



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΧΗΜΕΙΑΣ ΚΑΙ ΒΙΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ  
ΕΘΝΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΕΡΕΥΝΩΝ  
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΧΗΜΙΚΗΣ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ

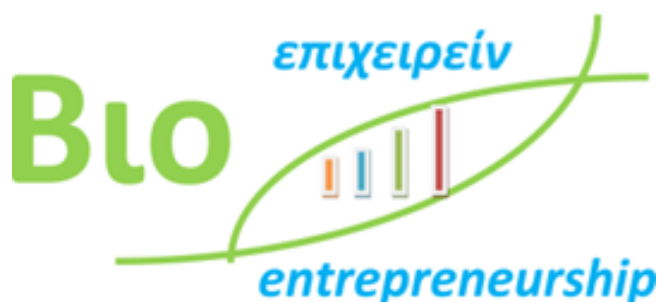


## ΔΙΔΡΥΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

### ΒΙΟΕΠΙΧΕΙΡΕΙΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ

ΕΡΓΑΣΙΑ



---

ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΜΑΣΤΙΧΑΣ ΧΙΟΥ ΣΤΑ ΤΡΟΦΙΜΑ

---

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: ΕΠΙΚ.ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ,  
ΓΙΑΝΝΟΥΛΗ ΠΕΡΣΕΦΟΝΗ

ΓΟΥΛΙΑΡΜΗ ΕΛΕΝΗ

00112

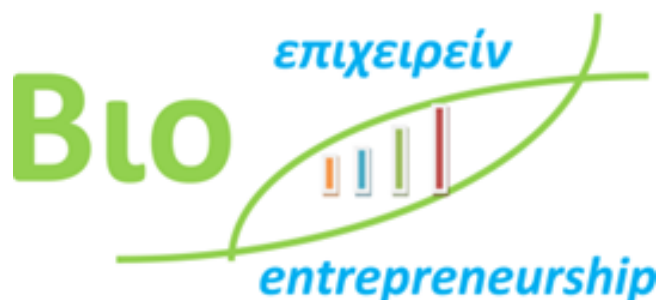
ΛΑΡΙΣΑ, 2023



UNIVERSITY OF THESSALY  
SCHOOL OF HEALTH SCIENCES  
DEPARTMENT OF BIOCHEMISTRY AND BIOTECHNOLOGY  
NATIONAL HELLENIC RESEARCH FOUNDATION  
INSTITUTE OF CHEMICAL BIOLOGY



**INTERSTITUTIONAL PROGRAM OF POSTGRADUATE STUDIES  
IN**



**MASTER THESIS**

---

**CHIOS MASTIC GUM CURRENT FOOD APPLICATIONS**

---

**SUPERVISOR: ASSISTANT PROFESSOR AT THE UNIVERSITY OF THESSALY, GIANNOULI  
PERSEFONI**

**GOULIARMI ELENI**

**00112**

**LARISSA, 2023**

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο σπουδών για την απόκτηση του Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης στο

## **ΒΙΟΕΠΙΧΕΙΡΕΙΝ**

που απονέμει το Τμήμα Βιοχημείας και Βιοτεχνολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, σε συνεργασία με \*χώρος εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας\* (αν υπάρχει).

Εγκρίθηκε την ..... από την τριμελή εξεταστική επιτροπή:

### **ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ**

| <b>ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ</b> | <b>ΒΑΘΜΙΔΑ</b>                | <b>ΥΠΟΓΡΑΦΗ</b> |
|----------------------|-------------------------------|-----------------|
| ΓΙΑΝΝΟΥΛΗ Π.         | ΕΠΙΚ.ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ,ΠΑΝ.ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ |                 |
| ΛΕΩΝΙΔΑΣ Δ.          | ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ,ΠΑΝ.ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ       |                 |
| ΨΑΡΑ Α.Μ             | ΑΝ.ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ,ΠΑΝ.ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ   |                 |

## Ευχαριστίες (προαιρετικά)

**(Σελίδα για αφιέρωση – προαιρετικά)**

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών, οι διατροφικές αντιλήψεις των ανθρώπων έχουν εξελιχθεί σημαντικά. Η δίαιτα, πλέον, δεν είναι συνυφασμένη αποκλειστικά με την ικανοποίηση βασικών διατροφικών αναγκών, αλλά παράλληλα προσανατολίζεται προς τη βελτίωση της φυσικής κατάστασης των ανθρώπων και την πρόληψη ασθενειών. Στο πλαίσιο αυτό, η επιστημονική κοινότητα στοχεύει στην αξιοποίηση βιοδραστικών συστατικών φυτικής ή/και ζωικής προέλευσης. Με την χρήση καινοτόμων μεθόδων, πλέον είναι εφικτή η ενσωμάτωσή τους στα διάφορα τρόφιμα. Μια από τις φυτικές πηγές τέτοιων συστατικών με αποδεδειγμένη από την εποχή της αρχαιότητας ευεργετική επίδραση στην υγεία είναι και η μαστίχα Χίου. Πρόκειται για την αρωματική ρητίνη που παράγεται από τον αιθαλή θάμνο *Pistacia Lentiscus* var. Chia. Τόσο η ρητίνη, όσο και τα εκχυλίσματα αυτής, χρησιμοποιούνται ευρέως από τις βιομηχανίες τροφίμων εδώ και πάρα πολλά χρόνια. Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, διερευνήθηκαν οι σύγχρονες εφαρμογές της μαστίχας Χίου στα τρόφιμα. Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε τόσο στη Χημεία της μαστίχας όσο και στις μεθόδους εισαγωγής της στα διάφορα τρόφιμα. Τόσο η ρητίνη όσο και το αιθέριο έλαιο αυτής είναι αδιάλυτα στο νερό. Με στόχο την διατροφική αξιοποίησή τους, η εισαγωγή τους στα τρόφιμα πραγματοποιείται μέσω καινοτόμων μεθόδων όπως η ενθυλάκωση ή η ανάμειξη της σκόνης με άλλα συστατικά (πρωτεΐνες, πολυσακχαρίτες). Μάλιστα, όλα τα παραγόμενα προϊόντα αποκτούν χαρακτήρα «λειτουργικό». Μέσω της παρούσας εργασίας συστηματικής ανασκόπησης εξήχθησαν ενδιαφέροντα συμπεράσματα τα οποία σχετίζονται όχι μόνο με τον αξιόλογο, πολύπλευρο χαρακτήρα της μαστίχας Χίου αλλά και με τον ενεργό ρόλο της επιστήμης τροφίμων στην προάσπιση της ανθρώπινης υγείας.

**Λέξεις κλειδιά:** Μαστίχα Χίου, ενθυλάκωση, λειτουργικά τρόφιμα, σύγχρονες εφαρμογές, βιολογική αξία.

## SUMMARY

Over the past decades, people's dietary perceptions have evolved considerably. Diets are no longer solely concerned with meeting basic nutritional needs, but are also geared towards improving people's physical condition and preventing disease. In this context, the scientific community is aiming to use bioactive ingredients of plant and/or animal origin. Using innovative methods, it is now possible to incorporate them into foodstuffs. One of the herbal sources of such ingredients with a proven beneficial effect on health since ancient times is the mastic of Chios. It is the aromatic resin produced from the evergreen bush *Pistacia Lentiscus* var. *Chia*. Both the resin and its extracts have been widely used by the food industry for many years. In the present work, the modern applications of Chios mastic in food products were investigated. Particular emphasis was placed on both the chemistry of mastic and the methods of its introduction into various foods. Both the resin and its essential oil are insoluble in water. With a view to their nutritional use, their introduction into foodstuffs is carried out by innovative methods such as encapsulation or mixing the powder with other ingredients (proteins, polysaccharides). In fact, all the products obtained have a 'functional' character. Through the present systematic review, interesting conclusions were drawn which relate not only to the remarkable, multifaceted character of Chios mastic but also to the active role of food science in the defence of human health.

**Keywords:** Chios mastic, encapsulation, functional food, modern applications, biological value.

## ΣΚΟΠΟΣ

Η μαστίχα Χίου είναι ένα πολύπλοκο μίγμα διαφόρων φυτοχημικών ομάδων με ποικίλες βιολογικές ιδιότητες. Οι αναφορές για τη χρήση της, όχι μόνο ως φάρμακο αλλά και ως πρόσθετο τροφίμων ανάγονται στην εποχή της αρχαιότητας, γεγονός που αποδίδεται τόσο στο ευχάριστο άρωμα όσο και στην θεραπευτική της δράση. Σκοπός της παρούσας εργασίας συστηματικής ανασκόπησης είναι η μελέτη των σύγχρονων εφαρμογών της μαστίχας Χίου στα τρόφιμα. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στους διάφορους τρόπους ενσωμάτωσής της με αυτά, οι οποίοι αποτελούν απόρροια των χημικών της ιδιοτήτων.



## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

|   |    |
|---|----|
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 .....  | 7  |
| Η ΜΑΣΤΙΧΑ ΧΙΟΥ .....  | 7  |
| 1.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....   | 7  |
| 1.2. ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ.....  | 7  |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 .....  | 12 |
| Η ΧΗΜΕΙΑ ΤΗΣ ΜΑΣΤΙΧΑΣ ΧΙΟΥ.....   | 12 |
| 2.1. ΧΗΜΙΚΗ ΔΟΜΗ .....  | 12 |
| 2.2.1. ΤΑ ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΕΚΧΥΛΙΣΜΑΤΑ .....  | 14 |
| 2.2.2. Η ΥΔΑΤΙΚΗ ΦΑΣΗ .....   | 16 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 .....  | 22 |
| ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΜΑΣΤΙΧΑΣ ΧΙΟΥ ΣΤΑ ΤΡΟΦΙΜΑ .....                                 | 22 |
| 3.2. ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ & ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΤΡΟΦΙΜΑ.....                                     | 22 |
| 3.3. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ΣΤΑ ΤΡΟΦΙΜΑ .....   | 25 |
| 3.3.1. ΕΝΘΥΛΑΚΩΣΗ ΣΕ ΛΙΠΟΣΩΜΑΤΑ.....  | 26 |
| 3.3.2. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΕΝΘΥΛΑΚΩΣΗΣ ΠΡΟΒΙΟΤΙΚΩΝ ΚΥΤΤΑΡΩΝ.....                                   | 31 |
| 3.3.3. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΕ ΑΝΑΜΕΙΞΗ ΜΕ ΡΥΖΑΛΕΥΡΟ .....  | 37 |
| 3.3.4. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΩΣ ΒΡΩΣΙΜΗ ΕΠΙΚΑΛΥΨΗ ΣΕ ΠΥΡΗΝΕΣ ΑΜΥΓΔΑΛΟΥ .                             | 38 |
| 3.3.5. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΩΣ ΠΡΟΣΘΕΤΟ ΣΕ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΟ ΤΥΡΙ.....                                  | 39 |
| 3.3.6. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΩΣ ΠΡΟΣΘΕΤΟ ΣΕ ΠΑΓΩΤΟ ΓΙΑΟΥΡΤΙ.....                                     | 40 |
| 3.3.7. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΜΕ ΑΝΑΜΕΙΞΗ ΤΟΥ ΑΙΘΕΡΙΟΥ ΕΛΑΙΟΥ, ΩΣ ΣΥΝΤΗΡΗΤΙΚΟ<br>- ΒΑΚΤΗΡΙΟΚΤΟΝΟ..... | 41 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 .....  | 43 |
| ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....  | 43 |
| ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....  | 45 |

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

### Η ΜΑΣΤΙΧΑ ΧΙΟΥ

#### 1.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Μαστίχα Χίου (Chios Mastic Gum, CMG) είναι η αρωματική ρητίνη που παράγεται από τον αιθαλή θάμνο *Pistacia lentiscus* var. *Chia*. Τα είδη *Pistacia* ανευρίσκονται στην ευρεία λεκάνη της Μεσογείου καθώς και στις γύρω περιοχές· παρ' όλα αυτά, η Μαστίχα Χίου είναι η μοναδική ρητίνη των μαστιχόδεντρων που καλλιεργούνται και αναπτύσσονται αποκλειστικά στο νοτιότερο τμήμα της Χίου και συγκεκριμένα σε 24 χωριά (Μαστιχοχώρια) όπου, τόσο η καλλιέργεια των μαστιχόδεντρων όσο και η συλλογή της ρητίνης, αποτελούν κομμάτια της πολιτισμικής κληρονομιάς της περιοχής (Pachi *et al.*, 2020).

Η οικονομική αξία της ρητίνης αυτής έχει κατά καιρούς αποτελέσει τη βασική αιτία για προσπάθειες καλλιέργειας του θάμνου σε παραπλήσιες περιοχές. Σε όλες τις περιπτώσεις όμως, η παραγωγή ήταν από εξαιρετικά φτωχή έως ανύπαρκτη. Για τον λόγο αυτό, από το 1997 η Μαστίχα Χίου έχει αναγνωριστεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση ως προϊόν Προστατευόμενης Ονομασίας Προέλευσης (Π.Ο.Π.). Επίσης, αξίζει να σημειωθεί ότι, το 2014, η τεχνογνωσία καλλιέργειας της μαστίχας στο νησί της Χίου εγγράφηκε από την UNESCO στους Καταλόγους της Άυλης Πολιτιστικής Κληρονομιάς της Ανθρωπότητας (Pachi *et al.*, 2020; Pachi *et al.*, 2021; Tabanca *et al.*, 2020).

#### 1.2. ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

Η συγκομιδή της Μαστίχας Χίου ξεκίνησε πριν από 2500 χρόνια περίπου, ενώ οι θεραπευτικές της ιδιότητες ήταν ήδη γνωστές από την ελληνική αρχαιότητα. Μάλιστα, ο Ιπποκράτης την χρησιμοποιούσε για την αντιμετώπιση των γαστρεντερικών διαταραχών. Εξ' άλλου, η αναγνώριση της επουλωτικής δράσης της κατά τη διάρκεια

της Ρωμαϊκής και της Βυζαντινής εποχής αποτέλεσε αφορμή για την ανάπτυξη του εμπορίου της (Soulaidopoulos *et al.*, 2022).

Το ενδιαφέρον της επιστημονικής κοινότητας για την Μαστίχα Χίου χρονολογείται στη δεκαετία του 1980 με τη δημοσίευση των πρώτων μελετών αναφορικά με την ευεργετική δράση της ρητίνης ενάντια στις γαστρεντερικές φλεγμονές και συγκεκριμένα εκείνες που προκαλούνται από το ελικοβακτηρίδιο του πυλωρού. Από τότε, περισσότερα από 120 συστατικά έχουν ανιχνευτεί στη ρητίνη ενώ πολλά εκ των εκχυλισμάτων της έχουν μελετηθεί ως προς τις φαρμακολογικές τους ιδιότητες (Pachi *et al.*, 2020).

Παρ' όλη την αξιοσημείωτη ανάπτυξη της φαρμακευτικής βιομηχανίας, στις μέρες μας, η Μαστίχα διατηρεί ξεχωριστή θέση στον κλάδο της βοτανοθεραπείας. Μάλιστα, αναγνωρίζοντας την θεραπευτική της αξία, ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Φαρμάκων (European Medicines Agency, EMA) την έχει συμπεριλάβει στην κατηγορία των παραδοσιακών φαρμάκων φυτικής προέλευσης, εγκρίνοντας την χρήση της για περιστατικά ήπιων δυσπεπτικών διαταραχών καθώς και φλεγμονής ή μικρού βαθμού κακώσεων του δέρματος (Pachi *et al.*, 2020; Soulaidopoulos *et al.*, 2022).

Η φλεγμονή αποτελεί το κοινό παθογενετικό υπόστρωμα για πολλές οξείες και χρόνιες παθήσεις. Αντιπροσωπεύει την απόκριση του ανθρώπινου ανοσοποιητικού συστήματος σε ποικίλα ερεθίσματα όπως παθογόνα, τοξικές ουσίες και κατεστραμμένα κύτταρα, ενώ ρυθμίζεται από πληθώρα ενδογενών παραγόντων όπως οι κυτταροκίνες, οι αυξητικοί παράγοντες και τα ενεργοποιημένα κύτταρα (Cronkite, 2018; Soulaidopoulos *et al.*, 2022). Σύμφωνα με πολλές επιστημονικές έρευνες, η αντιφλεγμονώδης δράση της μαστίχας Χίου ασκείται μέσω της ικανότητάς της να παρεμποδίζει τη δράση προ-φλεγμονωδών ουσιών. Συγκεκριμένα, η χορήγηση μαστίχας τόσο σε στερεή όσο και σε υγρή μορφή έχει αποδειχθεί, μέσω μελετών σε ζωικά μοντέλα, ότι καταστέλλει όχι μόνο την έκκριση προσταγλανδινών, αλλά και την επαγόμενη έκφραση των ενζύμων συνθάση νιτρικού οξέος και κυκλοοξυγενάση, τόσο σε πρωτεϊνικό όσο και σε m-RNA επίπεδο (Americanou *et al.*, 2021; Im *et al.*, 2017; Kalousi *et al.*, 2022; Loizou *et al.*, 2009; Soulaidopoulos *et al.*, Spyridopoulou *et al.*, 2023; 2022; Zhou *et al.*, 2009). Ο ρόλος της μαστίχας σε σχέση με χρόνιες φλεγμονώδεις παθήσεις όπως η νόσος του Crohn έχει επίσης διερευνηθεί. Κλινική μελέτη στην οποία συμμετείχαν 10 ασθενείς με ήπιας ή μέτριας έντασης νόσο κατέδειξε σημαντική ελάττωση στη δραστηριότητα της πάθησης κατόπιν χορήγησης μαστίχας,

χωρίς αξιοσημείωτες παρενέργειες (Im, 2017; Kaliora *et al.*, 2007; Soulaïdopoulos, 2022; Kalbousi, 2023).

Η αντιοξειδωτική δράση της μαστίχας Χίου είναι γνωστή από την αρχαιότητα. Συγκεκριμένα, οι Αιγύπτιοι αγρότες την χρησιμοποιούσαν για πολλά χρόνια με σκοπό την συντήρηση του βουτυρελαίου (Im, 2017; Pachi *et al.*, 2020; Paraschos, 2012).

Σύμφωνα με μελέτες που πραγματοποιήθηκαν στις μέρες μας, αναφορικά με την αντιοξειδωτική δύναμη της μαστίχας, έχει αποδειχθεί ότι η ρητίνη σε περιεκτικότητα 0,05% παρουσιάζει την ίδια αποτελεσματικότητα με κάποια βιομηχανικά αντιοξειδωτικά σε περιεκτικότητα 0,02% (Pachi *et al.*, 2020). Παρ' όλη όμως την πληθώρα πειραμάτων που έχουν πραγματοποιηθεί, ο ακριβής μηχανισμός μέσω του οποίου η μαστίχα ενεργεί δεν έχει αποσαφηνιστεί επαρκώς (Pachi *et al.*, 2020). Έρευνα που πραγματοποιήθηκε επάνω στην αντιοξειδωτική δράση διαφόρων φυσικών ρητινών κατέδειξε την αξιοσημείωτη δραστηριότητα τόσο της ρητίνης όσο και του αιθερίου ελαίου, γι' αυτό προτάθηκε η χρήση τους από τις βιομηχανίες τροφίμων και καλλυντικών ως φυσικό συντηρητικό. Σε συνδυασμό με χημικά πρόσθετα, δύνανται να ασκήσουν σημαντικό ρόλο στη συντήρηση και την διατήρηση της ποιότητας μιας πληθώρας προϊόντων (Assimopoulou *et al.*, 2005; Mahmoudi *et al.*, 2010; Pachi, 2020; Paraschos, 2012).

