

ΜΕΛΕΤΗ ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΛΙΠΑΡΩΝ ΣΕ ΤΥΡΙ ΤΥΡΟΓΑΛΑΚΤΟΣ: ΧΡΗΣΗ
ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΤΥΡΙΟΥ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

του

ΜΑΡΙΟΥ ΓΙΑΝΑΚΙ

Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων

Σχολή Περιβάλλοντος

ΙΟΝΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ



Αργοστόλι Κεφαλληνίας

Ιούλιος 2023

ΜΕΛΕΤΗ ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΛΙΠΑΡΩΝ ΣΕ ΤΥΡΙ ΤΥΡΟΓΑΛΑΚΤΟΣ: ΧΡΗΣΗ
ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΤΥΡΙΟΥ

Η πτυχιακή εργασία εγκρίθηκε από:

Αικατερίνη Παπαδάκη (Επιβλέπουσα)

Νικόλαος Κοψαχείλης

Χαρίλαος Παποστόλου

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες προς την επιβλέπουσα μου κύρια Παπαδάκη Αικατερίνη για τις σημαντικές συμβουλές και την πολύτιμη καθοδήγηση της. Θα ήθελα ακόμη να ευχαριστήσω τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής, τον κύριο Κοψαχείλη Νικόλαο και τον κύριο Παπαποστόλου Χαρίλαο.

Τέλος, ένα πολύ μεγάλο ευχαριστώ θα ήθελα να εκφράσω για τα μέλη του εργαστήριου «Χημεία Τροφίμων και Βιομηχανικές Ζυμώσεις» που με βοήθησαν να χρησιμοποιήσω και να μάθω τον απαραίτητο εξοπλισμό για τις διαφορές αναλύσεις που έγιναν κατά τη διάρκεια της πτυχιακής μου μελέτης.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η δημιουργία ενός καινοτόμου τυροκομικού προϊόντος που θα ανταποκρίνεται στις ανάγκες του σύγχρονου ανθρώπου από διατροφικής και θρεπτικής άποψης αλλά και θα εντάσσεται στο πλαίσιο της Κυκλικής Οικονομίας. Πιο συγκεκριμένα, εξετάζεται η παραγωγή τυριού που θα περιέχει λιγότερα ζωικά λίπη και θα είναι εμπλουτισμένο με άλλα θρεπτικά συστατικά, όπως οι πρωτεΐνες.

Η πειραματική πορεία της παρούσας μελέτης επικεντρώθηκε αρχικά στην παραγωγή ελαιοπηκτών, η οποία παρασκευάστηκε χρησιμοποιώντας έλαιο καφέ και πρωτεΐνη τυρογάλακτος υψηλής καθαρότητας (80%). Το έλαιο καφέ εκχυλίστηκε από στερεά υπολείμματα αλεσμένων κόκκων καφέ που προκύπτουν μετά την διαδικασία παρασκευής ροφημάτων καφέ. Τα υπολείμματα από καφέ επιλέχθηκαν ως μία εναλλακτική πηγή λιπαρών στο πλαίσιο της αξιοποίησης παραπροϊόντων της βιομηχανία τροφίμων προς την ανάπτυξη τροφίμων βιο-οικονομίας. Τέλος, η πρωτεΐνη τυρογάλακτος χρησίμευσε ως πηκτικός παράγοντος για τον σχηματισμό της ελαιοπηκτής. Στη συνέχεια, παράχθηκε τυρί με προσθήκη γάλακτος (0% λιπαρά) και ελαιοπηκτής ούτως ώστε να αντικατασταθούν τα λιπαρά που θα προσδίδονταν στο τυρί από την προσθήκη ενός πλήρες γάλακτος. Απώτερος στόχος ήταν δημιουργία ενός αλοιφώδους τυριού (κατόπιν ανάμιξης του παραγόμενου τυριού με τυρόγαλα) και η μελέτη επίδρασης της ελαιοπηκτής στη θρεπτική σύσταση (πρωτεΐνη, λιπαρά) και τα χημικά χαρακτηριστικά (pH, οξύτητα) του προϊόντος. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως το νέο προϊόν που δημιουργήθηκε περιείχε χαμηλά λιπαρά και υψηλό πρωτεϊνικό περιεχόμενο. Ως εκ τούτου, η προσθήκη της ελαιοπηκτής ήταν επιτυχής και οδήγησε στο επιθυμητό αποτέλεσμα, δηλαδή την παραγωγή τυριών υψηλού διατροφικού προφίλ.

