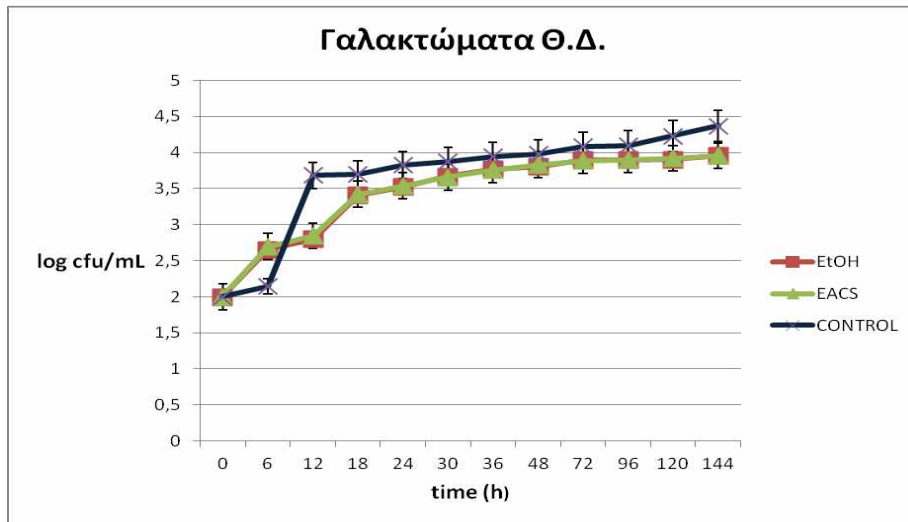
- Η κατηγοριοποίηση των παραπάνω προϊόντων ως φαρμακευτικές ουσίες ή τρόφιμα, δεν είναι εφικτή, καθώς ακόμα δεν έχει διευθετηθεί η κατάταξή τους από νομικής πλευράς.
- Σύμφωνα με τη νομοθεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης, θα μπορούσαν να θεωρηθούν ως τρόφιμα ή συμπληρώματα διατροφής, αλλά και ως φάρμακα, αφού χορηγούνται με στόχο:
  - α) την πρόληψη και θεραπεία συγκεκριμένων ασθενειών, και
  - β) να αποκαταστήσουν/«διορθώσουν», ή να τροποποιήσουν φυσιολογικές λειτουργίες σε ανθρώπους.

# Εφαρμογές στην Τεχνολογία Τροφίμων

## Εργαστήριο Εφαρμοσμένης Μικροβιολογίας και Βιοτεχνολογίας: Έρευνα και Καινοτομία

Γαλάκτωμα με εκχυλίσματα από *Satureja thymbra* και αντίσταση στην μικροβιακή αλλοίωση