Η Μαστίχα χαρακτηρίζεται από μία ευρέως φάσματος αντιμικροβιακή δράση που εκτείνεται πέρα από την εξολόθρευση του ελικοβακτηριδίου του πυλωρού (Paraschos *et al.*, 2007) για την οποία έγινε λόγος παραπάνω. Το γεγονός αυτό είναι γνωστό από το 1995 όταν, κατά την προσθήκη μαστιχέλαιου σε καλλιέργειες μικροοργανισμών, παρεμποδίστηκε αποτελεσματικά η ανάπτυξη τόσο των κατά Gram-θετικών όσο και των κατά Gram-αρνητικών βακτηριδίων, συμπεριλαμβανομένου του φυτογαλακτοβάκιλου, της ψευδομονάδας και της εντερικής σαλμονέλας (Pachi *et al.*, 2021; Soulaïdopoulos *et al.*, 2022; Tassoua, 1995). Επιπλέον, υπάρχει ένας μικρός αριθμός μελετών όσον αφορά για την αντιμυκητιασική δράση της μαστίχας. Συγκεκριμένα, έχει αποδειχθεί ότι ενεργεί ενάντια στον πολλαπλασιασμό όχι μόνο των ειδών *Candida*, τα οποία είναι ανθεκτικά στις συμβατικές αντιμικροβιακές θεραπείες, αλλά και της τριχομονάδας (Milia *et al.*, 2020; Ezz Eldin, 2015; Pachi, 2021; Soulaïdopoulos *et al.*, 2022).

Αναφορικά με την εκτίμηση της συμβολής διαιτητικών συμπληρωμάτων στην αντιμετώπιση του καρκίνου, υπάρχουν διάφοροι περιορισμοί, οι οποίοι αποδίδονται

αφ' ενός στη μεγάλη ετερογένεια όσον αφορά για το κλινικό κομμάτι των διαφόρων μορφών καρκίνου και αφ' ετέρου στην σύγχρονη χορήγηση κυτταροτοξικών φαρμάκων. Από την άλλη πλευρά, η χρήση διαφόρων συστατικών των τροφίμων τόσο για την ενίσχυση των συμβατικών θεραπειών όσο και για την ελάττωση της τοξικότητάς αυτών, έλκει όλο και περισσότερο το ενδιαφέρον της επιστημονικής κοινότητας (Magkouta *et al.*, 2009; Moulos *et al.*, 2009; Soulaïdoroulos *et al.*, 2022; Spyridoroulou *et al.*, 2017). Στο πλαίσιο αυτό, μελέτες καταδεικνύουν την χημειοπροστατευτική δράση της μαστίχας Χίου. Σύμφωνα με τα ήδη υπάρχοντα δεδομένα, η τελευταία ενεργεί ενάντια στον καρκίνο του προστάτη, του παχέος εντέρου, της στοματικής κοιλότητας, του πνεύμονα, καθώς επίσης και του αίματος (λευχαιμία) (Balan *et al.*, 2007; Balan *et al.*, 2005; He *et al.*, 2006; He *et al.*, 2007; Im *et al.*, 2017; Loutrari *et al.*, 2006; Soulaïdoroulos, 2022). Παρ' όλα αυτά, απαιτούνται επιπλέον *in vivo* έρευνες για να διερευνηθούν επαρκώς οι αντικαρκινικές ιδιότητες της μαστίχας (Soulaïdoroulos, 2022).

Λαμβάνοντας υπόψη τόσο τις αντιφλεγμονώδεις όσο και τις αντιοξειδωτικές ιδιότητες της μαστίχας, η αποτελεσματικότητα αυτής έναντι καρδιαγγειακών παθήσεων αποτέλεσε αντικείμενο επιστημονικής έρευνας (Im *et al.*, 2017; Papazafirooulou, 2022; Soulaïdoroulos *et al.*, 2022). Με δεδομένο ότι η οξειδωση της LDL και η επακόλουθη συσσώρευση χοληστερόλης στα αγγειακά τοιχώματα κυριαρχούν στην παθοφυσιολογία των ασθενειών αυτών, έχει προταθεί ότι η μαστίχα ενεργεί προστατευτικά στο καρδιαγγειακό σύστημα όχι μόνο μέσω της αποτελεσματικής ελάττωσης των επιπέδων χοληστερόλης αλλά και με το να παρεμποδίζει την οξειδωση της LDL (Im *et al.*, 2017; Pachi *et al.*, 2020; Papazafirooulou, 2022; Paraschos *et al.*, 2012). Εξ' άλλου, λόγω του ότι η υπερλιπιδαιμία κατέχει πρωταρχικό ρόλο στις καρδιαγγειακές παθήσεις, η υπολιπιδαιμική δραστηριότητα της μαστίχας έχει επίσης μελετηθεί. Μέσω πειραμάτων σε ζωικά μοντέλα έχει αποδειχθεί ότι η χορήγηση μαστίχας επάγει την δόσο-εξαρτώμενη μείωση των επιπέδων χοληστερόλης και τριγλυκεριδίων ορού (Im *et al.*, 2017; Pachi, 2020; Papazafirooulou, 2022; Triantafyllou *et al.*, 2007; Tzani *et al.*, 2018).

Όπως προαναφέρθηκε, η μαστίχα Χίου έχει αναγνωριστεί ως παραδοσιακό φαρμακευτικό προϊόν που ενδείκνυται για τη θεραπεία φλεγμονών δέρματος και την επούλωση ήπιων πληγών. (Kishimoto *et al.*, 2021; Pachi *et al.*, 2020).

Επίσης στη βιβλιογραφία υπάρχουν σοβαρές ενδείξεις σχετικά με την ηπατοπροστατευτική δράση της μαστίχας, παρ' όλο που ο αριθμός των σχετικών

δημοσιεύσεων είναι σχετικά περιορισμένος (Al-Jawad *et al.*, 2016). Κατά τη χορήγηση μαστίχας σε υγιή ποντίκια, σε δοσολογία παραπάνω από την συνιστώμενη φαρμακευτική, η μεταγραφή συγκεκριμένων ενζύμων του ήπατος δεν σημείωσε αύξηση, συγκριτικά με την αύξηση που παρατηρείται κατόπιν κατανάλωσης μιας μέσης ημερήσιας ποσότητας καφεΐνης (Janakat, 2002; Katsanou *et al.*, 2014; Pachi, 2020). Επιπλέον, σε άλλη μελέτη, η θεραπεία διαβητικών ποντικίων με ανεπεξέργαστη μαστίχα Χίου είχε ως αποτέλεσμα τη βελτίωση της λειτουργικότητας του ήπατος μέσω της ελάττωσης των επιπέδων των ενζύμων τρανσαμινάση της αλανίνης και τρανσαμινάση της ασπαρτάτης, η αύξηση των οποίων συνδέεται με φλεγμονή ή βλάβη στα ηπατικά κύτταρα. Παράλληλα, παρατηρήθηκε σημαντική μείωση των επιπέδων της γλυκόζης του αίματος, γεγονός που αποδίδεται στην επαγόμενη από τη μαστίχα παραγωγή ινσουλίνης στο πάγκρεας. Επομένως, στον ηπατοπροστατευτικό ρόλο της μαστίχας προστίθεται ο αντιδιαβητικός (Pachi, 2020; Tzani *et al.*, 2016; Ur Rehman *et al.*, 2015). Σύμφωνα με άλλη μελέτη που πραγματοποιήθηκε σε ανθρώπους, η μαστίχα Χίου αποδείχθηκε να καταλαγιάζει τα συμπτώματα των πασχόντων από λειτουργική δυσπεψία, κατόπιν λήψης 350 mg ρητίνης 3 φορές ημερησίως και για χρονικό διάστημα 3 εβδομάδων (Dabos *et al.*, 2010a,b; Pachi, 2020). Τέλος, έχει αποδειχθεί ότι η μαστίχα Χίου αποτελεί φυσική πηγή ψευδαργύρου, κατά τη διάρκεια της μάσησής της. Για τον λόγο αυτό, θα μπορούσε να ληφθεί από άτομα που παρουσιάζουν ήπια έλλειψη του ιχνοστοιχείου αυτού (Pachi, 2020).

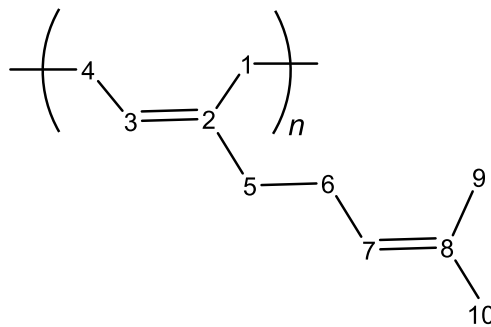
Η κατανάλωση μαστίχας Χίου θεωρείται – σε γενικές γραμμές – ασφαλής, παρ' όλο που σε μακροπρόθεσμο επίπεδο η επικινδυνότητά της δεν έχει διερευνηθεί επαρκώς, ενώ το ανώτερο όριο ασφαλούς δοσολογίας παραμένει ακόμη άγνωστο (Soulaidopoulos *et al.*, 2022). Με εξαίρεση κάποιες περιπτώσεις αλλεργικής δερματίτιδας κατόπιν χρήσης εμπλάστρων, οι αναφορές σοβαρών ανεπιθύμητων ενεργειών είναι σπάνιες. Οι υψηλές δόσεις μαστίχας είναι επίσης ανεκτές, όπως έχει αποδειχθεί σε κλινικές δοκιμές (Shaw, 2021; Soulaidopoulos *et al.*, 2022). Από την άλλη πλευρά, πειράματα σε ζωικά μοντέλα έχουν καταδείξει πιθανές και συγκεκριμένες ανεπιθύμητες ενέργειες όπως οι δοσοεξαρτώμενες αλλαγές σε αιματολογικές και βιοχημικές παραμέτρους, καθώς και οι νεφρικές ιστολογικές αλλοιώσεις (Ostovan *et al.*, 2020; Paraschos, 2012; Soulaidopoulos *et al.*, 2022).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

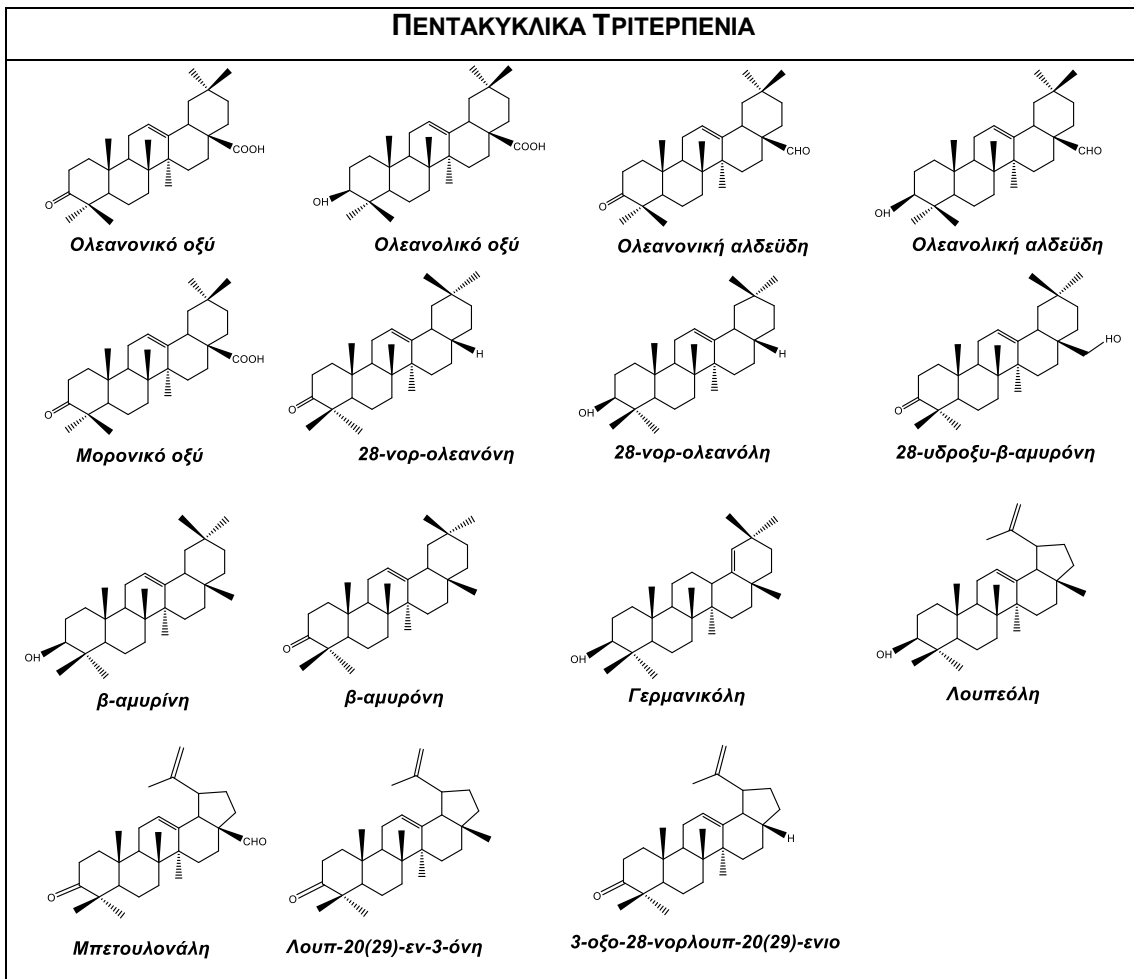
### Η ΧΗΜΕΙΑ ΤΗΣ ΜΑΣΤΙΧΑΣ ΧΙΟΥ

#### 2.1. ΧΗΜΙΚΗ ΔΟΜΗ

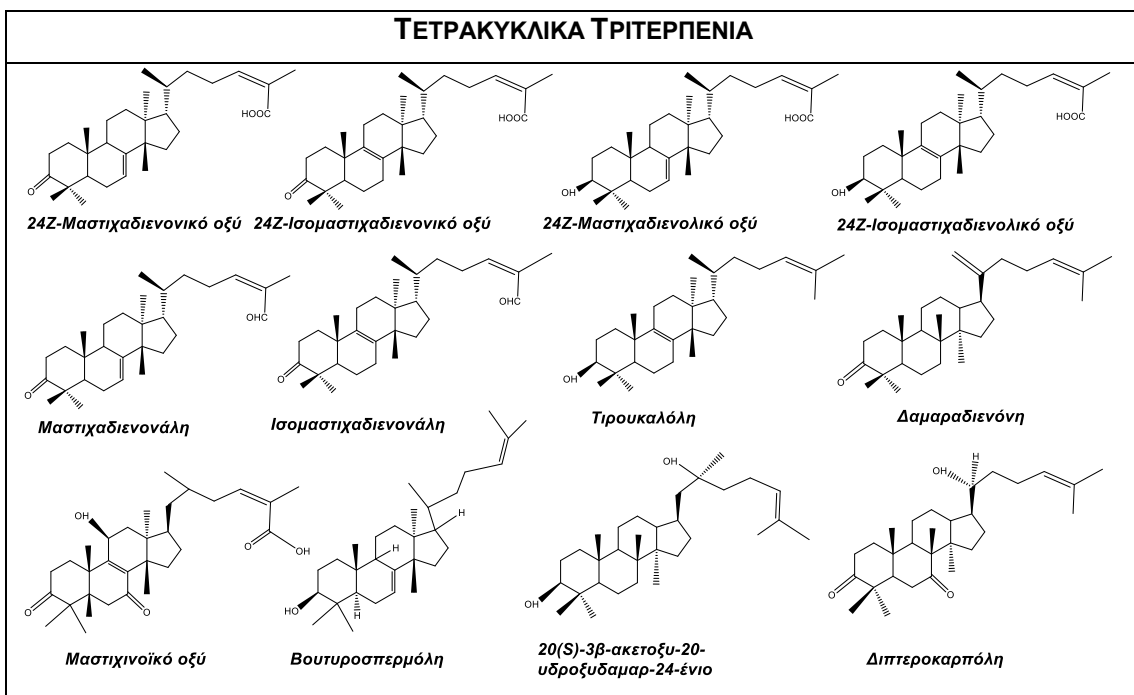
Η μαστίχα αποτελείται από περισσότερα από 120 συστατικά, τα οποία κατά κύριο λόγο υπάγονται στην κατηγορία των τερπενίων. Τα τριτερπένια, κυρίως τετρακυκλικά και πεντακυκλικά, απαρτίζουν την βασική χημική ομάδα της μαστίχας, καταλαμβάνοντας περίπου το 65-70% του συνολικού βάρους της ρητίνης (Εικόνες 3, 4). Η σύνθεση ολοκληρώνεται από το κλάσμα των πτητικών ενώσεων. Όλα αυτά τα συστατικά συνυπάρχουν με το φυσικό πολυμερές, πολυ-β-μυρκενίο (Εικόνα 2) (25-30% του βάρους επί ξηρού), σχηματίζοντας τη δομή της ρητίνης (Pachi, 2021).



**Εικόνα 1:** Η δομή του *cis*-πολυ-β-μυρκενίου.



**Εικόνα 2:** Πεντακυκλικά τριτερπένια που ανευρίσκονται στην μαστίχα Χίου/



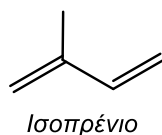
**Εικόνα 3:** Τετρακυκλικά τριτερπένια που ανευρίσκονται στην μαστίχα Χίου.



### 2.2.1. ΤΑ ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΕΚΧΥΛΙΣΜΑΤΑ

Η χημική σύσταση του αιθέριου ελαίου της μαστίχας έχει μελετηθεί από διάφορες ερευνητικές ομάδες με τη βοήθεια κυρίως της αέριας χρωματογραφίας (GC-MS). Τα συστατικά αυτού ανήκουν κυρίως στις κατηγορίες των μονοτερπενικών υδατανθράκων και των σесκιτερπενίων (Pachi *et al.*, 2020).

Τόσο τα μονοτερπένια όσο και τα σесκιτερπένια υπάγονται στην οικογένεια των τερπενίων. Πρόκειται για τη μεγαλύτερη κατηγορία δευτεροταγών μεταβολιτών, οι οποίοι συνίστανται σε δομικές μονάδες ισοπρενίου πέντε ατόμων άνθρακα συνδεδεμένες μεταξύ τους ποικιλοτρόπως (Εικόνα 1). Έτσι, ενώ στα μονοτερπένια υπάρχουν δύο μονάδες ισοπρενίου – 10 άτομα άνθρακα – τα σесκιτερπένια αποτελούνται από τρεις μονάδες ισοπρενίου, δηλαδή 15 άτομα άνθρακα. (Perveen, 2018).



**Εικόνα 4:** Η δομική μονάδα των τερπενίων (ισοπρένιο).

Τα μονοτερπένια συναντώνται στα αιθέρια έλαια πολλών φυτών. Από άποψη δομής, διακρίνονται σε ακυκλικά, μονοκυκλικά και δίκυκλικά. Λόγω του εντόνου αρώματος από το οποίο χαρακτηρίζονται, χρησιμοποιούνται από πολλές φαρμακευτικές βιομηχανίες. Τα περισσότερα μονοτερπένια διαθέτουν ισχυρή αντιβακτηριδιακή δραστηριότητα. Επίσης, η αντικαρκινική δραστηριότητα πολλών αιθερίων ελαίων, την οποία καταδεικνύει πληθώρα μελετών, αποδίδεται στην παρουσία μονοτερπενίων στη σύσταση των ελαίων αυτών (Perveen, 2018).

Τα σесκιτερπένια, από την άλλη πλευρά, απαντούν σε γραμμική, κυκλική, δίκυκλική και τρικυκλική μορφή, καθώς επίσης και στη μορφή δακτυλίου λακτόνης. Διαθέτουν κι αυτά αντιμικροβιακή και εντομοαπωθητική δράση (Perveen, 2018).