Στο τελευταίο πειραματικό στάδιο, το παραγόμενο αλοιφώδες τυρί συσκευάστηκε γυάλινο περιέκτη που κλείστηκε με πρωτεϊνική μεμβράνη τύπου peel-off, η οποία περιείχε αιθέριο έλαιο ρίγανης, ως αντιμικροβιακό παράγοντα. Στόχος ήταν η δημιουργία μίας βιώσιμης συσκευασίας στην οποία θα αντικατασταθεί η συμβατική πλαστική μεμβράνη που κλείνει τους περιέκτες. Η επίδραση προσθήκης της πρωτεϊνικής

μεμβράνης στην συσκευασία μελετήθηκε ως προς τις φυσικοχημικές ιδιότητες και τη μικροβιολογική σταθερότητα του προϊόντος κατά την αποθήκευση του σε συνθήκες ψύξης. Το αλοιφώδες τυρί που ήταν συσκευασμένο με πλαστική μεμβράνη είχε σχεδόν μηδενική απώλεια βάρους (0,14%), σε σχέση με τις πρωτεϊνικές μεμβράνες οι οποίες παρουσίασαν μέχρι και 5,42% απώλεια βάρους. Ως εκ τούτου, αυτό το φαινόμενο οδήγησε στην μερική απώλεια υγρασίας του αλοιφώδους τυριού κατά την αποθήκευσή του σε συσκευασία με πρωτεϊνική μεμβράνη. Φάνηκε, λοιπόν, ότι η πλαστική συσκευασία δεν επιτρέπει την ανταλλαγή μορίων νερού (υγρασία) με το εξωτερικό περιβάλλον. Αυτό πιθανότατα επηρέασε τη μικροβιολογική σταθερότητα του προϊόντος, καθώς το αλοιφώδες τυρί που ήταν συσκευασμένο στον περιέκτη με την πλαστική μεμβράνη παρουσίασε σημαντική αύξηση της ολικής μεσόφιλης χλωρίδας και των βακτηρίων *Pseudomonas* spp. την 18^η ημέρα αποθήκευσης ($>7 \log_{cfu/mL}$), ενώ η αντίστοιχοι πληθυσμοί στο αλοιφώδες τυρί συσκευασμένο με πρωτεϊνική μεμβράνη ήταν περίπου $3,3 \log_{cfu/mL}$.

Συνεπώς, η παρούσα μελέτη έδειξε ότι είναι εφικτή η παραγωγή νέων τυροκομικών προϊόντων με λιγότερα λιπαρά στο πλαίσιο της κυκλικής οικονομίας, μέσω της αξιοποίησης παραπροϊόντων της βιομηχανίας τροφίμων για την ανάπτυξή τους. Επίσης, η μελέτη έδειξε ότι μπορούν να δημιουργηθούν πιο βιώσιμες συσκευασίες που θα συνεισφέρουν στη μεγαλύτερη διάρκεια ζωής των προϊόντων με την χρήση υλικών συσκευασίας πιο φιλικών προς το περιβάλλον.

ABSTRACT

The purpose of this thesis was to create an innovative cheese product that will meet the dietary and nutritional needs of the modern man, but will also be part of the Circular Economy. More specifically, in this study the production of cheese that will contain lower fat content and will be enriched with other nutrients, such as proteins, was investigated.

Initially, the experimental work focused on the production of oleogel, which was prepared using spent coffee grounds (SCG) oil and whey protein concentrate (80%). The SCG oil was extracted from solid residues of grounded coffee beans that are generated after the coffee brewing process. SCG were selected as an alternative source of fat, in the context of the utilization of food industry side-streams, towards the development of bio-economy foodproducts. Finally, whey protein was served as the gellation agent for the formation of the oleogels. Subsequently, cheese was produced by using milk with 0% fat and oleogel, targeting to the replacement of milk fat that would be added to the cheese in the case we used a full fat milk during the cheese production. The ultimate goal was to create a spreadable cheese (after mixing the produced cheese with whey) and to study the effect of the oleogel on the nutritional composition (protein, fat) and chemical characteristics (pH, acidity) of the final product. The results showed that the new product contained low fat and high protein content. Therefore, the successful addition of oleogel led to the desired result, namely the production of cheeses of high nutritional profile.

In the last experimental stage, the produced spreadable cheese was packaged in a glass container sealed with peel-off protein film, in which oregano essential oil was also added as an antimicrobial agent. The aim was to create a sustainable package by the replacement of the conventional plastic film that usually covers the top of the container. The effect of protein film addition as part of the package was studied in terms of the physicochemical properties and the microbiological stability of the product during cold storage. The control spread cheese which was packaged with plastic film had almost zero weight loss (0.14%), compared to packages with protein films which showed up to 5.42% weight

loss. Therefore, protein films contributed to the partial loss of moisture of the spreadable cheese. Obviously, plastic film did not allow the exchange of water molecules (moisture) with the external environment. This probably affected the microbiological stability of the product, as the cheese in the plastic film container showed a significant increase in total mesophilic flora and the bacteria *Pseudomonas spp.* on the 18th day of storage (>7 log cfu/mL), while the corresponding populations in spreadable cheese packed with protein film was approximately 3.3 log cfu/mL.