### *L. monocytogenes*



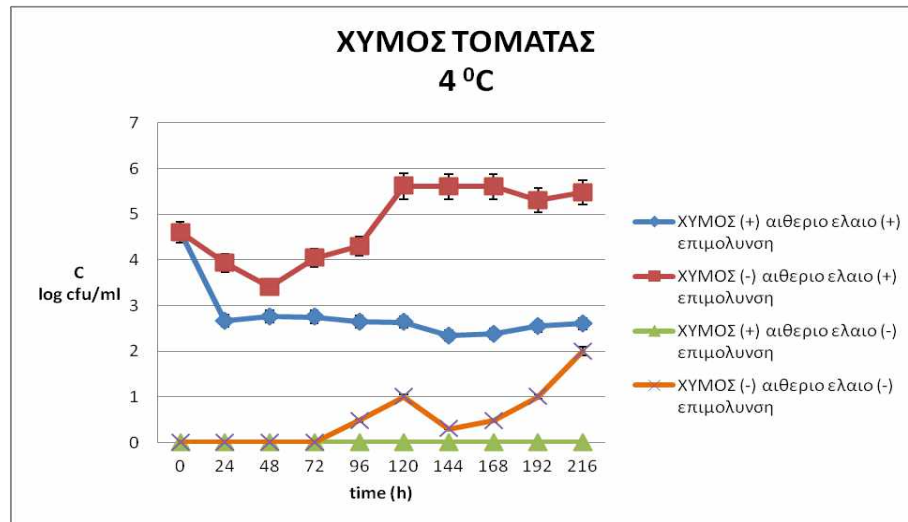
Tsimogiannis et al., 2017

# Εφαρμογές στην Τεχνολογία Τροφίμων

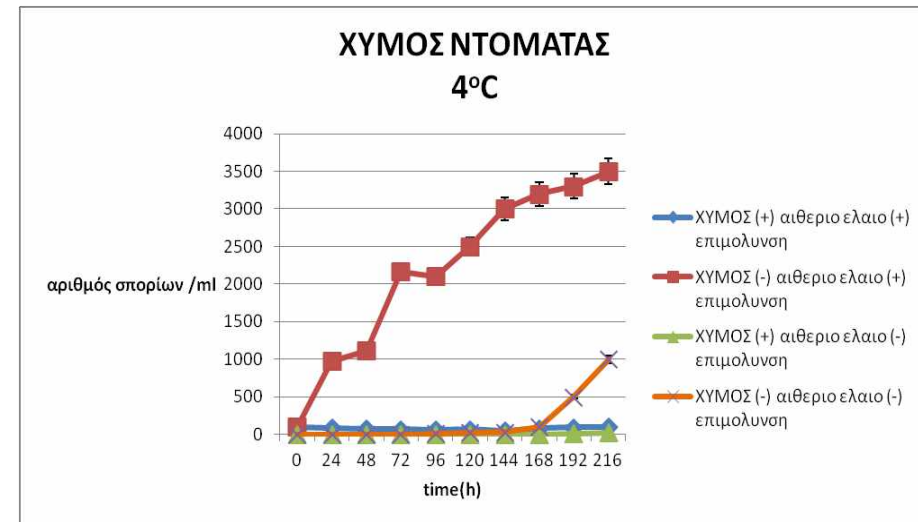
## Εργαστήριο Εφαρμοσμένης Μικροβιολογίας και Βιοτεχνολογίας: Έρευνα και Καινοτομία

Τοματοχυμός με αιθέριο έλαιο από *Origanum vulgare* ssp. *hirtum* και αντίσταση στην μικροβιακή αλλοίωση

### *S. cerevisiae*



### *A. niger*

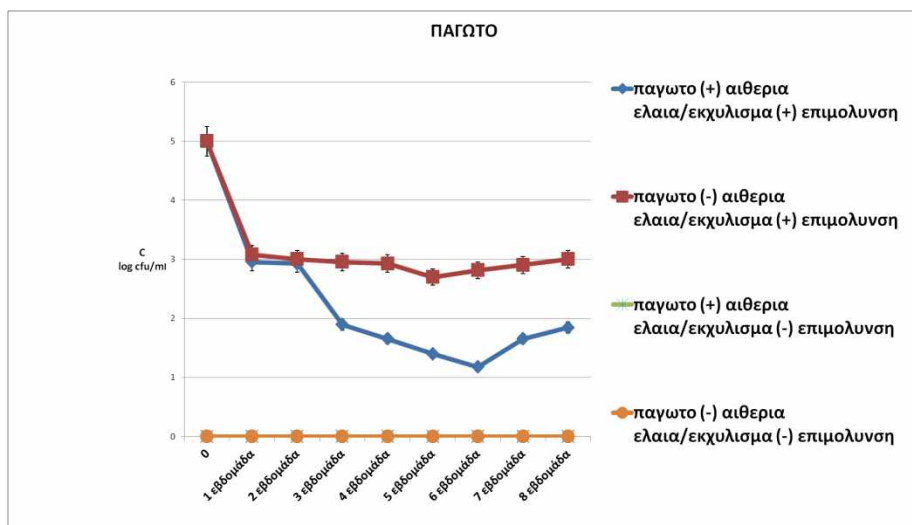


# Εφαρμογές στην Τεχνολογία Τροφίμων

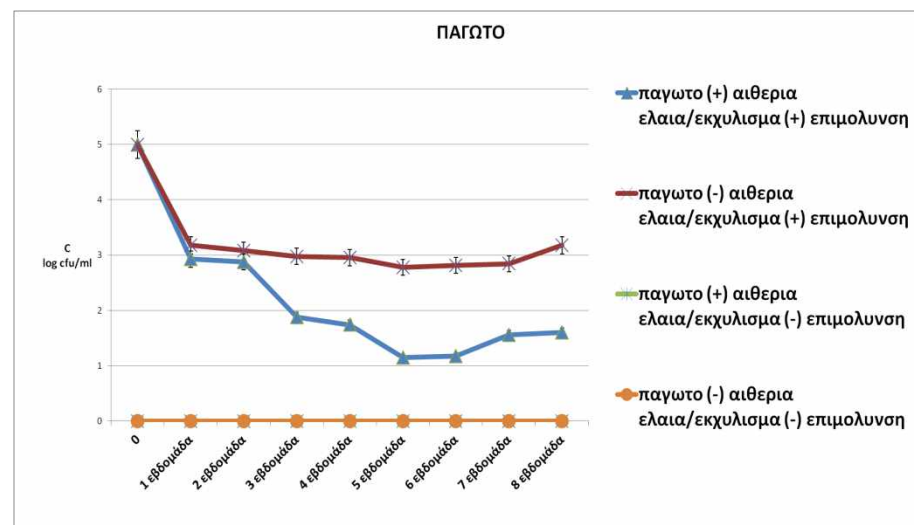
## Εργαστήριο Εφαρμοσμένης Μικροβιολογίας και Βιοτεχνολογίας: Έρευνα και Καινοτομία