Στο αιθέριο έλαιο μαστίχας έχουν αναγνωριστεί περίπου 20 ενώσεις (Πίνακας 1), ενώ, αν εξαιρεθούν οι μικρές διαφορές που υπάρχουν μεταξύ των δειγμάτων, οι οποίες αποδίδονται στις διαφορετικές συνθήκες παραλαβής ή αποθήκευσης του ελαίου,

μπορεί να θεωρηθεί ότι τα κύρια συστατικά είναι το  $\alpha$ -πιπένιο (30-75%), το μυρκένιο (3-60%) και το  $\beta$ -πιπένιο (1-3%) (Pachi *et al.*, 2020; Miyamoto, 2014).

**Πίνακας 2:** Χημική σύσταση του αιθερίου ελαίου της μαστίχας Χίου.

| A/A | ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ         | %     | A/A | ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ               | %    |
|-----|-------------------|-------|-----|-------------------------|------|
| 1   | $\alpha$ -πιπένιο | 82.26 | 11  | $\alpha$ -τερπινεόλη    | 0.77 |
| 2   | $\beta$ -πιπένιο  | 2.96  | 12  | $\rho$ -συμεν-8-όλη     | 0.54 |
| 3   | $\beta$ -μυρκένιο | 1.92  | 13  | μυρτενάλη               | 0.29 |
| 4   | $\beta$ -συμένιο  | 0.41  | 14  | βερμπενόνη              | 1.50 |
| 5   | λιμονένιο         | 0.84  | 15  | (E)-καρβεόλη            | 0.23 |
| 6   | λιναλοόλη         | 1.50  | 16  | 2-ουντεκανόνη           | 0.16 |
| 7   | καμφενάλη         | 0.31  | 17  | $\beta$ -καρυοφιλλένιο  | 0.73 |
| 8   | πινοκαρβενάλη     | 1.25  | 18  | $\alpha$ -καρυοφιλλένιο | 0.09 |
| 9   | βερμπενόλη        | 0.71  | 19  | (E)-Με-ισοευγενόλη      | 0.07 |
| 10  | μυρκενόλη         | 0.43  | 20  | Οξειδίο καρυφιλλενίου   | 0.14 |

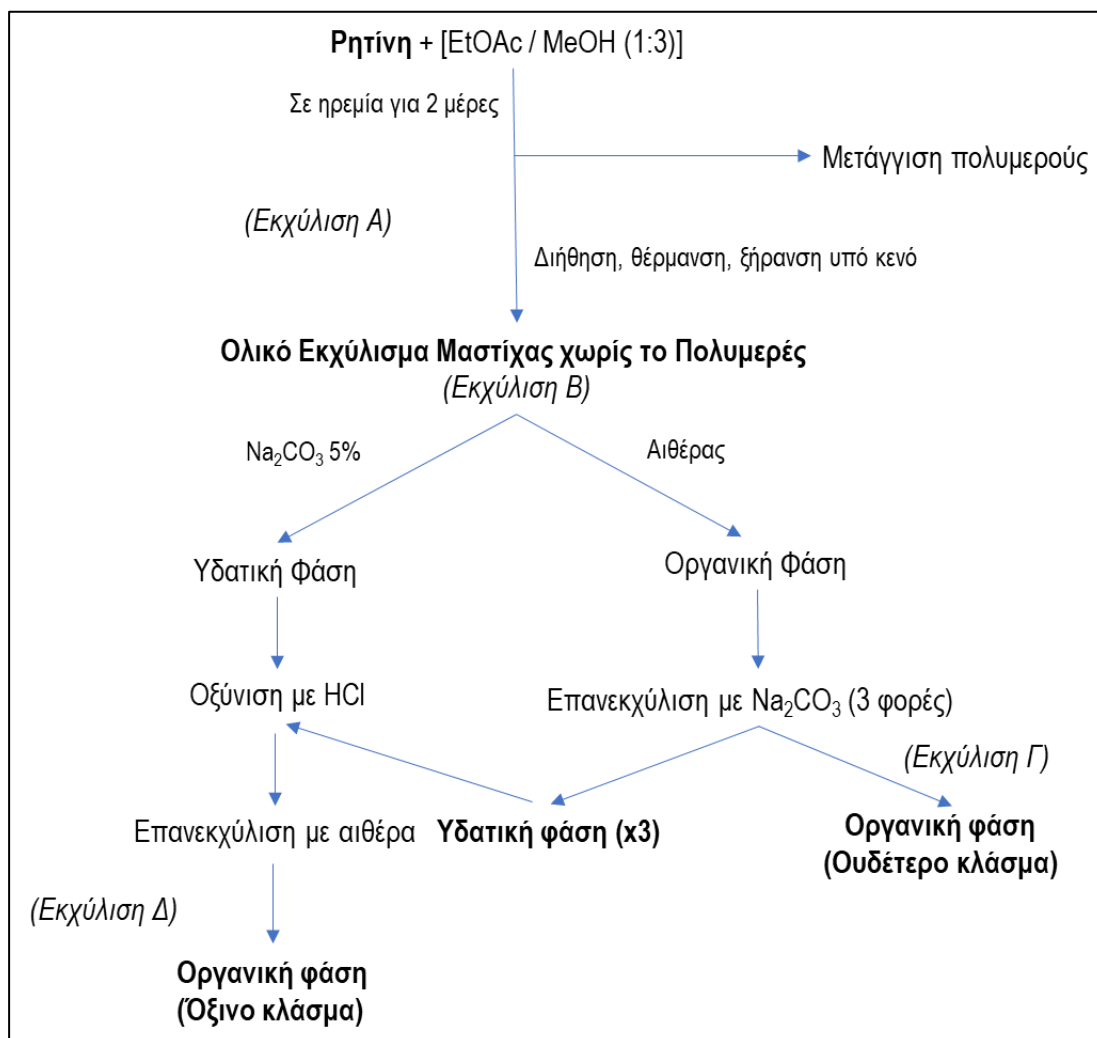
Το ευρύ φάσμα ιδιοτήτων της μαστίχας Χίου και των προϊόντων της αποδίδεται τόσο στα φυτοχημικά συστατικά τους όσο και στους δευτεροταγείς μεταβολίτες τους (Bamrouli *et al.*, 2014). Πρόκειται για μία εξαιρετικά πολύπλοκη φυσική ρητίνη, η οποία, σύμφωνα με τα τωρινά επιστημονικά δεδομένα, περιέχει περίπου 120 χημικά συστατικά, με τα τριτερπένια να αποτελούν την κύρια χημική ομάδα της καταλαμβάνοντας το 65-70% της συνολικής μάζας της (Pachi *et al.*, 2020).

Μια άλλη κατηγορία συστατικών που ανευρίσκονται στη μαστίχα Χίου είναι οι πτητικές ενώσεις, οι οποίες περιέχονται στο αιθέριο έλαιο (μαστιχέλαιο) και στο μαστιχόνερο. Τα δύο αυτά προϊόντα παραλαμβάνονται κατά την διαδικασία απόσταξης μεθ' υδρατμών ή υδρο-απόσταξης της μαστίχας. (Pachi *et al.*, 2020).

Μια εναλλακτική μέθοδος που προτάθηκε πρόσφατα για την ανάκτηση του αιθερίου ελαίου της μαστίχας είναι η εκχύλιση με υπερκρίσιμο υγρό (Supercritical Fluid Extraction, SFE) (Pachi *et al.*, 2020). Πρόκειται για σχετικά καινούργια μέθοδο η οποία, αφ' ενός επιδέχεται αυτοματισμό και αφ' ετέρου χαρακτηρίζεται από σύντομους χρόνους εκχύλισης και μικρή κατανάλωση οργανικού διαλύτη, παρεμποδίζοντας τη ρύπανση και μειώνοντας το κόστος προετοιμασίας δειγμάτων (Bamrouli *et al.*, 2014).

Η μαστίχα Χίου είναι εξαιρετικά αδιάλυτη στο νερό. Για τον λόγο αυτό, οι καταλληλότεροι διαλύτες για την διαλυτοποίησή της είναι οι μη-πολικόι όπως,

δισουλφιδίου, διχλωρομεθάνιο και οξικός αιθυλεστέρας (Pachi *et al.*, 2020). Επίσης, με στόχο την απομάκρυνση του δυσδιάλυτου πολυμερούς και την αποτελεσματικότερη μελέτη του ολικού εκχυλίσματος, έχει αναπτυχθεί η μεθοδολογία που αναπαρίσταται στο παρακάτω σχήμα (Paraschos *et al.*, 2007).



Σχήμα 1: Κλασμάτωση της μαστίχας Χίου.

### 2.2.2. Η ΥΔΑΤΙΚΗ ΦΑΣΗ

Η συμπυκνωμένη φάση υδρατμών που παραλαμβάνεται μαζί με το μαστιχέλαιο κατά τη διάρκεια της μεθ' υδρατμών απόσταξης της ρητίνης ονομάζεται μαστιχόνερο και διαχωρίζεται από το μαστιχέλαιο λόγω διαφορετικής πυκνότητας (Paraschos *et al.*, 2011). Η σύστασή του περιλαμβάνει πτητικά συστατικά που δεν περιέχονται στο μαστιχέλαιο (Bamrouli *et al.*, 2014). Συγκεκριμένα, σε αντίθεση με το μαστιχέλαιο, το οποίο περιέχει κυρίως μη-πολικά πτητικά συστατικά, αδιάλυτα στο νερό, το

μαστιχόνερο περιέχει πτητικά συστατικά αυξημένης πολωσιμότητας και διαλυτότητας στο νερό. Τέτοια είναι οι πολυφαινόλες (Ghenima *et al.*, 2015) και τα οξυγονωμένα μονοτερπένια, με τα περισσότερα εκ των οποίων να φέρουν 1 υδροξυλομάδα ενώ τα 4 φέρουν 2 υδροξυλικές ομάδες. Με σκοπό την χημική ανάλυση του οργανικού κλάσματός του, χρησιμοποιείται η μέθοδος της αέριας χρωματογραφίας (GC-MS) (Paraschos *et al.*, 2011).

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται η χημική σύσταση του οργανικού κλάσματος του μαστιχόνερου, όπως έχει ταυτοποιηθεί από τους Paraschos *et al.* (2011).

**Πίνακας 1.1:** Χημική σύσταση του οργανικού κλάσματος του μαστιχόνερου.

| ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ                           | ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ (%) |
|-------------------------------------|--------------------|
| 2-μέθυλ-3-βουτεν-2-όλη              | 1.43               |
| 5,5-διμεθυλ-2(5H)-φουρανόνη         | 1.15               |
| <i>trans</i> -οξειδίο λιναλολίου    | 1.85               |
| <i>cis</i> -οξειδίο λιναλολίου      | 1.61               |
| λινασόλη                            | 7.25               |
| φεντυλική αλκοόλη                   | 0.46               |
| α-καμφολενική αλδεΰδη               | 1.00               |
| <i>trans</i> -πινοκαρβεόλη          | 6.71               |
| β-φελανδρενόλη                      | 7.16               |
| πινοκαρβόνη                         | -                  |
| βορνεόλη                            | 1.09               |
| α-φελανδρενόλη                      | 3.11               |
| τερπινεν-4-όλη                      | 0.96               |
| α-τερπινεόλη                        | 12.81              |
| μυρτενόλη/μυρτενάλη                 | 3.04               |
| βερμπενόνη\                         | 15.04              |
| <i>trans</i> - καρβεόλη             | 1.90               |
| 6,7-διυδρο-7-υδροξυλινασόλη         | 2.29               |
| Άγνωστο                             | -                  |
| Άγνωστο                             | 1.07               |
| πινανεδιόλη                         | 1.91               |
| <i>trans</i> -p-μενθ-2-εν-1,8-διόλη | 9.74               |
| περιλλιλική αλκοόλη                 | -                  |

|  |      |
|--|------|
| <i>cis</i> - <i>p</i> -μενθ-2-εν-1,8-διόλη | 9.08 |
| άγνωστο                                    | 1.38 |
| <i>trans</i> -σομπρερόλη                   | 0.96 |
| άγνωστο                                    | -    |
| 1-δωδεκανόλη                               | -    |

Τέλος, στον πίνακα 2.2 καταγράφονται όλα τα πτητικά συστατικά που ανευρίσκονται στην μαστίχα Χίου.

**Πίνακας 2.2:** Πτητικά συστατικά της μαστίχας Χίου.

| ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ         |                                     |                  |                                   |
|-------------------|-------------------------------------|------------------|-----------------------------------|
| ΜΟΝΟΤΕΡΠΕΝΙΑ      |                                     | ΣΕΣΚΙΤΕΡΠΕΝΙΑ    | ΆΛΛΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ                    |
| α-πιπένιο         | α-καμφολένιο                        | α-υλανγκένιο     | 3-αιθυλιδένιο-1-                  |
| β-πιπένιο         | αλδεΰδη                             | α-κοπεάνιο       | μεθυλοκυκλοπεντένιο               |
| β-μυρκένιο        | <i>p</i> -μενθ-3-εν-1-όλη           | β-               | Μεθυλ-ο-κρεζόλη                   |
| βερμπενένιο       | <i>p</i> -μενθα-1,5-διεν-8-         | μπουρμπουνένιο   | 1-δωδεκανόλη                      |
| καμφένιο          | όλη                                 | β-κουμπεμπένιο   | 2,5-διμεθόξυτολουόλιο             |
| α-θουτζένιο       | <i>cis</i> - <i>p</i> -μενθ-2-εν-   | γερμακρένιο      | 3,5-διμεθόξυτολουόλιο             |
| τρικυκλένιο       | 1,8-διόλη                           | γ-μουρολένιο     | (E)-ανεδόλη                       |
| <i>p</i> -κυμένιο | <i>trans</i> - <i>p</i> -μενθ-2-εν- | α-χουμουλένιο    | 2-ουντεκανόνη                     |
| λεμονένιο         | 1,8-διόλη                           | δ-καδινένιο      | Οκτυλικός φορμεστέρας             |
| α-τερπινένιο      | 1,4-κινεόλη                         | (E)-καρσοφιλένιο | 2-μέθυλ-3-βουτεν-2-όλη            |
| γ-τερπινένιο      | <i>trans</i> -καρβεόλη              | Οξειδίο          | πινανεδιόλη                       |
| α-τερπινολένιο    | σαμπινένιο                          | καρσοφιλενίου    | <i>trans</i> -οξειδίο λιναλουλίου |
| ισοτερπινολένιο   | νεράλη                              | E,Z-φαρνεζόλη    | <i>cis</i> -οξειδίο λιναλουλίου   |
| <i>trans</i> -    | οξικό νερύλιο                       | Z,Z-φαρνεζόλη    | 6.7-διυδρο-7-υδροξυλιναλούλη      |
| πινοκαρβεόλη      | Z-κιτράλη                           | β-καρσοφιλένιο   | 5,5-διμέθυλ-2(5H)-φουρανόνη       |
| λιναλοόλη         | οξικό λιναλίλιο                     |                  | α-σιδηρόνη                        |
| α-φελανδρένιο     | οξικό βορνύλιο                      |                  | ο-μεθυλανιζόλη                    |
| βερμπενόνη        | οξικό γερανύλιο                     |                  | μεθυλευγενόλη                     |
| <i>trans</i> -    | περιλένιο                           |                  | μεθυλισοευγενόλη                  |
| βερμπενόλη        | διυδροκαρβεόλη                      |                  | α-οξικός φεντυλεστέρας            |
| α-τερπινόλη       | β-φελανδρενόλη                      |                  |                                   |
| γ-τερπινόλη       | α-φελανδρενόλη                      |                  |                                   |
| μυρτενάλη         | βορνεόλη                            |                  |                                   |
| μυρτενόλη         | <i>cis</i> -βερμπενόλη              |                  |                                   |
| (E)-β-οκυμένιο    |                                     |                  |                                   |

|                |  |  |  |
|----------------|--|--|--|
| (Z)-β-οκυμένιο | εποξειδίο του α-πιπενίου<br>εποξειδίο του β-πιπενίου |  |  |
|----------------|--|--|--|

### 2.3.1. ΣΤΑΘΕΡΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ

Τόσο οι συνθήκες αποθήκευσης όσο και οι αλλαγές στη σύσταση του μαστιχελαίου και της ρητίνης, οι οποίες απορρέουν από την διαδικασία της ωρίμανσης, θεωρούνται ύψιστης σημασίας παράμετροι για την εκτίμηση της ποιότητας του προϊόντος.

Σύμφωνα με ανάλογη έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τους Pachi et al. (2021), είναι προφανές ότι η χημική σύσταση της μαστίχας Χίου υφίσταται έντονες αλλοιώσεις με την πάροδο του χρόνου. Συγκεκριμένα, η περιεκτικότητα σε μονοτερπενικούς υδρογονάνθρακες ελαττώνεται ελαφρώς μέσα σε χρονικό διάστημα αποθήκευσης 2 ετών, ενώ στα 10 χρόνια η μείωση γίνεται εντονότερη. Επίσης, τα οξυγονωμένα μονοτερπένια και τα παράγωγα του βενζολίου επιδεικνύουν παρόμοια συμπεριφορά μέσα στα 2 έτη, ενώ με το πέρασμα 10 ετών αποθήκευσης αποτελούν το 52.5% της συνολικής σύστασης του ελαίου. Συνεπώς, φαίνεται ότι λαμβάνουν χώρα χημικές διαδικασίες όπως η οξειδωση. Εξ' άλλου, σε δείγμα ηλικίας 10 ετών, οι σεσκιτερπενικοί υδρογονάνθρακες είναι σχεδόν ανύπαρκτοι, ενώ τα οξυγονωμένα παράγωγά τους είναι σε υψηλότερη περιεκτικότητα σε σύγκριση με τα φρέσκα δείγματα (Pachi, 2021).

Αναφορικά με την διερεύνηση μεμονωμένων συστατικών, είναι προφανές ότι οι υψηλότερες συγκεντρώσεις α-πιπενίου και β-μυρκενίου βρίσκονται στα φρέσκα δείγματα. Μάλιστα, όπως έχει αναφερθεί, υπό συνθήκες θερμικής οξειδωσης, είναι εφικτή η μετατροπή τους σε οξυγονωμένα μονοτερπένια. Επομένως, η αναλογία β-μυρκενίου/α-πιπένιο αποτελεί δείκτη ωρίμανσης του αιθερίου ελαίου (Pachi, 2021).

Η ωρίμανση επηρεάζει επίσης την περιεκτικότητα σε άλλα συστατικά, όπως το β-καρνοφιλένιο. Επιπλέον, έχει παρατηρηθεί ότι η οξυγονωμένα παράγωγα των μονοτερπενίων όπως η πινοκαρβεόλη και η βερμπενόνη κυριαρχούν στην σύσταση του προϊόντος κατόπιν δεκαετούς αποθήκευσης (Pachi, 2021).

Συνοψίζοντας, όταν το έλαιο αποθηκεύεται για μεγάλο χρονικό διάστημα, επέρχονται αλλοιώσεις στη σύνθεσή του οι οποίες αποδίδονται σε αντιδράσεις οξειδωσης. Από

την άλλη πλευρά, εκτεταμένα φαινόμενα πολυμερισμού αιτιολογούν την απουσία β-μυρκενίου σε συνδυασμό με την κυριαρχία α-πιπενίου στα ωριμασμένα δείγματα (Pachi, 2021).

Η σταθερότητα του μαστιχόνερου, όσον αφορά για την αντοχή σε διάφορες θερμοκρασίες και χρόνους αποθήκευσης, έχει επίσης γίνει αντικείμενο μελέτης, καθ' ό,τι αποτελεί σημαντική παράμετρο σε σχέση με τις ενδεχόμενες εφαρμογές του (Paraschos, 2011).