In summary, the present study showed that it is possible to produce new cheese products with less fat in the context of the circular economy, through the utilization of by-products of the food industry. The study also showed that more sustainable packaging can be created to contribute to a longer product life by using more environmentally friendly packaging materials.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	13
1.1 <i>Λιπαρά και διατροφικά προβλήματα</i>	<i>13</i>
1.1.1 Λιπίδια	13
1.1.2 Λιπαρά οξέα	15
Κορεσμένα λιπαρά οξέα.....	16
Ακόρεστα λιπαρά οξέα.....	16
1.1.3 Επιπτώσεις λιπαρών στη σωματική υγεία	17
1.1.4 Τυριά και διατροφή	21
1.2 <i>Αναδυόμενες τεχνολογίες και δημιουργία τυριών με χαμηλά λιπαρά.....</i>	<i>23</i>
1.2.1 Η χρήση των αναδυόμενων τεχνολογιών στη βιομηχανία τροφίμων.....	23
1.2.2 Παρασκευή τυριών με χαμηλά λιπαρά.....	25
1.2.3 Αντικατάσταση λίπους με ελαιοπηκτές.....	29
1.3 <i>Τυριά τυρογάλακτος</i>	<i>31</i>
2. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	35
3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	36
3.1 <i>Πρώτες ύλες</i>	<i>36</i>
3.2 <i>Εκχύλιση ελαίου καφέ</i>	<i>36</i>
3.3 <i>Παραγωγή ελαιοπηκτής.....</i>	<i>37</i>
3.4 <i>Παραγωγή αλοιφώδους τυριού με ελαιοπηκτή</i>	<i>38</i>
3.5 <i>Ανάπτυξη βιώσιμης συσκευασίας αλοιφώδους τυριού/ελαιοπηκτής με χρήση πρωτεϊνικών μεμβρανών</i>	<i>38</i>
3.5.1 Παραγωγή πρωτεϊνικής μεμβράνης.....	39
3.5.2 Ανάπτυξη βιώσιμης συσκευασίας του αλοιφώδους τυριού με χρήση πρωτεϊνικών μεμβρανών.....	40
3.6 <i>Αναλυτικές μέθοδοι</i>	<i>41</i>
3.6.1 Προσδιορισμός pH τυριού.....	41
3.6.2 Προσδιορισμός ολικής οξύτητας τυριού	41
3.6.3 Προσδιορισμός υγρασίας τυριού.....	41
3.6.4 Προσδιορισμός περιεκτικότητας τυριού σε πρωτεΐνη.....	42
3.6.5 Προσδιορισμός περιεκτικότητας τυριού σε λίπος	43
3.6.6 Προσδιορισμός φυσικοχημικών χαρακτηριστικών του συσκευασμένου αλοιφώδους τυριού	44
3.6.7 Προσδιορισμός μικροβιολογικής σταθερότητας του συσκευασμένου αλοιφώδους τυριού	44
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	46
4.1 <i>Παραγωγή και φυσικοχημικά χαρακτηριστικά παραγόμενων τυριών</i>	<i>46</i>

4.2 Ανάπτυξη βιώσιμης συσκευασίας αλοιφώδους τυριού με χρήση πρωτεϊνικών μεμβρανών....	51
4.2.1 Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά κατά την αποθήκευση.....	52
4.2.2Μικροβιολογική σταθερότητα κατά την αποθήκευση	56
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	61
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	62

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Ποιότητες τυριών τυρογάλακτος..... 33

Πίνακας 2. Χαρακτηρισμός των παραγόμενων τυριών 47

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ

Γράφημα 1. Απώλεια βάρους του αλοιφώδους τυριού συσκευασμένο με πλαστική μεμβράνη (PL), μεμβράνη πρωτεΐνης τυρογάλακτος με αιθέριο έλαιο ρίγανης (WPC+EO) και μεμβράνη πρωτεΐνης τυρογάλακτος με βακτηριακή κυτταρίνη και αιθέριο έλαιο ρίγανης (WPC+BC+EO), κατά τη διάρκεια αποθήκευσης στους 7°C 53

Γράφημα 2. Υγρασία του αλοιφώδους τυριού συσκευασμένο με πλαστική μεμβράνη (PL), μεμβράνη πρωτεΐνης τυρογάλακτος με αιθέριο έλαιο ρίγανης (WPC+EO) και μεμβράνη πρωτεΐνης τυρογάλακτος με βακτηριακή κυτταρίνη και αιθέριο έλαιο ρίγανης (WPC+BC+EO), κατά τη διάρκεια αποθήκευσης στους 7°C 54