Παγωτό με αιθέριο έλαιο από *Pistacia lentiscus* και αντίσταση στην μικροβιακή αλλοίωση

*E. coli*



*L. monocytogenes*

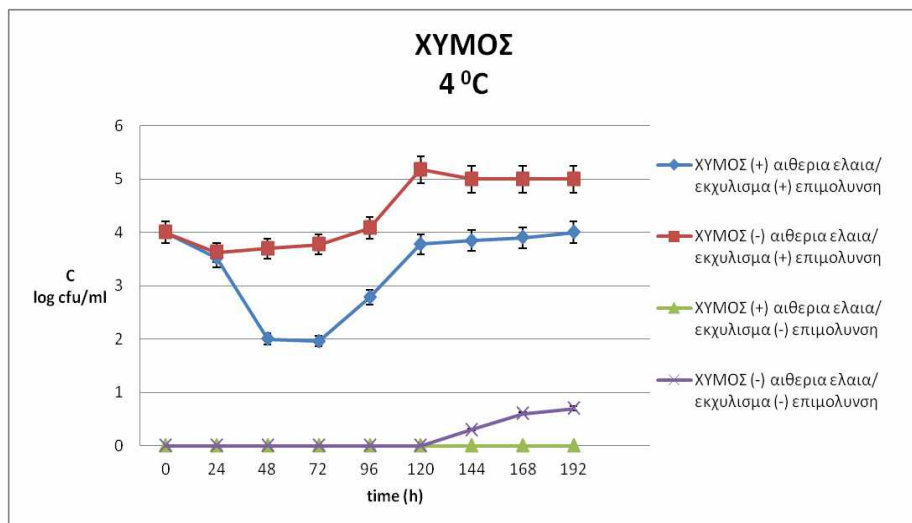


# Εφαρμογές στην Τεχνολογία Τροφίμων

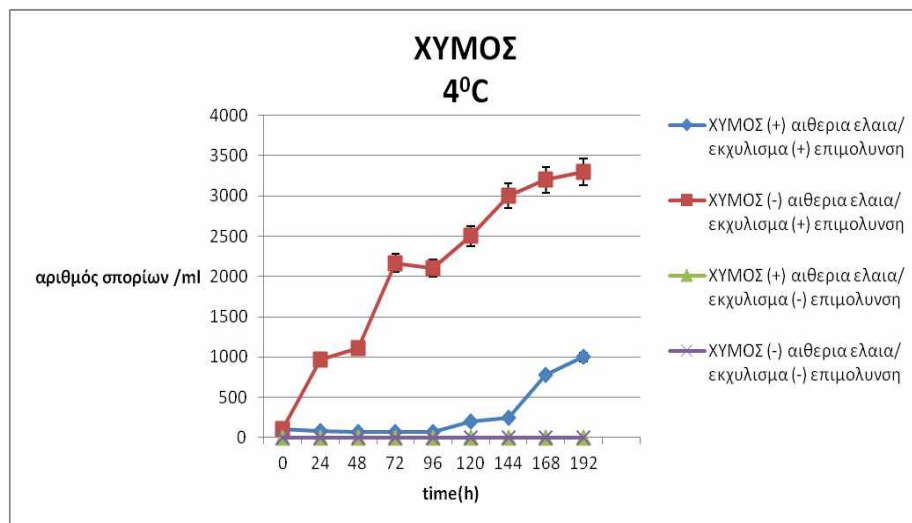
## Εργαστήριο Εφαρμοσμένης Μικροβιολογίας και Βιοτεχνολογίας: Έρευνα και Καινοτομία

Χυμός με αιθέρια έλαια από *Pistacia lentiscus* και *Fortunella margarita* και αντίσταση στην μικροβιακή αλλοίωση

### *S. cerevisiae*



### *A. niger*



# Χυμός φρούτων με αντιοξειδωτικά από *Satureja thymbra*

Παρουσίαση έργου BioActiveHealth στην 82<sup>η</sup> ΔΕΘ  
(Σεπτέμβριος 2017)