Πιο αναλυτικά, στα πλαίσια έρευνας που πραγματοποιήθηκε από τους Paraschos et al. (2011), δείγματα μαστιχόνερου αποθηκεύτηκαν για χρονικό διάστημα 4 μηνών, υπό συνθήκες διαφορετικών θερμοκρασιών (-24 °C, +4 °C, +25 °C, +50 °C). Τα δείγματα που παρελήφθησαν κατόπιν αποθήκευσης για 1 και 4 μήνες υπεβλήθησαν σε εκχύλιση και τα οργανικά εκχυλίσματα αναλύθηκαν ποιοτικά και ποσοτικά (Paraschos, 2011).

Μετά το πέρας του πρώτου μήνα, τα προφίλ όλων των εκχυλισμάτων ήταν παρεμφερή, ενώ μόνο το προερχόμενο από το δείγμα που είχε αποθηκευτεί στους 50 °C παρουσίασε διαφοροποιήσεις στις αναλογίες των συστατικών. Συγκεκριμένα, σε σύγκριση με τα άλλα τρία δείγματα, οι αναλογίες των πτητικών συστατικών βρέθηκαν ελαφρώς ελαττωμένες, ενώ αυτές των λιγότερο πτητικών συστατικών είχαν αυξηθεί. Η εικόνα αυτή παρουσιάστηκε αρκετά εντονότερη μετά τον τέταρτο μήνα, όταν στο δείγμα των 50 °C είχαν απομείνει μόνο ίχνη από τις περισσότερες πτητικές ενώσεις (α-τερπινεόλη, *trans*-πινοκαρβεόλη), ενώ παράλληλα οι συγκεντρώσεις των λιγότερο πτητικών ουσιών (βερμπενόνη, *p*-μένθα-2-εν-1,8-διόλη) είχαν αυξηθεί σημαντικά. Επίσης, ενώ στις περιπτώσεις των δειγμάτων που αντιστοιχούσαν στους -24 °C και +4 °C το προφίλ εμφανίστηκε παρόμοιο με αυτό της ανάλυσης από τον πρώτο μήνα, το δείγμα που είχε αποθηκευτεί σε θερμοκρασία περιβάλλοντος ήταν φανερά επηρεασμένο, με τις συγκεντρώσεις των περισσότερων πτητικών συστατικών να έχουν ελαττωθεί σημαντικά και αυτές των λιγότερο πτητικών να έχουν αυξηθεί, σε σχέση με τον πρώτο μήνα (Paraschos, 2011).

Τα αποτελέσματα της εν λόγω μελέτης σταθερότητας έδειξαν ότι κατά την αποθήκευση μέχρι τους +4 °C δεν παρατηρούνται αλλοιώσεις στη σύσταση του μαστιχόνερου, ακόμα και μετά το πέρας 4 μηνών. Από την άλλη πλευρά, διαφοροποιήσεις παρατηρούνται όταν πρόκειται για υψηλότερες θερμοκρασίες αποθήκευσης. Αυτές οι αλλαγές θα μπορούσαν να αποδοθούν είτε στην σταδιακή εξάτμιση των περισσότερων

πτητικών συστατικών λόγω υψηλών θερμοκρασιών, οδηγώντας στην σχετική αύξηση των συγκεντρώσεων των λιγότερο πτητικών, είτε σε διαδικασίες οξείδωσης. Συνεπώς, για την αποθήκευση του μαστιχόνερου θα πρέπει να προτιμώνται οι χαμηλές θερμοκρασίες, ώστε να αποφεύγονται οι αλλοιώσεις στο χημικό προφίλ του (Paraschos, 2011).



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3**

### **ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΜΑΣΤΙΧΑΣ ΧΙΟΥ ΣΤΑ ΤΡΟΦΙΜΑ**

Η μαστίχα Χίου είναι ένα πολύπλοκο μίγμα διαφόρων φυτοχημικών ομάδων, συμπεριλαμβανομένων των μονο-, σεσκι- και τριτερπενοειδών, καθώς επίσης και των φαινολικών συστατικών, με αντιμικροβιακές, αντιοξειδωτικές, αντιφλεγμονώδεις και αντικαρκινικές ιδιότητες. Είναι αξιοσημείωτα δημοφιλής στους τομείς των τροφίμων και των φαρμακευτικών προϊόντων, γεγονός που αποδίδεται όχι μόνο στο ευχάριστο άρωμα αλλά και στην θεραπευτική δράση της (Tabanca, 2020).

Οι αναφορές στη χρήση της μαστίχας με σκοπό την θεραπεία γαστρεντερικών διαταραχών όπως, δυσπεψία, γαστραλγία ή πεπτικό έλκος, ανάγονται στα αρχαία χρόνια. Στις εργασίες Ελλήνων ιατρών της εποχής εκείνης – Ιπποκράτης, Διοσκουρίδης, Θεόφραστος, Γαληνός – γίνεται λόγος για τις θεραπευτικές, αντιφλεγμονώδεις και αντισηπτικές ιδιότητες της ρητίνης και των εκχυλισμάτων της, καθώς και συστάσεις για την ορθή χρήση τους (Bamprouli, 2014; Paraschos, 2007; Paraschos, 2012; Terrou *et al.*, 2018).

Στον κλάδο των τροφίμων και ποτών, η μαστίχα Χίου άρχισε να χρησιμοποιείται όχι μόνο ως μπαχαρικό και αντιοξειδωτικό αλλά και ως βάση για την παραγωγή τσίκλας (Mavrakis & Kiosseoglou, 2008; Pachi, 2020; Paraschos, 2007). Μετέπειτα γίνεται αναφορά της μαστίχας ως αρωματικό πρόσθετο στο παγωτό, ως τροποποιητικό υφής στα αρτοσκευάσματα, ως πρόσθετο αεριούχου νερού αλλά και για την παραγωγή λικέρ (Mavrakis, 2008; Tabanca, 2020; Terrou *et al.*, 2017; Terrou, 2018).

#### **3.2. ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ & ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΤΡΟΦΙΜΑ**

Το διαρκώς αυξανόμενο ενδιαφέρον των καταναλωτών για συστατικά φυσικής προέλευσης σε συνδυασμό με την αμφισβητούμενη καταλληλότητα των συνθετικών προσθέτων, έχει οδηγήσει στην εκμετάλλευση αρωματικών φυτών και των εκχυλισμάτων και αιθερίων ελαίων αυτών από τις βιομηχανίες τροφίμων και φαρμάκων, ως τα δραστικά συστατικά των προϊόντων τους (Christaki *et al.*, 2012).

Ιδιαίτερος στον κλάδο των τροφίμων, το ενδιαφέρον στρέφεται στην παραγωγή κατεργασμένων προϊόντων στα οποία έχουν ενσωματωθεί φυσικά συστατικά (Τετρου, 2017). Παράλληλα, έχουν παρατηρηθεί σημαντικές αλλαγές στον τρόπο με τον οποίο ο άνθρωπος αντιλαμβάνεται το ρόλο της διατροφής στην προάσπιση της υγείας. Σύμφωνα με επιστημονικές έρευνες, στον πρωταρχικό ρόλο του τροφίμου ως βασική πηγή ενέργειας και συστατικών ανοικοδόμησης του σώματος έχει προστεθεί η ενεργή δράση του τόσο στη διατήρηση καλής φυσικής κατάστασης όσο και στην παρεμπόδιση εκδήλωσης διαφόρων ασθενειών, με απώτερο στόχο την επιμήκυνση της ζωής. Ως αποτέλεσμα, ένας καινούργιος όρος, αυτός του *λειτουργικού τροφίμου*, έχει εισαχθεί (Grajek *et al.*, 2005; Roberfroid, 2002).

Στο πλαίσιο αυτό, ένας από τους ορισμούς που έχουν προταθεί για την έννοια του λειτουργικού τροφίμου είναι: «Ένα τρόφιμο μπορεί να χαρακτηριστεί ως λειτουργικό εάν έχει ικανοποιητικά αποδειχθεί ότι επηρεάζει κατά τρόπο ευεργετικό μία ή περισσότερες θεμελιώδεις λειτουργίες του οργανισμού, πέραν από την επαρκή διατροφική δράση του, ώστε να ωφελεί την υγεία και/ή να καταστέλλει τον κίνδυνο εμφάνισης ασθενειών. Ένα λειτουργικό τρόφιμο θα πρέπει να διατηρεί τον χαρακτήρα του τροφίμου, εκδηλώνοντας την αποτελεσματικότητά του όταν καταναλωθεί στα πλαίσια ενός διατροφικού σχήματος» (Henry, 2010; Roberfroid, 2002).

Στην ευρύτερη κατηγορία των λειτουργικών τροφίμων εντάσσονται οι εξής ομάδες (Henry, 2010):

- ✓ Συμβατικά τρόφιμα με βιοδραστικές ουσίες φυσικής προέλευσης στη σύστασή τους.
- ✓ Τρόφιμα που έχουν υποστεί τροποποίηση, μέσω εμπλουτισμού ή άλλης μεθόδου, με βιοδραστικές ουσίες.
- ✓ Συνθετικά διατροφικά συστατικά, όπως κάποιοι εξειδικευμένοι υδατάνθρακες που προορίζονται για δράση αντίστοιχη των προβιοτικών.

Ως λειτουργικό τρόφιμο μπορεί να χαρακτηριστεί (Henry, 2010; Roberfroid, 2002):

1. Ένα τρόφιμο φυσικής προέλευσης
2. Τρόφιμο στο οποίο έχει προστεθεί κάποιο συστατικό
3. Τρόφιμο από το οποίο έχει αφαιρεθεί κάποιο συστατικό
4. Τρόφιμο του οποίου ένα ή περισσότερα συστατικά έχουν τροποποιηθεί
5. Τρόφιμο του οποίου η βιοδιαθεσιμότητα έχει τροποποιηθεί
6. Οποιοσδήποτε συνδυασμός των ανωτέρω

Ένα διατροφικό προϊόν μπορεί να καταστεί λειτουργικό μέσω των παρακάτω προσεγγίσεων (Henry, 2010):

1. Ελαχιστοποίηση της συγκέντρωσης ενός συστατικού γνωστού για την επιζήμια δράση του όταν καταναλωθεί.
2. Αύξηση της συγκέντρωσης ενός συστατικού του τροφίμου, γνωστού για την ευεργετική επίδραση στον οργανισμό.
3. Προσθήκη ενός συστατικού το οποίο φυσιολογικά δεν περιέχεται στο τρόφιμο αλλά έχει αποδεδειγμένη ευεργετική δράση, χωρίς να ανήκει στην κατηγορία των μακροθρεπτικών ή μικροθρεπτικών συστατικών.
4. Αντικατάσταση ενός συστατικού, συνήθως μακροθρεπτικού, η πρόσληψη του οποίου είναι συνήθως υπέρμετρη (π.χ. λιπαρά), από κάποιο άλλο με αποδεδειγμένη ευεργετική δράση.
5. Αύξηση της βιοδιαθεσιμότητας ή σταθερότητας ενός συστατικού για το οποίο έχει αποδειχθεί ότι ενισχύει τον λειτουργικό χαρακτήρα του τροφίμου.

Το γεγονός ότι η μαστίχα Χίου συναντάται σε διάφορους τομείς της καθημερινότητας αποτελεί άμεση απόρροια τόσο της εθνοφαρμακολογίας της όσο και της σύγχρονης επιστημονικής έρευνας. Τα δάκρυα μαστίχας, η τσίκλα, τα συμπληρώματα διατροφής, τα δερματολογικά, οδοντιατρικά και καλλυντικά προϊόντα είναι ευρέως διαδεδομένα όχι μόνο στην ελληνική αλλά και στην διεθνή αγορά. Επιπλέον, η μαστίχα Χίου εμπεριέχεται σε παραδοσιακά τρόφιμα και ποτά, γεγονός που μαρτυρά τους ισχυρούς δεσμούς της με τον ελληνικό πολιτισμό (Pachi, 2020).

Ένα από τα πιο δημοφιλή προϊόντα αυτής της αρωματικής ρητίνης είναι η τσίκλα. Συγκρινόμενη με κοινές τσίκλες, η φυσική μαστίχα Χίου επάγει εντονότερη σιελόρροια εξ' αιτίας της γεύσης και της σκληρότητάς της. Συνεπώς, προσδίδει αίσθηση φρεσκάδας και καθαρότητας ενώ παράλληλα ανακουφίζει από την ξηροστομία. Αξίζει μάλιστα να σημειωθεί ότι είναι απαλλαγμένη από τεχνητά γλυκαντικά και αντιοξειδωτικά (Pachi, 2020).

Επίσης, η μαστίχα Χίου χρησιμοποιείται ευρέως στη μαγειρική, στη ζαχαροπλαστική και στην αρτοποιία. Μια μεγάλη ποικιλία παραδοσιακών αρτοσκευασμάτων και ειδών ζαχαροπλαστικής περιέχουν μαστίχα τόσο σε μορφή σκόνης (για χρήση στη μαγειρική) όσο και το έλαιο αυτής, ως φυσικό αρωματικό. Μάλιστα, έχει βρεθεί ότι η ενσωμάτωσή της σε γλυκά (λουκούμια, παγωτό) και αρτοσκευάσματα (τσουρέκι, ψωμί, κέικ,

μπισκότα) οδηγεί σε σημαντικές μεταβολές στα χαρακτηριστικά υψής των προϊόντων αυτών. Συγκεκριμένα, κατά τις ποικίλες αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα σωματίδια της μαστίχας και τα συστατικά του τροφίμου, δημιουργείται μια πολυμερική ζελατινώδης δομή αποτελούμενη από την βιοπολυμερική ζελατινώδη μήτρα και το υλικό πλήρωσης (Pachi, 2020).

Εξ' άλλου, η ζύμωση γάλακτος καταλυόμενη από έναν καινούργιο βιοκαταλύτη ο οποίος συντίθεται από κύτταρα *Lactobacillus casei* ATCC393 παγιδευμένα σε μήτρα μαστίχας Χίου οδήγησε στην παραγωγή ενός νέου προϊόντος βελτιωμένης διατροφικής ποιότητας, το οποίο θα μπορούσε να προωθηθεί στην αγορά. Επιπλέον, σύμφωνα με ανάλογη έρευνα, η προσθήκη μαστιχελαίου στο παγωτό και η ενσωμάτωση του τελικού προϊόντος στην δίαιτα ασθενών θα μπορούσε να βοηθήσει στην καταπολέμηση του *H. pylori* στομάχου (Pachi, 2020).

Επιπροσθέτως, τόσο η ρητίνη όσο και το έλαιο μαστίχας βρίσκουν εφαρμογή ως αρωματικά πολλών ελληνικών αλκοολούχων ποτών, όπως το λικέρ, το ούζο και η σουμάθα. Όσον αφορά για το λικέρ, η παρασκευή του στηρίζεται στην προσθήκη σε νερό πόσιμης αλκοόλης, σκόνης μαστίχας Χίου και ζάχαρης (Pachi, 2020).

Τόσο η σκόνη όσο και οι κάψουλες μαστίχας Χίου βρίσκουν εφαρμογή ως διατροφικά συμπληρώματα για την καταπολέμηση στομαχικών διαταραχών, καθώς και για την γενικότερη φροντίδα του γαστρεντερικού συστήματος. Μάλιστα, όταν η σκόνη μαστίχας συνδυαστεί κατάλληλα επάγεται η ανάπτυξη ευεργετικών βακτηρίων στο εσωτερικό του εντέρου. Από την άλλη πλευρά, οι κάψουλες αποτελούν ένα σκεύασμα 100% καθαρής μαστίχας Χίου, το οποίο είναι εγκεκριμένο από τον ελληνικό Εθνικό Οργανισμό Φαρμάκων (ΕΟΦ) (Pachi, 2020).

### **3.3. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ΣΤΑ ΤΡΟΦΙΜΑ**

Οι ευεργετικές βιολογικές ιδιότητες της μαστίχας Χίου αποτελούν τη βασική αιτία για την εκτεταμένη εφαρμογή της όχι μόνο στον κλάδο των φαρμακευτικών προϊόντων αλλά και την χορήγησή της ως συμπλήρωμα διατροφής. Η παρουσία όμως του αδιάλυτου στο νερό πολυμερούς καθιστά την από του στόματος χρήση της ρητίνης μη αποτελεσματική, ενώ η βιοδιαθεσιμότητα των δραστικών συστατικών της μειώνεται σημαντικά (Gortzi *et al.*, 2014).

Με στόχο την αύξηση της απορροφησιμότητας των ευεργετικών ουσιών, καθώς και την βελτίωση της ποιότητας συγκεκριμένων τροφίμων, τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί κάποιες τεχνικές εισαγωγής της στα τρόφιμα. Συγκεκριμένα, η μαστίχα εισάγεται σε τρόφιμα μέσω των τεχνικών:

1. Ενθυλάκωση σε λιποσώματα
2. Ως μήτρα ενθυλάκωσης προβιοτικών κυττάρων
3. Σε μορφή σκόνης

Σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία, όλα τα σύγχρονα τρόφιμα που παρασκευάζονται με την εισαγωγή μαστίχας, σε οποιαδήποτε μορφή, χαρακτηρίζονται ως «λειτουργικά».

Στις ενότητες που ακολουθούν αναλύονται οι διάφορες σύγχρονες μέθοδοι εισαγωγής της στα τρόφιμα.

### **3.3.1. ΕΝΘΥΛΑΚΩΣΗ ΣΕ ΛΙΠΟΣΩΜΑΤΑ**

Η ενθυλάκωση αποτελεί μια εκτεταμένα χρησιμοποιούμενη τεχνική από πλήθος βιομηχανιών τροφίμων, κυρίως με στόχο τον σχεδιασμό καινοτόμων, λειτουργικών προϊόντων. Η διαδικασία περιλαμβάνει την παγίδευση μιας ουσίας (δραστικός παράγοντας) στο εσωτερικό μιας άλλης (κέλυφος) (Timilsena *et al*, 2020).

Στον κλάδο της βιομηχανίας τροφίμων, η διαδικασία της ενθυλάκωσης εφαρμόζεται για διάφορους λόγους, όπως η βελτίωση της μεταφοράς βιοενεργών μορίων (αντιοξειδωτικά, μέταλλα, βιταμίνες, φυτοστερόλες, λιπαρά οξέα, λυκοπένιο) και ζωντανών κυττάρων (π.χ. προβιοτικών) στο εσωτερικό των τροφίμων. Επιπλέον, η μέθοδος χρησιμοποιείται για την τροποποίηση των φυσικών χαρακτηριστικών του αρχικού υλικού με σκοπό τον ευκολότερο χειρισμό του και την ομοιόμορφη κατανομή του δραστικού παράγοντα (Nedovic *et al*, 2011; Timilsena, 2020). Σε γενικές γραμμές, οι περισσότερο μελετημένες μήτρες είναι τα γαλακτοκομικά προϊόντα, ακολουθούμενα από τα δημητριακά και τα προϊόντα αρτοποιίας. Επίσης, τα φρούτα, το κρέας και η κρέμα είναι κάποιες τροφικές μήτρες οι οποίες επίσης έχουν χρησιμοποιηθεί για την ενθυλάκωση βιοδραστικών συστατικών στο εσωτερικό τους (Tolve *et al.*, 2016).

Οι τεχνικές ενθυλάκωσης χωρίζονται σε φυσικές, φυσικοχημικές και χημικές. Εξ' άλλου, ανάλογα με το επιθυμητό μέγεθος της κάψουλας, η τεχνολογία διακρίνεται σε μικρο-ενθυλάκωση (3-800 μm) και νάνο-ενθυλάκωση (10-1000 nm). Η επιλογή της μεθόδου καθορίζει τις ιδιότητες του τελικού προϊόντος, όπως η διαλυτότητα στο νερό και η ικανότητα απελευθέρωσης αρωματικών ουσιών (Kader *et al*, 2020).

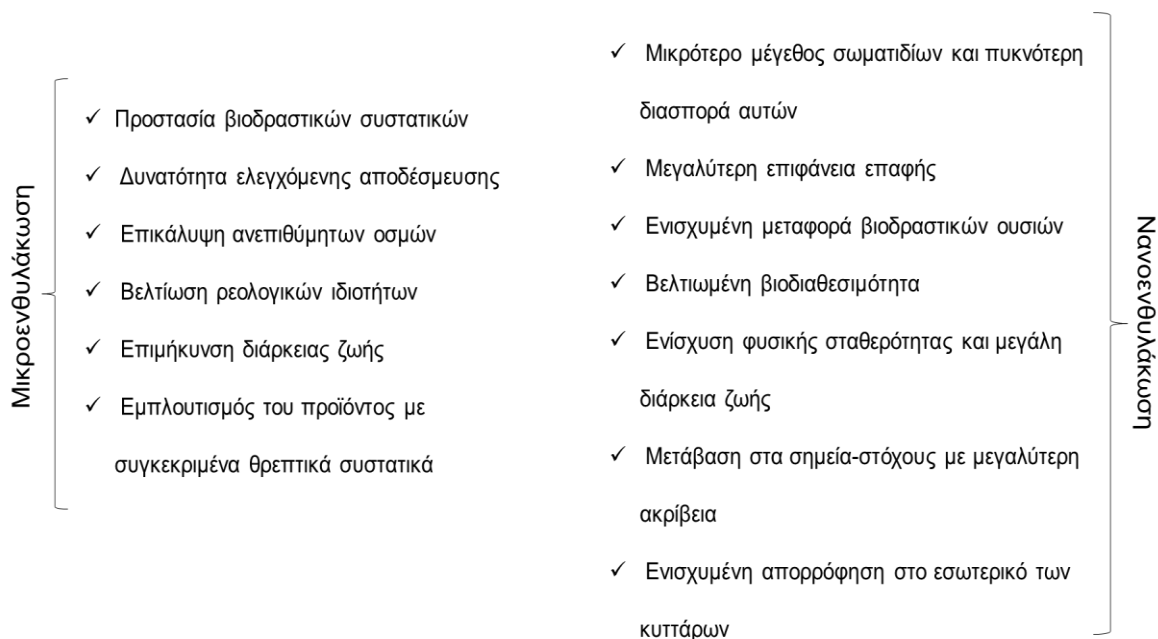
Η τεχνολογία της μικροενθυλάκωσης ενδιαφέρει ιδιαίτερα σε επίπεδο βιομηχανικών εφαρμογών, όχι μόνο λόγω του ότι παρέχει προστασία στα ασταθή βιοδραστικά συστατικά αλλά και εξ' αιτίας της δυνατότητάς της για ενσωμάτωση νέων, λειτουργικών ιδιοτήτων στο εσωτερικό των τροφίμων και αποτελεσματικής μεταφοράς του δραστικού συστατικού σε συγκεκριμένη θέση, υπό ελεγχόμενο ρυθμό (Gürbüz *et al.*, 2020; Nazir *et al.*, 2017; Timilsena, 2020). Μάλιστα, μέσω της μικροενθυλάκωσης είναι εφικτή η αλληλεπίδραση του παγιδευμένου συστατικού με τον ανθρώπινο οργανισμό. Δραστικές ουσίες όπως, προβιοτικά, ωμέγα-λιπαρά οξέα, ανθοκυανίνες, καροτενοειδή και αρώματα ενθυλακώνονται σε ένα σωματίδιο μεγέθους της τάξης του μικρο (Nazir, 2017).

Το σημαντικότερο πλεονέκτημα της μικροενθυλάκωσης είναι η δυνατότητα ελεγχόμενης αποδέσμευσης της δραστικής ουσίας, η οποία παρέχεται μέσω της επιλογής του υλικού του κελύφους. Για παράδειγμα, όταν πρόκειται για τρόφιμα, είναι εφικτός ο σχεδιασμός μικροκαψουλών ανθεκτικών έναντι των οξέων του στομάχου (Nazir, 2017).

Όσον αφορά για την επιλογή του υλικού του κελύφους, αυτή αποτελεί συνάρτηση παραμέτρων όπως, οι φυσικές και χημικές ιδιότητες του δραστικού συστατικού καθώς και η χρησιμοποιούμενη μέθοδος για τον σχηματισμό της κάψουλας. Κατά κανόνα, το υλικό του κελύφους θα πρέπει όχι μόνο να είναι βιοσυμβατό και βιοαποικοδομήσιμο αλλά επίσης να μην αντιδρά με την δραστική ουσία στον πυρήνα της κάψουλας. Μία μικροκάψουλα αποτελείται από έναν στερεό/υγρό/αέριο πυρήνα περιβαλλόμενο από μια ημι-περατή, σφαιρική, λεπτή και ανθεκτική μεμβράνη, με διάμετρο να ανάμεσα στο ένα μικρόμετρο και το ένα χιλιοστόμετρο (Nazir, 2017).

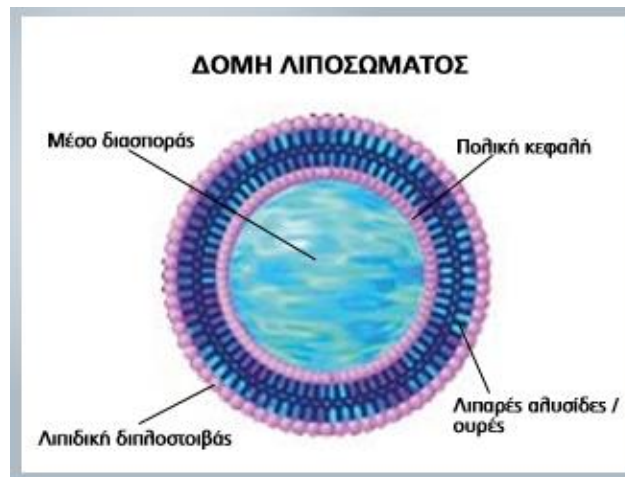
Στην περίπτωση της νανοενθυλάκωσης, το μέγεθος της παραγώμενης κάψουλας είναι μικρότερο από 1 μικρο (1000 nm) και, κατά συνέπεια, οι ιδιότητες διαφορετικές από αυτές της μικροκάψουλας (Σχήμα 2). Συγκεκριμένα, το νανομετρικό μέγεθος των συστημάτων μεταφοράς συνεπάγεται την αύξηση της συνολικής επιφάνειας και επομένως τη διασπορά στο εσωτερικό του τροφίμου. Οι νανοκάψουλες διασπείρονται

με μεγαλύτερη ευκολία, ενώ μέσα στο νερό σχηματίζουν σταθερά και ομοιογενή συστήματα διασποράς. Επιπλέον, η ικανότητα απελευθέρωσης της δραστικής ουσίας είναι μεγαλύτερη. Το γεγονός αυτό αποδίδεται στο μικρότερο μέγεθός τους, το οποίο διευκολύνει την παθητική απορρόφησή τους από τα κύτταρα-στόχους και την μεταφορά τους στο εσωτερικό των κυττάρων αυτών (Liao *et al.*, 2021).



**Σχήμα 2:** Πλεονεκτήματα μικροενθυλάκωσης και νανοενθυλάκωσης.

Όπως προαναφέρθηκε, ένας από τους τρόπους εισαγωγής της μαστίχας Χίου στα τρόφιμα είναι η ενθυλάκωση σε λιποσώματα. Τα τελευταία αποτελούν βιοσυμβατά κυστίδια συνεχούς δομής σε διπλοστοιβάδα, τα οποία συντίθενται από λιπίδια ή/και φωσφολιπίδια (Εικόνα 5). Πρόκειται για ευέλικτες δομές, στις οποίες δύνανται να ενθυλακωθούν τόσο υδρόφοβες όσο και υδρόφιλες και αμφίφιλες ουσίες (Reque, 2021).



**Εικόνα 5:** Δομή λιποσώματος.

Η σύνθεση και ανάπτυξη λιποσωμάτων αναφέρθηκε για πρώτη φορά το 1965 από τους Bangham *et al.*, με πρωταρχικό σκοπό την ενθυλάκωση και μεταφορά φαρμακευτικών ουσιών σε συγκεκριμένα σημεία ενός οργανισμού (Gortzi *et al.*, 2022; Lammarì *et al.*, 2021). Από τότε, τόσο η μικρο- όσο και η νανο- ενθυλάκωση εφαρμόζονται ευρέως στον τομέα της φαρμακευτικής, ενώ στον κλάδο των τροφίμων η χρήση τους είναι σχετικά περιορισμένη (Reque, 2021). Κατά τη διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας, όμως, έχει παρατηρηθεί ότι η αποδοχή και το ενδιαφέρον για τα αρωματικά φυτά και τα έλαια αυτών σημειώνει εκθετική αύξηση, σε παγκόσμια κλίμακα (Lammarì, 2021).

Σε ό,τι αφορά τις φυσικοχημικές ιδιότητες των λιποσωμάτων, αυτές διαφοροποιούνται σημαντικά ανάλογα με την σύσταση του λιπιδίου, το επιφανειακό φορτίο, το μέγεθος και την μέθοδο παρασκευής τους. Ο υδρόφοβος και συγχρόνως υδρόφιλος χαρακτήρας τους αιτιολογεί την δυνατότητά τους να μεταφέρουν διάφορα συστατικά σε συγκεκριμένα σημεία ενός οργανισμού. Παράλληλα, ασκούν προστατευτική δράση στο περιεχόμενό τους σχηματίζοντας ένα τοίχωμα αδιαπέραστο από ένζυμα σε αλκαλικά διαλύματα, πεπτικά υγρά και άλατα, καθώς και την εντερική χλωρίδα. Επομένως, τα περιεχόμενα των λιποσωμάτων προστατεύονται από την οξείδωση και την αποικοδόμηση μέχρι να μεταφερθούν στο όργανο ή σύστημα για το οποίο προορίζονται (Gortzi, 2022).

Αναφορικά με την μαστίχα Χίου, το τμήμα με τις αξιοσημείωτες βιολογικές ιδιότητες που έχει μελετηθεί με σκοπό την εισαγωγή σε τρόφιμα είναι το εκχύλισμα (βλ. § 2.2.1), κατόπιν απομάκρυνσης του αδιάλυτου πολυμερούς (Gortzi, 2022). Όπως συμβαίνει με όλα τα οργανικά εκχυλίσματα και αιθέρια έλαια, είναι ασταθές και αποικοδομείται

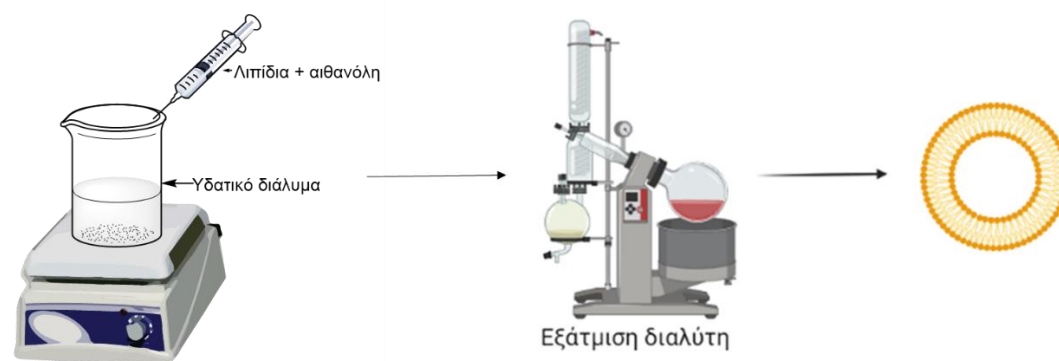


εύκολα αν δεν προστατεύεται από εξωτερικούς παράγοντες όπως η θερμότητα και το φως. Παράλληλα, η ελαττωμένη διαλυτότητά του στο νερό σε συνδυασμό με τον πτητικό χαρακτήρα του επιτάσσουν αναγκαία την ανάπτυξη κατάλληλων τεχνικών και μεθοδολογιών ώστε η εισαχθεί με ασφάλεια στο τρόφιμο (Gortzi, 2022; Lammarì, 2021).

Με σκοπό την ανάπτυξη λιποσωμάτων με φυτικά εκχυλίσματα στο εσωτερικό τους, έχουν χρησιμοποιηθεί διάφορες μέθοδοι. Κατά την ενθυλάκωση εκχυλίσματος μαστίχας Χίου, όξινο και ουδέτερο κλάσμα (βλ. σχήμα 1, κεφ. 2) στα εν λόγω κυστίδια, στη βιβλιογραφία αναφέρονται τρεις μέθοδοι (Gortzi, 2014):

1. Εξάτμιση λεπτής μεμβράνης (*Thin film evaporation*)
2. Ψύξη-απόψυξη (*Freezing-Thawing*)
3. Έγχυση με διαλύτη (αιθανόλη) (*Solvent (Ethanol) Injection*)

Από τις προαναφερθείσες μεθόδους, η περισσότερο αποτελεσματική έχει αποδειχθεί να είναι η έγχυση με αιθανόλη (εικόνα 6) (Gortzi, 2014). Πρόκειται για τη μέθοδο που οδηγεί στη μεγαλύτερη ικανότητα ενθυλάκωσης παράλληλα με το μικρότερο μέσο μέγεθος σωματιδίων. Σύμφωνα με αυτήν, λιπίδια αποτελούμενα από φωσφατιδυλοχολίνη, χοληστερόλη και εκχύλισμα μαστίχας Χίου -όξινο και ουδέτερο κλάσμα- (2mg/mL) διαλυμένων σε αιθανόλη εγχύνονται ταχέως σε μεγάλη περίσσεια μιας υδατικής φάσης ( $H_2O$  d.d. + 0,3% NaCl), θερμοκρασίας 35 °C. Αμέσως σχηματίζονται τα κυστίδια (*Multi Lamellar Vesicles*, MLVs). Αργότερα, τα μείγματα υπόκεινται σε ανάδευση με τη βοήθεια υπερήχων για 30 λεπτά, ώστε να σχηματιστούν τα τελικά λιποσώματα (*Single Lamellar Vesicles*, SLV) (Gortzi, 2022; Lammarì, 2021).



**Εικόνα 6:** Η μέθοδος έγχυσης με αιθανόλη για την παρασκευή λιποσωμάτων.

Η χρησιμοποιούμενη μέθοδος παρασκευής κολλοειδών συστημάτων (λιποσωμάτων) μαστίχας Χίου έχει άμεση επίδραση στο ρυθμό απελευθέρωσης των συστατικών τους (τερπένια, πιπένια κλπ). Επιπλέον, κατά τη σύγκριση σταθερότητας σε προσομοιωμένα βιολογικά υγρά (γαστρικό υγρό, χολή) των δύο ειδών λιποσωμάτων, με το όξινο κλάσμα της μαστίχας από τη μια μεριά και με το ουδέτερο κλάσμα από την άλλη, έχει αποδειχθεί ότι αυτά που περιέχουν το όξινο κλάσμα είναι περισσότερο σταθερά. Το γεγονός αυτό αποδίδεται στην παρουσία περισσότερων καρβοξυλομάδων στο όξινο κλάσμα, οι οποίες αλληλεπιδρούν εύκολα με τις πολικές ομάδες των φωσφολιπιδίων του λιποσώματος. Επιπροσθέτως, η χοληστερόλη στα λιποσώματα ενδεχομένως να βοηθάει στην ένταξη του όξινου εκχυλίσματος στο εσωτερικό της φωσφολιπιδικής διπλοστοιβάδας μέσω της υδροφοβικότητας (Gortzi, 2022).

Συμπερασματικά, τα λιποσώματα θα μπορούσαν να ενεργήσουν αποτελεσματικά για την προστασία εκχυλισμάτων μαστίχας Χίου έναντι του όξινου γαστρεντερικού περιβάλλοντος. Η μέθοδος δύναται να εφαρμοστεί για την ενσωμάτωση μαστίχας σε τρόφιμα και τη βελτίωση της λειτουργικότητάς τους (Gortzi, 2022).

### **3.3.2. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΕΝΘΥΛΑΚΩΣΗΣ ΠΡΟΒΙΟΤΙΚΩΝ ΚΥΤΤΑΡΩΝ**

Με τον όρο «προβιοτικά» καλούνται τα ζωντανά μικροβιακά συμπληρώματα γνωστά για την ευεργετική επίδραση στην υγεία. Τα γένη *Lactobacillus* και *Bifidobacterium*, τα οποία έχουν χρησιμοποιηθεί ως προβιοτικά, σχετίζονται κυρίως με το ανθρώπινο γαστρεντερικό μονοπάτι και την λειτουργικότητα αυτού. Κατά τη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών, προβιοτικά στελέχη του *Lactobacillus plantarum* βρίσκουν εφαρμογή με μεγάλη συχνότητα σε αρκετά τρόφιμα που έχουν υποστεί ζύμωση, εξ' αιτίας της ωφέλειάς τους: παρεμποδίζουν την καρκινογένεση, ενισχύουν την απορρόφηση ασβεστίου, βοηθούν στη βιοσύνθεση βιταμινών κ.ά (Rajam, 2022).

Η έννοια των προβιοτικών αναπτύχθηκε γύρω στο 1900 από Ρώσο επιστήμονα Elie Metchnikoff, ο οποίος παρατήρησε ότι η κατανάλωση των ζωντανών μικροοργανισμών *Lactobacillus bulgaricus* σε γάλα ή γιαούρτι που είχαν υποστεί ζύμωση βελτίωνε την λειτουργικότητα του γαστρεντερικού σωλήνα (Rajam, 2022; Reque, 2021). Πρόσφατα, η Διεθνής Οργάνωση Τροφίμων και Γεωργίας (Food and Agricultural Organization) των Ηνωμένων Πολιτειών σε συνεργασία με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (World Health Organization, WHO) όρισαν τα προβιοτικά ως «ζωντανοί μικροοργανισμοί οι

οποίοι, όταν χορηγηθούν σε επαρκείς ποσότητες, ευεργετούν την υγεία του ξενιστή» (Reque, 2021).

Η αποτελεσματικότητα των προβιοτικών εξαρτάται όχι μόνο από την χορηγούμενη δοσολογία αλλά και από τον βαθμό επιβίωσης αυτών στο όξινο περιβάλλον του στομάχου και την μεταβολική σταθερότητα στην τροφική μήτρα, δεδομένου ότι ένα σημαντικό μέρος της λειτουργικότητάς τους καταστρέφεται είτε κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης του τροφίμου είτε, αφού καταναλωθεί, κατά την δίοδο από τον γαστρεντερικό σωλήνα. Επομένως, η ενθυλάκωση των προβιοτικών στελεχών κρίνεται απαραίτητη για την προστασία τους από τις αντίξοες συνθήκες επεξεργασίας και την διατήρηση των ιδιοτήτων τους όταν ενσωματωθούν στα τρόφιμα (Rajam, 2022).

Η επιλογή του κατάλληλου προβιοτικού στελέχους εξαρτάται από τις ευεργετικές του ιδιότητες, καθώς και τα επιθυμητά χαρακτηριστικά του τελικού προϊόντος. Διάφορα προβιοτικά στελέχη έχουν κατά καιρούς προστεθεί σε γαλακτοκομικά προϊόντα όπως το τυρί και το γάλα αλλά και στο κρέας, στα δημητριακά πρωϊνού, σε λαχανικά, φρουτοχυμούς και αρτοσκευάσματα (Singh et al., 2022).