# Η ερευνητική ομάδα



Εργαστήριο Εφαρμοσμένης  
Μικροβιολογίας & Βιοτεχνολογίας

# Βιβλιογραφία

- Awaisheh SS, Haddadin MSY, Robinson RK (2005) *Int Dairy J* 15:1184.
- Burt SA, Reinders RD (2003) *Lett Appl Microbiol* 36:162.
- Carramiñana JJ, Rota C, Burillo J, Herrera A (2008) *J Food Prot* 71:502.
- Chaibi A, Ababouch LH, Belasri K, Boucetta S, Busta FF (1997) *Food Microbiol* 14:161.
- Chorianopoulos NG, Lambert RJW, Skandamis PN, Evergetis ET, Haroutounian SA, Nychas GJ (2006a) *J Appl Microbiol* 100:778.
- Chorianopoulos N, Evergetis E, Mallouchos A, Kalpoutzakis E, Nychas GJ, Haroutounian SA (2006b) *J Agric Food Chem* 54:3139.
- Chouliara E, Karatapanis A, Savvaidis IN, Kontominas MG (2007) *Food Microbiol* 24:607.
- Cosentino S, Tuberoso CIG, Pisano B, Satta M, Mascia V, Arzedi E, Palmas F (1999) *Lett Appl Microbiol* 29:130.
- Firouzi R, Azadbakht M, Nabinedjad A (1998) *J Appl Anim Res* 14:75.
- Hammer KA, Carson CF, Riley TV (1999) *J Appl Microbiol* 86:985.
- Han C, Zhao Y, Leonard SW, Traber MG (2004) *Postharv Biol Technol* 33:67.
- Hernández-Muñoz P, Almenar E, Valle VD, Velez D, Gavara R (2008) *Food Chem* 110:428.
- Ismail AA, Pierson MD (1990) *J Food Prot* 53:958-960.
- Karatzas AK, Kets EPW, Smid EJ, Bennik MHJ (2001) *J Appl Microbiol* 90:463.
- Koutsoumanis K, Lambropoulou K, Nychas G-JE (1999) *Int J Food Microbiol* 49:67.
- Livney YD (2010) *Curr Opin Colloid Interface Sci* 15:73.
- Mejholm O, Dalgaard P (2002) *Lett Appl Microbiol* 34:27.
- Mitropoulou G Bardouki H Vamvakias M Panas P Paraskevas P Kourkoutas Y (2022) *Microbiol Res* doi.org/ [10.3390/microbiolres13030048](https://doi.org/10.3390/microbiolres13030048).
- Mitropoulou G, Oreopoulou A, Papavasiliopoulou E, Vamvakias M, Panas P, Fragias S, Kourkoutas Y (2021) *Appl Microbiol* <https://doi.org/10.3390/applmicrobiol1010001>.
- Nerin C, Tovar L, Djenane D, Camo J, Salafranca J, Beltran JA, Roncales P (2006) *J Agric Food Chem* 54:7840.
- Pandit VA, Shelef LA (1994) *Food Microbiol* 11:57.
- Pintore G, Usai M, Bradesi P, Juliano C, Boatto G, Tomi F, Chessa M, Cerri R, Casanova J (2002) *Flavour Fragr J* 17:15.
- Prudent D, Perineau F, Bessiere JM, Michel GM, Baccou JC (1995) *J Essent Oil Res* 7:165.
- Semo E, Kesselman E, Danino D, Livney YD (2007) *Food Hydrocol* 21:936.
- Singh N, Singh RK, Bhunia AK, Stroshine RL (2002) *Lebensm Wiss u Technol* 35:720.
- Skandamis PN, Davies KW, McClure PJ, Koutsoumanis K, Tassou C (2002) *Food Microbiol* 19:405.
- Skandamis PN, Nychas GJ (2000) *Appl Environ Microbiol* 66:1646.
- Smith-Palmer A, Stewart J, Fyfe L (1998) *Lett Appl Microbiol* 26:118.
- Spernath A, Aserin A (2006) *Adv Colloid Interface Sci* 128-130:47.
- Tapia MS, Rojas-Graü MA, Carmona A, Rodríguez FJ, Soliva-Fortuny R, Martín-Belloso O (2008) *Food Hydrocol* 22:1493.
- Tapia MS, Rojas-Graü MA, Rodríguez FJ, Ramírez J, Carmona A, Martín-Belloso O (2007) *J Food Sci* 72:E190.
- Tsigarida E, Skandamis P, Nychas GJ (2000) *J Appl Microbiol* 89:901.
- Tsimogiannis D, Choulitoudi E, Bimpilas A, Mitropoulou G, Kourkoutas Y, Oreopoulou V (2017) *J Appl Res Med Aromat Plants* 4:12.
- Ultee A, Smid EJ (2001) *Int J Food Microbiol* 64:373.