Λόγω του μεγέθους των προβιοτικών βακτηρίων, η ενθυλάκωσή τους είναι εφικτή αποκλειστικά μέσω της μικροενθυλάκωσης (Reque, 2021). Στις βιομηχανίες τροφίμων, η διαδικασία αυτή εφαρμόζεται για διάφορους λόγους όπως (1) προστασία του πυρήνα από την αποδόμηση μέσω της ελάττωσης τις αλληλεπίδρασής του με εξωτερικούς παράγοντες (θερμοκρασία, υγρασία, οξυγόνο, φωτεινή ακτινοβολία) (2) παρεμπόδιση της εξάτμισης των συστατικών του πυρήνα (3) δυνατότητα τροποποίησης των χαρακτηριστικών απελευθέρωσης (4) επικάλυψη του αρώματος, του χρώματος και της ενδεχόμενης ανεπιθύμητης γεύσης των συστατικών του πυρήνα (5) επίτευξη ομοιόμορφης διασποράς κατά την διαλυτοποίηση (Rajam, 2022).

Όσον αφορά για τις τεχνολογίες μικροενθυλάκωσης προβιοτικών, αυτές χωρίζονται σε τρεις κύριες κατηγορίες, την εξώθηση, τη γαλακτωματοποίηση και την ξήρανση (Rajam, 2022). Για την μικροενθυλάκωση σε μήτρα μαστίχας Χίου χρησιμοποιείται η τεχνολογία της ξήρανσης (Terrou, 2017; Terrou, 2018). Στη βιβλιογραφία αναφέρονται δύο επιμέρους μέθοδοι που εμπίπτουν στην κατηγορία αυτή: (1) αποξήρανση με ψεκασμό (*Spray drying*) και (2) ψυχρή ξήρανση (λυοφιλοποίηση) (*freeze drying*), με την καθεμία να φέρει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, όπως φαίνεται στον πίνακα 3 (Rajam, 2022).

**Πίνακας 3:** Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των μεθόδων μικροενθυλάκωσης με ξήρανση.

|                             | <b>ΑΠΟΞΗΡΑΝΣΗ ΜΕ ΨΕΚΑΣΜΟ</b>  | <b>ΛΥΟΦΙΛΟΠΟΙΗΣΗ</b>  |
|-----------------------------|---|---|
| <b><i>Πλεονεκτήματα</i></b> |   |   |
| <b>1</b>                    | Διαδικασία ταχείας ξήρανσης   | Ελάχιστη φθορά στο προϊόν   |
| <b>2</b>                    | Άμεση μετατροπή του υγρού σε στερεή μορφή (σκόνη)                                     | Η λυοφιλοποιημένη σκόνη μπορεί να αποθηκευτεί σε ατμοσφαιρικές συνθήκες |
| <b>3</b>                    | Εύκολη αλλαγή των μεταβλητών της διαδικασίας για βελτίωση της ποιότητας του προϊόντος | Διατήρηση αρωμάτων και διατροφικού περιεχομένου                         |
| <b>4</b>                    | Προϊόντα σε μορφή σκόνης ελεύθερης ροής   | Σκόνη με πορώδες εξ' αιτίας της εξάχνωσης νερού                         |
| <b>5</b>                    | Παραγωγή υψηλής απόδοσης  |   |
| <b>6</b>                    | Μικρές απαιτήσεις χειρισμού   |   |
| <b>7</b>                    | Δυνατότητα παραγωγής σε μεγάλη κλίμακα  |   |
| <b><i>Μειονεκτήματα</i></b> |   |   |
| <b>1</b>                    | Ακατάλληλη για θερμο-ευαίσθητα υλικά  | Διαδικασία μεγάλης διάρκειας (24-26 h)                                  |
| <b>2</b>                    | Πολύπλοκος εξοπλισμός που απαιτεί μεγάλους χώρους εγκατάστασης                        | Πολύπλοκος εξοπλισμός   |
| <b>3</b>                    | Υψηλό κόστος αγοράς και συντήρησης  | Υψηλό κόστος αγοράς και συντήρησης                                      |
| <b>4</b>                    | Χαμηλή θερμική απόδοση  | Χαμηλή θερμική απόδοση  |

Η επιβίωση των ενθυλακωμένων προβιοτικών κυττάρων εξαρτάται από κάποιες φυσικοχημικές ιδιότητες των μικροκαψουλών όπως το βακτηριακό στέλεχος, το μέγεθος της μικροκάψουλας και το αρχικό πλήθος κυττάρων (Rajam, 2022).

Από την άλλη πλευρά, η επιλογή του υλικού για το κέλυφος μικροενθυλάκωσης είναι πολύ σημαντική δεδομένου ότι οι ουσίες αυτές θα πρέπει να ανήκουν στην κατηγορία των τροφίμων, να είναι βιοαπικοδομήσιμες και να παρέχουν τη δυνατότητα σχηματισμού φράγματος ανάμεσα στον πυρήνα και το περιβάλλον του. Με άλλα λόγια, η ικανότητα ενθυλάκωσης, τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά και η σταθερότητα των μικροκαψουλών εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τη χημική σύσταση του υλικού του κελύφους (Rajam, 2022).

Σύμφωνα με τα ήδη υπάρχοντα βιβλιογραφικά δεδομένα, η μικροενθυλάκωση προβιοτικών κυττάρων σε μαστίχα Χίου πραγματοποιείται με σκοπό την παραγωγή (Τερρου, 2017; Τερρου, 2018)

- A. Λειτουργικού ροφήματος ορού γάλατος
- B. Λειτουργικού γάλατος που έχει υποστεί ζύμωση

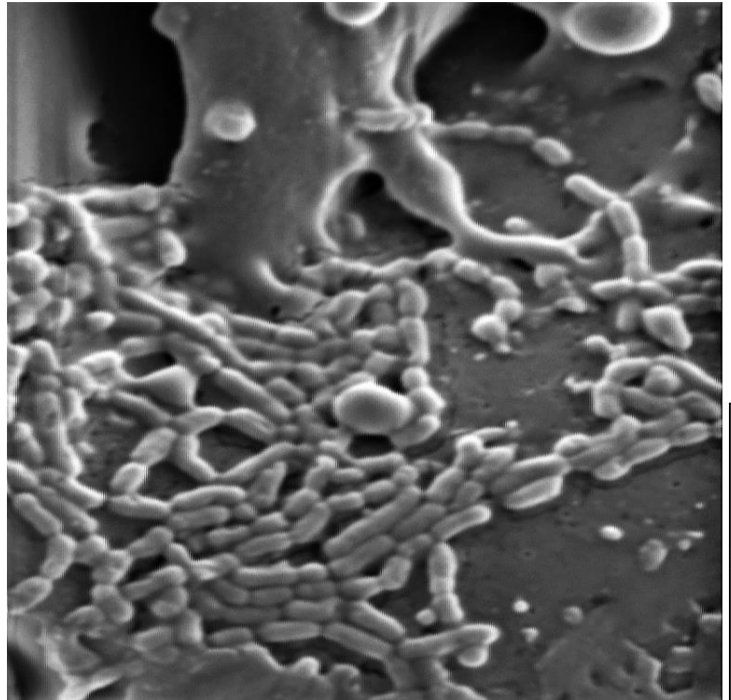
#### **A. Παραγωγή λειτουργικού ροφήματος ορού γάλακτος**

Ο ορός τυριού αποτελεί το κύριο – σε υγρή μορφή – παραπροϊόν των βιομηχανιών γαλακτοκομικών προϊόντων που παραμένει, μετά την πήξη του γάλατος και την απομάκρυνση του τυροπήγματος, κατά την παρασκευή τυριού. Συνήθως, ο ορός τυριού απορρίπτεται στο περιβάλλον ως απόβλητο, γεγονός που προκαλεί σημαντική ρύπανση εξ' αιτίας του υψηλού οργανικού φορτίου του ορού (Τερρου, 2017).

Πράγματι, ο ορός τυριού περιέχει στερεές ουσίες σε ποσοστό περίπου 8% (50% των ολικών στερεών του αρχικού γάλατος), στις οποίες περιλαμβάνονται πρωτεΐνες, λακτόζη, μέταλλα, υδατοδιαλυτές βιταμίνες, γαλακτικό οξύ και ιχνοστοιχεία. Για τον λόγο αυτό θα μπορούσε να αξιοποιηθεί με περαιτέρω επεξεργασία (Τερρου, 2017).

Ένας τρόπος αξιοποίησης του ορού είναι η ενίσχυσή του με μαστίχα Χίου και, στοχεύοντας στη βελτίωση της διατροφικής ποιότητας νέων ροφημάτων ορού γάλατος, θα μπορούσαν να παρασκευαστούν λειτουργικά τρόφιμα νέας εποχής με πληθώρα πλεονεκτημάτων για την ανθρώπινη υγεία (Τερρου, 2017).

Κατά την ενθυλάκωση προβιοτικών κυττάρων σε μαστίχα Χίου, χρησιμοποιείται το βακτηριακό στέλεχος *Lactobacillus casei* ATCC393, το οποίο αποδεδειγμένα μπορεί να επιβιώσει εντός του γαστρεντερικού σωλήνα (εικόνα 7). Για την προετοιμασία του ενθυλακωμένου βιοκαταλύτη, η προβιοτική νωπή βιομάζα εισάγεται σε αποστειρωμένο ορό και ζυμώνεται στους 37 °C για χρονικό διάστημα 24-48 ωρών, παρουσία λυοφιλοποιημένων σωματιδίων μαστίχας (Τερρου, 2017).



**Εικόνα 7:** Ηλεκτρονικό μικρογράφημα που παρουσιάζει τα ενθυλακωμένα κύτταρα *Lactobacillus casei* ATCC393 σε μήτρα μαστίχας Χίου.

Ακολουθεί η παραγωγή του λειτουργικού ροφήματος ορού γάλατος. Κατά την διαδικασία αυτή, σε αποπρωτεϊνωμένο φιλτραρισμένο και παστεριωμένο ορό τυριού (5% λακτόζη) προστίθεται σιρόπι γλυκόζης. Τέλος, το μείγμα ενισχύεται με τον ενθυλακωμένο βιοκαταλύτη (Τερρου, 2017).

Αναφορικά με την ποιότητα του προϊόντος, ανάλογη ανάλυση καταδεικνύει ότι τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά αυτού παραμένουν εντός αποδεκτών επιπέδων για χρονικό διάστημα 30 ημερών, σε συνθήκες αποθήκευσης. Από την άλλη πλευρά, ενδιαφέρον προκαλεί η αισθητηριακή εκτίμηση των παρασκευασθέντων ροφημάτων. Σύμφωνα με αυτήν, τόσο η γεύση όσο και το άρωμα της μαστίχας είναι αισθητά, χωρίς παράλληλα η παρουσία των προβιοτικών κυττάρων να επηρεάζει τη γεύση ή την απαλότητα στην υφή (Τερρου, 2017).

#### ***B. Παραγωγή λειτουργικού γάλατος που έχει υποστεί ζύμωση***

Γάλα που έχει υποβληθεί σε διαδικασία ζύμωσης παράγεται ευρέως σε πολλές χώρες. Εξ' άλλου, η ζύμωση είναι μια από τις παλαιότερες διαδικασίες επιμήκυνσης της ζωής του γάλατος και των προϊόντων αυτού, ενώ εφαρμόζεται από τον άνθρωπο εδώ και χιλιάδες χρόνια (Tamime, 2002).

Σύμφωνα με τα κριτήρια της Διεθνούς Ένωσης Γαλακτοκομικών Προϊόντων (International Dairy Federation, IDF), «ως ζυμωμένα γάλατα ορίζονται το γάλα και/ή τα προϊόντα αυτού τα οποία έχουν παρασκευαστεί από παστεριωμένες πρώτες ύλες, μέσω της δράσης συγκεκριμένων μικροοργανισμών, με αποτέλεσμα την αύξηση του βαθμού οξύτητας και την ελάττωση της συσσωμάτωσης» (Tamime, 2002).

Λαμβάνοντας υπ' όψη τις ευεργετικές για την ανθρώπινη υγεία τόσο της μαστίχας Χίου, όσο και των προβιοτικών, σε συνδυασμό με την τεράστια θρεπτική αξία του γάλατος, η ζύμωση του γάλατος από προβιοτικά κύτταρα ενθυλακωμένα σε μήτρα μαστίχας Χίου οδηγεί στην παραγωγή ενός καινούργιου λειτουργικού τροφίμου με πολλαπλά οφέλη και αξιοσημείωτη διατροφική ποιότητα (Τετρου, 2018).

Όπως ακριβώς με την παραγωγή ροφήματος ορού γάλατος που περιεγράφηκε παραπάνω, έτσι και στην περίπτωση αυτή για την διαδικασία μικροενθυλάκωσης χρησιμοποιείται το βακτηριακό στέλεχος *Lactobacillus casei* ATCC393. Για την προετοιμασία του ενθυλακωμένου προβιοτικού βιοκαταλύτη, η βιομάζα αναμειγνύεται εντός κατάλληλου υγρού μέσου με μικρά σωματίδια αποξηραμένης (freeze-dried) μαστίχας Χίου. Η εν λόγω μέθοδος λυοφιλοποίησης (freeze drying) κρίνεται απαραίτητη ώστε να δημιουργηθούν οπές στη δομή της μαστίχας, μέσα στις οποίες να παγιδευτούν τα προβιοτικά κύτταρα (Τετρου, 2018).

Για την ζύμωση του γάλατος και την παραγωγή του τελικού προϊόντος, ενεργοποιημένη καλλιέργεια του αποξηραμένου ενθυλακωμένου βιοκαταλύτη προστίθεται σε ομογενοποιημένο και παστεριωμένο αγελαδινό γάλα στους 37 °C και το μείγμα αφήνεται για να λάβει χώρα η συσσωμάτωση. Η ζύμωση ολοκληρώνεται μετά το πέρας 18 ωρών, οπότε το pH του μείγματος φτάσει στο 4,5. Τα ζυμωμένα προϊόντα ψύχονται αμέσως και φυλάσσονται στους 4 °C (Τετρου, 2018).

Ανάλυση του προϊόντος καταδεικνύει την παρουσία πολλών πτητικών ουσιών όπως, εστέρες, οργανικά οξέα, τερπένια και καρβονυλικές ενώσεις. Μάλιστα, το σημαντικά ενισχυμένο σε τερπενοειδή περιεχόμενο, το οποίο αποδίδεται στην ενσωματωμένη μαστίχα Χίου (βλ. κεφ. 2), προσδίδει εξαιρετικά αρωματικά χαρακτηριστικά στο ζυμωμένο γάλα. Επιπλέον, εκτός από το ιδιαίτερα φρουτώδες άρωμα, τα μονοτερπένια θεωρούνται σημαντικά για την ικανότητά τους να επικαλύπτουν τις δυσάρεστες οσμές που οφείλονται στην παρουσία φαινολικών συστατικών ή λιπαρών οξέων βραχείας αλυσίδας (Τετρου, 2018).

### 3.3.3. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΕ ΑΝΑΜΕΙΞΗ ΜΕ ΡΥΖΑΛΕΥΡΟ

Η κατανάλωση τροφίμων που περιέχουν γλουτένη ευθύνεται για την εμφάνιση κοιλιόκακης και άλλων προβλημάτων υγείας, σε πολλούς ανθρώπους. Από την άλλη πλευρά, η εξαίρεση αλεύρου με γλουτενικές πρωτεΐνες στη σύστασή του, κατά την διαδικασία παραγωγής προϊόντων ζύμης, προκαλεί ποικιλία τεχνικών προβλημάτων. Το φαινόμενο αυτό αποδίδεται στην ικανότητα της γλουτένης να σχηματίζει ένα δίκτυο με μοναδικές ελαστικές ιδιότητες, απαραίτητες για την παραλαβή ψωμιού με ικανοποιητικό όγκο και πορώδες (Burešová, 2017).

Το απαλλαγμένο από γλουτένη ψωμί συνήθως παρασκευάζεται από ρυζάλευρο, εξ' αιτίας του ότι είναι άχρωμο, έχει υψηλή διατροφική αξία, ιδιαίτερη γεύση και ήπιες υποαλλεργικές ιδιότητες. Παρ' όλα αυτά, τόσο ο όγκος όσο και το πορώδες του ψωμιού αυτού είναι περιορισμένα λόγω της εξασθενημένης σταθερότητας με την οποία η ζύμη περιβάλλει τις φυσαλίδες που δημιουργούνται κατά το φούσκωμα της ζύμης (Burešová, 2017).

Η συμπεριφορά της ζύμης μπορεί να βελτιωθεί με την προσθήκη ενός σταθεροποιητικού παράγοντα. Λαμβάνοντας υπ' όψη την ιδιότητα της μαστίχας Χίου να τροποποιεί την συμπεριφορά αμιγών πολυσακχαρικών ή πρωτεϊνικών δικτύων, η προσθήκη της σε ρυζάλευρο, το οποίο περιέχει τόσο πολυσακχαρίτες όσο και πρωτεΐνες, επιφέρει βελτίωση όχι μόνο στα τεχνολογικά χαρακτηριστικά του προϊόντος αλλά και στη διατροφική του αξία (Burešová, 2017).

Με σκοπό την παραγωγή ψωμιού από αλεύρι ρυζιού, το τελευταίο αναμιγνύεται με σκόνη μαστίχας Χίου, νερό, σουκρόζη, αλάτι και μαγιά. Κατά την ρεολογική ανάλυση της σχηματισθείσας ζύμης, παρατηρείται μια ελαστικότητα η οποία αποδίδεται στην παρουσία της μαστίχας και στην ενεργή της αλληλεπίδραση με τα υπόλοιπα συστατικά της ζύμης. Συγκεκριμένα, ο χαρακτήρας της μαστίχας στην περίπτωση αυτή είναι σταθεροποιητικός. Μέσα σε ένα πολυδιάσπαρτο σύστημα στο οποίο συνυπάρχουν δίκτυα πρωτεϊνών με πολυσακχαρικά, τα σωματίδια μαστίχας σχηματίζουν δεσμούς τόσο με τα σάκχαρα όσο και με τις πρωτεΐνες. Η παράλληλη άσκηση μηχανικής πίεσης επάγει τον επιπλέον σχηματισμό δεσμών ο οποίος οδηγεί σε πρόσθετη σταθερότητα του συστήματος (Burešová, 2017).



Μάλιστα, είναι πιθανό η αλληλεπίδραση μαστίχας με το πρωτεϊνικό δίκτυο να οδηγεί στη δημιουργία συσσωματωμάτων μεγάλων μακρομορίων, αφού ο σταθεροποιητικός χαρακτήρας της πρώτης γίνεται εντονότερος με την αύξηση της συγκέντρωσής της στο αρχικό μίγμα (Burešová, 2017).

Συμπερασματικά, η μαστίχα Χίου σε μορφή σκόνης θα μπορούσε να προστεθεί σε ζύμη απαλλαγμένη από γλουτένη, με στόχο την παραγωγή λειτουργικών τροφίμων της κατηγορίας αυτής (Burešová, 2017).

#### **3.3.4. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΩΣ ΒΡΩΣΙΜΗ ΕΠΙΚΑΛΥΨΗ ΣΕ ΠΥΡΗΝΕΣ ΑΜΥΓΔΑΛΟΥ**

Ένα από τα ζητήματα που απασχολούν την επιστημονική κοινότητα στον τομέα των τροφίμων, τα τελευταία χρόνια, είναι η εύρεση των κατάλληλων στρωμάτων επικάλυψης φρούτων, λαχανικών και πυρήνων, ώστε αυτά να διατηρούνται φρέσκα για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Τα στρώματα αυτά ή οι βρώσιμες επικαλύψεις, όπως αλλιώς ονομάζονται, είναι άχρωμα, άοσμα, άγευστα και αβλαβή για την ανθρώπινη υγεία, ενώ μπορούν να καταναλωθούν άφοβα καθ' ό,τι προέρχονται από φυσικές πηγές. Επίσης, με τον τρόπο αυτό είναι εφικτή η ελαχιστοποίηση ρύπων συσκευασίας (Farooq *et al.*, 2021).

Οι βρώσιμες επικαλύψεις εφαρμόζονται στο τρόφιμο είτε μέσω ψεκασμού είτε με επάλειψη και δημιουργούν μία ημιπερατή μεμβράνη η οποία ελέγχει όχι μόνο την ποσότητα υγρασίας και διοξειδίου του άνθρακα που διαφεύγουν από το τρόφιμο, αλλά και το ποσοστό οξυγόνου που εισέρχεται σε αυτό από το εξωτερικό περιβάλλον (Farooq, 2021).

Ένα από τα τρόφιμα που βρίσκουν εφαρμογή σε πληθώρα προϊόντων, παγκοσμίως, είναι τα αμύγδαλα. Εξ' αιτίας των επιθυμητών αισθητηριακών ιδιοτήτων τους, χρησιμοποιούνται από παραγωγούς διαφόρων κλάδων για την παρασκευή αφεψημάτων, παγωτού, σοκολάτας, γλυκισμάτων και δημητριακών πρωινού. Για τον λόγο αυτό, η εύρεση τρόπων βελτίωσης της ποιότητάς τους είναι ζωτικής σημασίας (Farooq, 2021).

Για την επιλογή των βέλτιστων μεθόδων επεξεργασίας και αποθήκευσης, η επιστημονική έρευνα στόχευσε στην αποσαφήνιση της επίδρασης των υψηλών θερμοκρασιών και της υγρασίας στην ποιότητα και το χρόνο ζωής των εν λόγω

καρπών, ώστε να αναπτύξει τα κατάλληλα εργαλεία και μεθόδους αποτροπής της φθοράς. Έτσι, αναπτύχθηκαν οι βρώσιμες βιο-επικαλύψεις (Farooq, 2021).

Από την άλλη πλευρά, η μαστίχα Χίου με τις αποδεδειγμένες βιολογικές της ιδιότητες, αποτελεί πόλο έλξης για ποικιλία εφαρμογών στον τομέα των τροφίμων και όχι μόνο. Έτσι, μελετήθηκε η επίδραση βιοδραστικής βρώσιμης επικάλυψης από μαστίχα σε φρέσκους πυρήνες αμυγδάλου ως προς παραμέτρους ποιότητας όπως, απορρόφηση υγρασίας, οξείδωση λιπιδίων, ολική μαγιά και ανάπτυξη τοξινών (Farooq, 2021).

Για τον σκοπό αυτό, παρασκευάστηκαν διαλύματα μαστίχας διαφόρων συγκεντρώσεων με την προσθήκη σκόνης μαστίχας σε νερό ακολουθούμενη από φιλτράρισμα. Τα αποφλοιωμένα αμύγδαλα εμβάπτιστηκαν στα διαλύματα αυτά για 30 δευτερόλεπτα. Κατόπιν υποβλήθηκαν σε ξήρανση για να απομακρυνθεί η περιττή υγρασία (Farooq, 2021).

Ακολούθησε χημική, βιολογική και διατροφική ανάλυση των προϊόντων.

### **3.3.5. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΩΣ ΠΡΟΣΘΕΤΟ ΣΕ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΟ ΤΥΡΙ**

Ως επεξεργασμένο τυρί καλείται το γαλακτοκομικό προϊόν που παράγεται κατόπιν θέρμανσης - συνήθως υπό κενό με συνεχή ανάδευση – φυσικού τυριού παρουσία κατάλληλων γαλακτοματοποιητών, σε θερμοκρασίες 90-100 °C, έως ότου σχηματισθεί ένα ομοιογενές και συμπαγές υλικό με τις επιθυμητές ιδιότητες. Παράλληλα, με την εισαγωγή ενός φυσικού προσθέτου όπως είναι η μαστίχα Χίου, το προϊόν αποκτά χαρακτήρα λειτουργικού τροφίμου, παρέχοντας την ποικιλία των ευεργετικών ιδιοτήτων της μαστίχας στον καταναλωτή (Salek *et al.*, 2020).

Για την παραγωγή του εν λόγω λειτουργικού γαλακτοκομικού προϊόντος, στη βιβλιογραφία αναφέρεται η ανάμειξη τυριού Edam, βουτύρου και γαλακτοματοποιητών με κονιοποιημένη μαστίχα Χίου ακολουθούμενη από θέρμανση στους 90 °C και αργότερα ψύξη και αποθήκευση στους 6 °C. Κατόπιν, πραγματοποιούνται οργανοληπτικές αναλύσεις ανά τακτά χρονικά διαστήματα (2<sup>η</sup>, 9<sup>η</sup>, 30<sup>η</sup> και 60<sup>η</sup> ημέρα) (Salek, 2020).

Ένας από τους παράγοντες που επηρεάζει τις ιδιότητες του τελικού προϊόντος είναι το pH της τηγμένης μάζας. Κατά τις αντίστοιχες μετρήσεις που έλαβαν χώρα,

διαπιστώθηκε ότι αυτό δεν επηρεάζεται ουσιαστικά από την παρουσία μαστίχας Χίου. Επίσης, με την αύξηση του χρόνου αποθήκευσης στο ψυγείο, η τιμή του ελαττώνεται ελαφρώς, ανεξάρτητα από την περιεκτικότητα του δείγματος σε μαστίχα (Salek, 2020).

Ακριβώς αντίθετη συμπεριφορά παρατηρείται στην περίπτωση υπολογισμού σκληρότητας των δειγμάτων επεξεργασμένου τυριού. Συγκεκριμένα, παρατηρείται ότι η τιμή της παραμέτρου επηρεάζεται σημαντικά τόσο από τη συγκέντρωση της μαστίχας όσο και από τον χρόνο αποθήκευσης. Έτσι, ενώ με αύξηση της περιεκτικότητας σε μαστίχα η σκληρότητα του προϊόντος ελαττώνεται αξιοσημείωτα, η αύξηση του χρόνου αποθήκευσης, από την άλλη πλευρά, οδηγεί σε αντίστοιχη αύξηση της σκληρότητας.

Η εν λόγω επίδραση της μαστίχας στις μηχανικές ιδιότητες του επεξεργασμένου τυριού αποτελεί σπάνιο φαινόμενο, σύμφωνα με τα βιβλιογραφικά δεδομένα, το οποίο ερμηνεύεται ικανοποιητικά αν ληφθεί υπόψη ο ρόλος της στις αλληλεπιδράσεις πρωτεϊνών-λίπους που ευθύνονται για τον σχηματισμό της μήτρας τυριού. Επίσης, εύλογα μπορεί να θεωρηθεί ότι κατά την αλληλεπίδραση της μαστίχας με το πρωτεϊνικό δίκτυο αναπτύσσονται συσσωματώματα μεγάλων μακρομορίων, το πλήθος των οποίων είναι ανάλογο της περιεκτικότητας σε μαστίχα (Salek, 2020).

Δεδομένου ότι το ιξώδες αποτελεί βασική παράμετρο εκτίμησης της δυνατότητας του επεξεργασμένου τυριού για επάλειψη, στα δείγματα πραγματοποιήθηκε επίσης ρεολογική ανάλυση, από την οποία φάνηκε σαφής συσχέτιση ανάμεσα στη συγκέντρωση μαστίχας και στο ιξώδες του προϊόντος. Από την άλλη πλευρά, παρατηρήθηκε μια αντιστρόφως ανάλογη σχέση μεταξύ της περιεκτικότητας σε πρόσθετο και στην ελαστικότητα της δομής του επεξεργασμένου τυριού (Salek, 2020).

Συμπερασματικά, η μαστίχα Χίου αποτελεί ένα πολλά υποσχόμενο πρόσθετο συστατικό για την παραγωγή λειτουργικού επεξεργασμένου τυριού για επάλειψη (Salek, 2020).

### **3.3.6. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΩΣ ΠΡΟΣΘΕΤΟ ΣΕ ΠΑΓΩΤΟ ΓΙΑΟΥΡΤΙ**

Ως παγωτό γιαούρτι ονομάζεται το γαλακτοκομικό προϊόν το οποίο, ενώ ως προς τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά μοιάζει με παγωτό, διαθέτει παράλληλα την όξινη γεύση του γιαουρτιού και σχηματίζεται από κυψελίδες αέρα στο εσωτερικό μερικώς

παγωμένου γαλακτώματος. Κατά την παραγωγή του είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν απλές ή μικτές καλλιέργειες των βακτηρίων *Streptococcus thermophilus* και *Lactobacillus bulgaricus*. Συνήθως προστίθενται διάφορες αρωματικές ουσίες ή/και φρούτα (Şimşek, 2019).

Με σκοπό τη διερεύνηση του τρόπου επίδρασης της μαστίχας Χίου επί των χημικών, ρεολογικών και μικροβιολογικών ιδιοτήτων στο εν λόγω τρόφιμο, στη βιβλιογραφία αναφέρεται η προσθήκη κονιοποιημένης μαστίχας σε παγωτό γιαούρτι και παραγωγή του τελικού προϊόντος. Η φύλαξη των δειγμάτων στους -18 °C για 60 ημέρες ακολουθείται από τις ανάλογες εργαστηριακές αναλύσεις (Şimşek, 2019).

Κατόπιν επεξεργασίας των αποτελεσμάτων των εργαστηριακών μετρήσεων, διαπιστώνεται ότι ενώ η ογκομετρούμενη οξύτητα των δειγμάτων παραμένει ανεπηρέαστη από την παρουσία μαστίχας, το ίδιο δεν συμβαίνει με τον απαιτούμενο χρόνο για την τήξη του προϊόντος, ο οποίος αυξάνει ανάλογα με την περιεκτικότητα σε μαστίχα. Όσον αφορά για το % ποσοστό σε αέρα εντός των δειγμάτων, το οποίο επηρεάζει όχι μόνο την συνοχή αλλά και την ποιότητα και τη διατροφική αξία του παγωτού, παρατηρείται μείωση αυτού με αύξηση της συγκέντρωσης σε μαστίχα. Παράλληλα, τόσο η σκληρότητα όσο και το κολλώδες του τροφίμου είναι ανάλογα της ποσότητας προστιθέμενης μαστίχας, ενώ η τελευταία δεν έχει αρνητική επίδραση στα βακτήρια που είχαν χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή του παγωτού. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι από αισθητηριακής άποψης, ενώ μια μέση συγκέντρωση μαστίχας δίνει ευχάριστο άρωμα, με περαιτέρω αύξηση αυτής παρατηρείται ανάπτυξη πικρής γεύσης (Şimşek, 2019).

### **3.3.7. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΜΕ ΑΝΑΜΕΙΞΗ ΤΟΥ ΑΙΘΕΡΙΟΥ ΕΛΑΙΟΥ, ΩΣ ΣΥΝΤΗΡΗΤΙΚΟ - ΒΑΚΤΗΡΙΟΚΤΟΝΟ**

Στη βιομηχανία τροφίμων, τα συντηρητικά χρησιμοποιούνται όχι μόνο για να επιμηκύνουν τον χρόνο ζωής των προϊόντων, αλλά και για να διατηρηθούν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά αυτών σε υψηλά επίπεδα μέχρι την ημερομηνία λήξης των τροφίμων. Τα τελευταία χρόνια όμως, η ασφάλεια που παρέχουν τα ευρέως χρησιμοποιούμενα χημικά συντηρητικά έχει αμφισβητηθεί τόσο από την επιστημονική κοινότητα όσο και από τους καταναλωτές. Για τον λόγο αυτό, τα αιθέρια έλαια φυτικής προέλευσης αποτελούν μια εναλλακτική λύση η οποία εξετάζεται από τους επιστήμονες. Από το σύνολο των αιθερίων ελαίων με αντιμικροβιακή δράση, ελάχιστα πληρούν τις

απαραίτητες προϋποθέσεις εισαγωγής τους σε τρόφιμα, κυρίως εξ' αιτίας της ιδιότητάς τους να αλλοιώνουν τη γεύση και το άρωμα του τροφίμου. Το αιθέριο έλαιο της μαστίχας Χίου, γνωστό για τις – μεταξύ άλλων – αντιβακτηριδιακές του ιδιότητες, αποτελεί μια αποτελεσματική λύση συντηρητικού φυτικής προέλευσης (Mitropoulou *et al.*, 2022).

Από την άλλη πλευρά, όπως ακριβώς συμβαίνει και με το γάλα, το παγωτό περιέχει μια ποικιλία άλλων συστατικών, όπως κρέμα και ζάχαρη. Η μικροβιακή μόλυνση αυτού συνήθως – αλλά όχι πάντα - είναι εφικτό να ελεγχθεί και να αποφευχθεί κατά τη διάρκεια των σταδίων της παστερίωσης και της ψύξης. Με στόχο την καταστολή της μικροβιακής ανάπτυξης στο τρόφιμο αυτό, στη βιβλιογραφία αναφέρεται ο εμπλουτισμός του με αιθέριο έλαιο μαστίχας (Mitropoulou, 2022).

Κατά τη μελέτη αυτή, δείγματα παγωτού τα οποία είχαν αναμειχθεί με μαστιχέλαιο μολύνθηκαν σε βαθμό κορεσμού από τα βακτήρια *E. coli*, *L. monocytogenes* ή *P. fragi* και πραγματοποιήθηκε παρακολούθηση της μικροβιακής επιβίωσης στους -20 °C. Πράγματι, μέχρι την 7<sup>η</sup> εβδομάδα αποθήκευσης διαπιστώθηκε η αποτελεσματικότητα του ελαίου ενάντια στην επιβίωση των βακτηριακών στελεχών (Mitropoulou, 2022).

Σύμφωνα με άλλη, ανάλογη μελέτη, εξετάστηκε η αποτελεσματικότητα της βακτηριοκτόνου δράσης του μαστιχελαίου κατά την ανάμειξή του με παγωτό ενάντια στην ανάπτυξη του *H. Pylori* όπου και σε αυτήν την περίπτωση, το αιθέριο έλαιο έδρασε αποτελεσματικά για την εξολόθρευση του εν λόγω βακτηρίου (Saad, 2017).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας συστηματικής ανασκόπησης, διερευνήθηκαν οι σύγχρονες εφαρμογές της μαστίχας Χίου στα τρόφιμα. Οι εφαρμογές αυτές αποσκοπούν στην προσθήκη μαστίχας και εκχυλισμάτων της σε διάφορα τρόφιμα, με χρήση καινοτόμων μεθόδων, ώστε να παραχθούν προϊόντα τα οποία, βάσει συγκεκριμένων κριτηρίων, χαρακτηρίζονται ως «λειτουργικά».

Η μαστίχα Χίου είναι μία αρωματική ρητίνη με αποδεδειγμένες βιολογικές ιδιότητες (§1.2). Κατά την ενσωμάτωσή της στα διάφορα τρόφιμα, αυτά καθίστανται λειτουργικά, αποκτώντας ενισχυμένη βιολογική αξία και ευεργετική επίδραση στην ανθρώπινη υγεία. Για τον σκοπό αυτό εφαρμόζονται σύγχρονες μέθοδοι (π.χ. ενθυλάκωση), ώστε οι βιολογικές ιδιότητες τόσο της ρητίνης όσο και των εκχυλισμάτων της να παραμείνουν ανεπηρέαστες από οποιονδήποτε παράγοντα ικανό να τις αλλοιώσει. Πράγματι, αυτό είναι εφικτό, όπως έχει αποδειχθεί με τη βοήθεια επιστημονικών, *in vitro* μελετών.

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, το βασικό κίνητρο για την ενσωμάτωση της μαστίχας στα τρόφιμα είναι η εκμετάλλευση των βιολογικών της ιδιοτήτων, οι οποίες αποτελούν άμεση απόρροια της χημικής της σύστασης. Μάλιστα, αποδεικνύεται εργαστηριακά ότι οι ιδιότητες αυτές υιοθετούνται από τα τελικά προϊόντα, τα οποία, όταν βρεθούν στο κατάλληλο περιβάλλον, εκδηλώνουν χαρακτήρα αντιμικροβιακό, αντιοξειδωτικό ή ακόμα και κυτταροτοξικό.

Από την άλλη πλευρά, η εκάστοτε χρησιμοποιούμενη μέθοδος εξαρτάται από τις φυσικοχημικές ιδιότητες τόσο της μαστίχας όσο και τη δομή του τροφίμου. Εκτός από αυτές, όμως, κατά την επιλογή της βέλτιστης μεθόδου λαμβάνονται υπ' όψη άλλες παράμετροι που σχετίζονται με τις επιθυμητές ιδιότητες και χαρακτηριστικά του τελικού προϊόντος. Τέτοιες είναι η βιολογική και διατροφική αξία και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά. Απώτερος στόχος είναι η παραγωγή τροφίμων καλύτερης ποιότητας σε σύγκριση με τα αρχικά, όσον αφορά για τη δυνατότητα προάσπισης της ανθρώπινης υγείας.

Μέθοδοι όπως η ενθυλάκωση ή η ανάμειξη με φυσικούς πολυσακχαρίτες έχουν αποδειχθεί ιδιαίτερα αποτελεσματικές για την παραγωγή κυρίως γαλακτοκομικών προϊόντων όπως, ρόφημα ορού γάλακτος, ζυμωμένο γάλα, ή ακόμα και κρέμα χαμηλών λιπαρών.

Στην περίπτωση της ενθυλάκωσης, η μαστίχα Χίου μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε ως δραστικό συστατικό (πυρήνας) είτε ως μέσο ενθυλάκωσης. Στην πρώτη περίπτωση το εκχύλισμά της ενθυλακώνεται σε λιποσώματα ενώ, στη δεύτερη, η μαστίχα λειτουργεί ως μήτρα ενθυλάκωσης προβιοτικών κυττάρων, τα οποία χαρακτηρίζονται από μεγάλη βιολογική αξία.

Σε επίπεδο τεχνολογίας και παρασκευής νέων τροφίμων εξήχθησαν ενδιαφέροντα συμπεράσματα τα οποία σχετίζονται όχι μόνο με τον αξιόλογο, πολύπλευρο χαρακτήρα της μαστίχας Χίου αλλά και με τον ενεργό ρόλο της επιστήμης τροφίμων στην προάσπιση της ανθρώπινης υγείας. Συγκεκριμένα,

- 1) Η μαστίχα Χίου αποτελεί ένα πολύπλοκο μίγμα διαφόρων φυτοχημικών ομάδων μέσω των οποίων ασκείται η πολύπλευρη βιολογική δράση της.
- 2) Από την εποχή της αρχαιότητας, η μαστίχα Χίου εφαρμόζεται ευρέως είτε ως πρόσθετο στα τρόφιμα είτε ως φάρμακο για πολλές παθήσεις.
- 3) Η διαρκώς εξελισσόμενη αντίληψη του ανθρώπου αναφορικά με τον ρόλο της διατροφής όχι μόνο για την ικανοποίηση διατροφικών αναγκών αλλά και για την προάσπιση της υγείας του έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον.
- 4) Κατά την εφαρμογή της μαστίχας Χίου σε τρόφιμα μέσω καινοτόμων μεθόδων, αυτή επιδρά όχι μόνο στις βιολογικές ιδιότητες και στη διατροφική αξία του τελικού προϊόντος αλλά και στις μηχανικές του ιδιότητες.
- 5) Από την άλλη πλευρά, ο τρόπος, δηλαδή οι χρησιμοποιούμενες μέθοδοι για να πραγματοποιηθεί η ενσωμάτωση αυτή στηρίζεται αποκλειστικά στις χημικές της ιδιότητες.
- 6) Με την εισαγωγή της μαστίχας Χίου σε τρόφιμα, αυτά αποκτούν χαρακτήρα λειτουργικό.

Στην παρούσα εργασία παρουσιάστηκαν και αναλύθηκαν οι σύγχρονες εφαρμογές της μαστίχας Χίου στα τρόφιμα.

## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

AL-Jawad FH, AL-Hussaini JA, Abbood SM, Selman MO (2016). Hepatoprotective effect of Pistacia Lentiscus, Rheum Palmatum in CCl<sub>4</sub> induced model of acute liver injury. *World J Pharmac. Res*, 5, 53-60.

Amerikanou C, Papada E, Gioxari A, Smyrnioudis I, Kleftaki SA, Valsamidou E, Bruns V, Banerjee R, Trivella MG, Milic N, Medić-Stojanoska M, Gastaldelli A, Kannt A, MAST4HEALTH, Dedoussis GV, Kaliora AC. (2021). Mastiha has efficacy in immune-mediated inflammatory diseases through a microRNA-155 Th17 dependent action. *Pharmacological research*, 171, 105753.

Assimopoulou AN, Zlatanov SN, Papageorgiou VP. (2005). Antioxidant activity of natural resins and bioactive triterpenes in oil substrates. *Food Chem*, 92, 721-727.

Bampouli A, Kyriakopoulou K, Papaefstathiou G, Louli V, Krokida M, Magoulas K. (2014). Comparison of different extraction methods of *Pistacia lentiscus* var. *chia* leaves: Yield, antioxidant activity and essential oil chemical composition. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 1, 81-91.

Balan KV, Demetzos C, Prince J, Dimas K, Cladaras M, Han Z, Wyche JH, Pantazis P. (2005). Induction of apoptosis in human colon cancer HCT116 cells treated with an extract of the plant product Chios mastic gum. *Vivo*, 19, 93-102.

Balan KV, Prince J, Han Z, Dimas K, Cladaras M, Wyche JH, Sitaras NM, Pantazis P. (2007). Antiproliferative activity and induction of apoptosis in human colon cancer cells treated in vitro with constituents of a product derived from *Pistacia Lentiscus* L. var. *Chia*. *Phytomedicine*, 14, 263-272.

Burešová I, Salek RN, Varga E, Masaříková L. (2017). The effect of Chios Mastic Gum addition on the characteristics of rice dough and bread. *Food Science and Technology*, 81, 299-305.



Christaki E, Bonos E, Giannenas E, Florou-Paneri P. (2012). Aromatic Plants as a Source of Bioactive Compounds. *Agriculture*, 2, 228-243.

Cronkite DA, Strutt TM. (2018). The regulation of inflammation by innate and adaptive lymphocytes. *J. Immunol. Res*, 2018, 1-14.

Dabos KJ, Sfika E, Vlatta LJ, Frantzi D, Amygdalos GI, Giannikopoulos G. (2010a). Is Chios Mastic Gum effective in the treatment of functional dyspepsia? A prospective randomized double-blind placebo controlled trial. *J Ethnopharmacol*, 127, 205-209.

Dabos KJ, Sfika E, Vlatta LJ, Giannikopoulos G. (2010b). The effect of mastic gum on *Helicobacter pylori*: a randomized pilot study. *Phytomedicine*, 17, 296-299.

Farooq M, Azadfar E, Rusu A, Trif M, Poushi MK, Wang Y. (2021). Improving the Shelf Life of Peeled Fresh Almond Kernels by Edible Coating with Mastic Gum. *Coatings*, 11, 618.

Gortzi O, Athanasiadis V, Lalas S, Chinou I, Tsaknis J. (2014). Study of Antioxidant and Antimicrobial Activity of Chios Mastic Gum Fractions (Neutral, Acidic) Before and After Encapsulation in Liposomes. *J Food Processing & Technology*, 5, 1-5.

Gortzi O, Rovoli M, Katsoulis K, Graikou K, Karagkini D-A, Stagos D, Kouretas D, Tsaknis J, Chinou I. (2022). Study of Stability, Cytotoxic and Antimicrobial Activity of Chios Mastic Gum Fractions (Neutral, Acidic) after Encapsulation in Liposomes. *Foods*, 11, 271.

Ezz Eldin HM, Badawy AF. (2015). In vitro anti-trichomonas vaginalis activity of pistacia lentiscus mastic and ocimum basilicum essential oil. *J. Parasit Dis*. 39, 465-473.

Grajek W, Olejnik A, Sip A. (2005). Probiotics, prebiotics and antioxidants as functional foods. *Acta Biochimica Polonica*, 52, 665-671.

Gürbüz E, Keresteci B, Günneç C, Baysal G. (2020). Encapsulation Applications and Production Techniques in the Food Industry. *J Nutr Health Sci*, 7(1): 106.

He ML, Yuan HQ, Jiang AL, Gong AY, Chen WW, Zhang PJ, Young CYF, Zhang JY, (2006). Gum mastic inhibits the expression and function of the androgen receptor in prostate cancer cells. *Cancer*, 106, 2547-2555.

He ML, Li A. Xu CS, Wang SL, Zhang MJ, Gu H, Yang YQ, Tao HH. (2007). Mechanisms of antiprostata cancer by gum mastic: NF- $\kappa$ B signal as target 1. *Acta Pharmacol. Sin.*, 28, 446-452.

Henry CJ. (2010). Functional foods (Editorial). *European Journal of Clinical Nutrition*, 64, 657-659.

Ilievskaa N, Pavlova V, Kirovska V, Ilievskaa J, Pavlovska M. (2020). Nutritional and Health Benefits of Inulin as Functional Food and Prebiotic. *Journal of Hygienic Engineering and Design*, 45-48.

Im JJ, Jeong HS, Chung YA, Song IU. (2017). Beneficial Clinical Effects of Chios Mastic Gum: A Review. *Austin Biology*, 2, 1-6.

Janakat S, Al-Merie H. (2002). Evaluation of hepatoprotective effect of Pistacia lentiscus, Phillyrea latifolia and Nicotiana glauca. *J Ethnopharmacol.* 83(1-2), 135-138.

Kader AA, Hashish HM (2020). Encapsulation Techniques of Food Bioproduct. *Egypt. J. Chem.* 63, 1881-1909.

Kaliora AC, Stathopoulou MG, Triantafillidis JK, Dedoussis GVZ, Andrikopoulos NK (2007). Chios Mastic treatment of patients with active Crohn's disease. *World J. Gastroenterol.* 13, 748-753.

Kalousi Foteini D, Pollastro Federica, Karra Aikaterini G, Tsialtas Ioannis, Georgantopoulos Achilleas, Salamone Stefano, Psarra Anna-Maria G (2023). Regulation of Energy Metabolism and Anti-Inflammatory Activities of Mastiha Fractions from Pistacia lentiscus L. var. chia, 14-21.

Kalousi FD, Pollastro F, Christodoulou EC, et al. (2022). Apoptotic, Anti-Inflammatory Activities and Interference with the Glucocorticoid Receptor Signaling of Fractions from *Pistacia lentiscus* L. var. *chia* Leaves. *Plants (Basel)* 11(7), 934.

Katsanou ES, Kyriakopoulou K, Emmanouil C, Fokialakis N, Skaltsounis AI, Machera K. (2014). Modulation of CYP1A1 and CYP1A2 hepatic enzymes after oral administration of Chios mastic gum to male wistar rats. *PLoS One*, 9, 1-6.

Kishimoto R, Kato N, Koike M, Iwashita N, Takagi Y, Fukuyama T. (2021). Topical treatment with mastic (resin from *Pistacia Lentiscus*) elicits anti-inflammatory and anti-pruritic responses by modulating keratinocyte activation in a mouse model of allergic dermatitis. *Phytomedicine*, 91, 153679.

Lammari N, Louaer Q, Hassen Meniai, Fessi H, Elaissari A. (2021). Plant oils: From chemical composition to encapsulated form use. *International Journal of Pharmaceutics*, 601, 120538.

Liao W, Badri W, Dumas E, Ghimi S, Elaissari A, Saurel R, Gharsallaoui A. (2021). Nanoencapsulation of Essential Oils as Natural Food Antimicrobial Agents: An Overview. *Appl. Sci.* 11, 5778.

Loizou S, Paraschos S, Mitakou S, Chrousos GP, Lekakis I, Moutsatsou P. (2009). Chios mastic gum extract and isolated phytosterol tirucallol exhibit anti-inflammatory activity in human aortic endothelial cells. *Exp. Biol. Med.*, 234, 553-561.

Loutrari H, Magkouta S, Pyriochou A, Koika V, Kolisis EN, Papapetropoulos A, Roussos C. (2006). Mastic oil from *Pistacia lentiscus* var. chia inhibits growth and survival of human K562 leukemia cells attenuates angiogenesis. *Nutr. Cancer.*, 55, 86-93.

Magkouta S, Stathopoulos GT, Psallidas I, et al. (2009). Protective effects of mastic oil from *Pistacia lentiscus* variation chia against experimental growth of lewis lung carcinoma. *Nutr Cancer*, 61(5), 640-648.

Mahmoudi M, Ebrahimzadeh MA, Nabavi SF, Hafezi S, Nabavi SM, Eslami Sh. (2010). Antiinflammatory and antioxidant activities of gum mastic. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*, 14(9), 765-769.

Mavrakis C, Kiosseoglou V. (2008). The structural characteristics and mechanical properties of biopolymer/mastic gum microsized particles composites. *Food Hydrocolloids*, 22, 854-861.

Mensink MA, Frijlink HW, Maarschalk KV, Hinrichs WLJ. (2015). Inulin, a flexible oligosaccharide I: Review of its physicochemical characteristics. *Carbohydrate Polymers*, 130, 405-419.

Milia E, Usai M, Szotakova B, Elstnerova M, Kralova V, D' Hallewin G, Spissu Y, Barberis A, Marchetti M, Bortone A. (2020). The pharmaceutical ability of *Pistacia Lentiscus* L leaves essential oil against periodontal bacteria and candida sp. And its anti-inflammatory potential. *Antibiotics*, 9, 281.

Mitropoulou G, Bardouki H, Vamvakias M, Panas P, Paraskevas P, Kourkoutas Y. (2022). Assessment of Antimicrobial efficiency of *Pistacia Lentiscus* and *Fortunella Margarita* Essential Oils against Spoilage and Pathogenic Microbes in Ice Cream and Fruit Juices. *Microbiology Research*, 13, 667-680.

Miyamoto T, Okimoto T, Kuwano M. (2014). Chemical Composition of the essential oil of Mastic Gum and their Antibacterial Activity Against Drug-Resistant *Helicobacter pylori*. *Nat. Prod. Bioprospect*, 4, 227-231.

Moulos P, Papadodima O, Chatziioannou A, Loutrari H, Roussos C, Kolisis FN. (2009) A transcriptomic computational analysis of mastic oil-treated Lewis lung carcinomas reveals molecular mechanisms targeting tumor cell growth and survival. *BMC Med Genomics*, 2, 68.

Nazir F, Salim R, Yousf N, Bashir M. (2017). Food Microencapsulation. *Int J Res Anal Rev*, 4(4), 314-317.

Nedovic V, Kalusevic A, Manojlovic V, Levic S, Bugarski B. (2011). An overview of encapsulation technologies for food applications. *Procedia Food Science*, 1, 1806-1815.

Ostovan M, Ambardar MH, Khazraei H, Fazljiou SM, Khodabandeh Z, Shamsdin SA, Khodaei MA, Torbati M. The short-term effects of *Pistacia lentiscus* oil and sesame oil on liver and kidney pathology of rats and human cancer cell lines. *Galen Med J* 9, e2001.

Pachi VK, Mikropoulou EV, Gkiouvetidis P, Siafakas K, Argyropoulou A, Angelis A, Mitakou S, Halabalaki M. (2020). Traditional uses, phytochemistry and pharmacology of Chios mastic gum (*Pistacia lentiscus* var. *Chia*, Anacardiaceae): A review. *Journal of Ethnopharmacology*, 254, 1-18.

Pachi VK, Mikropoulou EV, Dimou S, Dionysopoulou M, Argyropoulou A, Diallinas G, Halabalaki M. (2021). Chemical Profiling of *Pistacia lentiscus* var. *Chia* Resin and Essential oil: Ageing Markers and Antimicrobial Activity. *Processes*, 9, 1-20.

Paraschos S, Magiatis P, Mitakou S, Petraki K, Kalliaropoulos A, Maragkoudakis P, Mentis A, Sgouras D, Skaltsounis A-L. (2007). In Vitro and In Vivo Activities of Chios Mastic Gum Extracts and Constituents against *Helicobacter pylori*. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 51, 551-559.

Paraschos S, Magiatis P, Gousia P, Economou V, Sakkas H, Papadopoulou C, Skaltsounis A-L. (2011). Chemical investigation and antimicrobial properties of mastic water and its major constituents. *Food Chemistry*, 129, 907-911.

Papazafiropoulou AK. (2022). Effects of Chios mastic gum on cardiometabolic risk factors. *World Journal of Diabetes*, 13(11), 921-925.

Paraschos S, Mitakou S, Skaltsounis L. (2012). Chios Mastic Gum: A Review of its Biological Activities. *Current Medicinal Chemistry*, 19, 1-11.

Perveen S. (2018). Introductory Chapter: Terpenes and Terpenoids, in: *Terpenes and Terpenoids*, 10.5772/intechopen.79683.

Poodineh M, Prakash J. (2018). Effect of Mastic Gum and Inulin Incorporation on Physical and Sensory Properties of Low Fat Cream. *Journal of Food Chemistry & Nanotechnology*, 4, 1-9.

Rajam R, Subramanian P. (2022). Encapsulation of probiotics: past, present and future. *Beni-Suef Uni J Basic Appl Sci*, 11, 1-18.

Reque PM, Brandelli A. (2021). Encapsulation of probiotics and nutraceuticals: Applications in functional food chemistry. *Trends in Food Science & Technology*, 114, 1-10.

Roberfroid MB. (2002). Functional foods: concepts and application to inulin and oligofructose. *British Journal of Nutrition*, 87(Suppl. 2), S139-S143.

Saad NM, El-Zamkan MA (2017). Helicobacter pylori in ice cream and its control using mastic gum essential oil. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*, 4(2), 132-139.

Salek RN, Lorencová E, Míšková Z, Lazárková Z, Pachlová V, Adámek R, Bezděková K, Buňka F. (2020). The impact of Chios Mastic Gum on textural, rheological and melting properties of spread-type processed cheese during storage. *International Dairy Journal*, 109, 104755, 1-7.

Shaw DW (2021). Contact Dermatitis from Gum Mastic (*Pistacia lentiscus*) and Gum Storax (*Liquidambar styraciflua*) in Mastisol Allergic Patients. *Dermat Contact Atopic Occup Drug*, 32, 430-436.

Şimşek B, Aksoy A, Kirhan S, Topçu DS. (2019). Effects of mastic gum (*Pistacia lentiscus*) on chemical, rheological and microbiological properties of yogurt ice cream. *J Food Process Preserv.* E13945, 1-8.

Singh S, Gupta R, Chawla S, Gauba P, Singh M, Tiwari RK, Upadhyay S, Sharma S, Chanda S, Gaur S. (2022). Natural sources and encapsulating materials for probiotics delivery systems: Recent applications and challenges in functional food development. *Frontiers in Nutrition*, 9, 1-16.

Soulaidopoulos S, Tsiogka A, Chrysohoou C, Lazarou E, Aznaouridis K, Doundoulakis I, Tyrovola D, Tousoulis D, Tsioulis K, Vlachopoulos C, Lazaros G. (2022). Overview of Chios Mastic Gum (*Pistacia Lentiscus*) Effects on Human Health. *Nutrients*, 14, 1-12.

Spyridopoulou K, Tiptiri-Kourpeti A, Lampri E, et al. (2017) Dietary mastic oil extracted from *Pistacia lentiscus* var. *chia* suppresses tumor growth in experimental colon cancer models. *Sci Rep.*, 7(1), 3782.

- Spyridopoulou K, Aindelis G, Kolezaki G, Tiptiri-Kourpeti A, Chlichlia K. (2023). Evaluation of the Anti-Inflammatory Properties of Mastic Oil Extracted from *Pistacia lentiscus* var. *chia*. *Immuno*, 3(1), 57-73.
- Tabanca N, Nalbantsoy A, Kendra PE, Demirci F, Demirci B. (2020). Chemical Characterization and Biological Activity of the Mastic Gum Essential Oils of *Pistacia lentiscus* var. *chia* from Turkey. *Molecules*, 25, 1-19.
- Tamime AY. (2002). Fermented milks: A historical food with modern applications – A review. *European Journal of Clinical Nutrition*, 56, Suppl. 4, S2-S15.
- Tassoua CC, Nycha CJE. (1995). Antimicrobial activity of the essential oil of mastic gum (*Pistacia Lentiscus* var. *Chia*) on gram positive and gram negative bacteria in broth and in model food system. *Int Bioteterior Biodegrad* 36, 411-420.
- Terpou A, Bosnea L, Kanellaki M. (2017). Effect of Mastic Gum (*Pistacia Lentiscus* Var. *Chia*) as a Probiotic Cell Encapsulation Carrier for Functional Whey Beverage Production. *SCIOL Biomed.* 1, 1-10.
- Terpou A, Nigam PS, Bosnea L, Kanellaki M. (2018). Evaluation of Chios Mastic Gum as antimicrobial agent and matrix forming material targeting probiotic cell encapsulation for functional fermented milk production. *Food Science and Technology*, 97, 109-116.\
- Timilsena YP, Haque A, Adhikari B. (2020). Encapsulation in the Food Industry: A Brief Historical Overview to Recent Developments. *Food & Nutrition Sciences*, 11, 481-508.
- Tolve R, Galgano F, Caruso MC, Tchuenbou-Magaia FL, Condelli N, Favati F, Zhang Z. (2016). Encapsulation of health-promoting ingredients: applications in foodstuffs. *Int J Food Sci Nutr.*, 1-31.
- Triantafyllou A, Chaviaras N, Sergentanis TN, Protopapa E, Tsaknis J. (2007). Chios mastic gum modulates serum biochemical parameters in a human population. *J Ethnopharmacol.* 111(1), 43-49.

Tzani A, Bletsas E, Doulamis IP, Korou LM, Konstantopoulos PS, Vlachos IS, Georgiadis I, Perrea DN. (2017). Hypolipidemic, Hepatoprotective and Anti-inflammatory Role of Chios Mastic gum in Streptozotocin-induced Diabetic Mice with Fatty Liver Disease. *Hell J Atheroscler*, 7, 161-173.

Tzani A, Doulamis IP, Konstantopoulos PS, Tzivras D, Perrea DN. (2018). Chios Mastic Gum, the natural “tears” with lipid-lowering and anti-atherosclerotic properties: A new drug candidate? *Hell J Atheroscler*. 9., 1-4.

Ur Rehman MS, Kamran SH, Ahmad M, Akhtar U. (2015). Anti-diabetic activity of crude Pistacia lentiscus in alloxan-induced diabetes in rats. *Bangladesh J Pharmacol*, 10, 543-547.

Zhou L, Satoh K, Takahashi K, Watanabe S, Nakamura W, Maki J, Hatano H, Takekawa F, Shimada C, Sakagami H (2009). Re-evaluation of anti-inflammatory activity of mastic using activated macrophages. *In Vivo (Brooklyn)*, 23, 583-590.