Γράφημα 3. pH του αλοιφώδους τυριού συσκευασμένο με πλαστική μεμβράνη (PL), μεμβράνη πρωτεΐνης τυρογάλακτος με αιθέριο έλαιο ρίγανης (WPC+EO) και μεμβράνη πρωτεΐνης τυρογάλακτος με βακτηριακή κυτταρίνη και αιθέριο έλαιο ρίγανης (WPC+BC+EO), κατά τη διάρκεια αποθήκευσης στους 7°C 55

Γράφημα 4. Οξύτητα του αλοιφώδους τυριού συσκευασμένο με πλαστική μεμβράνη (PL), μεμβράνη πρωτεΐνης τυρογάλακτος με αιθέριο έλαιο ρίγανης (WPC+EO) και μεμβράνη πρωτεΐνης τυρογάλακτος με βακτηριακή κυτταρίνη και αιθέριο έλαιο ρίγανης (WPC+BC+EO), κατά τη διάρκεια αποθήκευσης στους 7°C 56

Γράφημα 5. Προσδιορισμών ολικής μεσόφιλης χλωρίδας στο αλοιφώδες τυρί συσκευασμένο με πλαστική μεμβράνη (PL), μεμβράνη πρωτεΐνης τυρογάλακτος με αιθέριο έλαιο ρίγανης (WPC+EO) και μεμβράνη πρωτεΐνης τυρογάλακτος με βακτηριακή κυτταρίνη και αιθέριο έλαιο ρίγανης (WPC+BC+EO), κατά τη διάρκεια αποθήκευσης στους 7 °C. 58

Γράφημα 6. Προσδιορισμών *Pseudomonas* στο αλοιφώδες τυρί συσκευασμένο με πλαστική μεμβράνη (PL), μεμβράνη πρωτεΐνης τυρογάλακτος με αιθέριο έλαιο ρίγανης (WPC+EO) και μεμβράνη πρωτεΐνης τυρογάλακτος με βακτηριακή κυτταρίνη και αιθέριο έλαιο ρίγανης (WPC+BC+EO), κατά τη διάρκεια αποθήκευσης στους 7 °C. 59

Γράφημα 7. Προσδιορισμών *Lactobacilli* στο αλοιφώδες τυρί συσκευασμένο με πλαστική μεμβράνη (PL), μεμβράνη πρωτεΐνης τυρογάλακτος με αιθέριο έλαιο ρίγανης (WPC+EO) και μεμβράνη πρωτεΐνης τυρογάλακτος με βακτηριακή κυτταρίνη και αιθέριο έλαιο ρίγανης (WPC+BC+EO), κατά τη διάρκεια αποθήκευσης στους 7 °C. 60

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

- Εικόνα 1.** Ομογενοποιητής ράβδου υψηλών στροφών που χρησιμοποιήθηκε κατά τη διάρκεια των πειραμάτων. 37
- Εικόνα 2.** Λουτρό υπερήχων που χρησιμοποιήθηκε κατά τη διάρκεια των πειραμάτων 40
- Εικόνα 3.** Συσκευή προσδιορισμού πρωτεΐνης κατά Kjeldahl που χρησιμοποιήθηκε κατά τη διάρκεια των πειραμάτων..... 43
- Εικόνα 4.** Μακροσκοπική απεικόνιση υδρογέλης που παράχθηκε από πρωτεΐνη τυρογάλακτος (αριστερά) και αερογέλης που παράχθηκε μέσω λυοφιλίωσης της υδρογέλης..... 46
- Εικόνα 5.** Δοκιμές παραγωγής αλοιφώδους τυριού με πρωτεϊνική ελαιοπηκτή. Οι αναλογίες που φαίνονται στην εικόνα είναι: 1g τυρί/ 0,9g τυρόγαλο(πάνω αριστερά), 1g τυρί/ 0,5g τυρόγαλο (πάνω δεξιά), 1g τυρί/ 0,4g τυρόγαλο (κάτω αριστερά), 1g τυρί/ 0,6g τυρόγαλο (κάτω δεξιά)..... 49
- Εικόνα 6.** Επιλεγμένο αλοιφώδες τυρί με πρωτεϊνική ελαιοπηκτή (αριστερά) και εμπορικό αλοιφώδες τυρί (δεξιά)..... 50
- Εικόνα 7.** Βιώσιμη συσκευασία αλοιφώδους τυριούσε γυάλινο περιέκτη σφραγισμένο με πλαστικήμεμβράνη (PL) και βιοαποικοδομήσιμες μεμβράνες από πρωτεΐνη τυρογάλακτος εμπλουτισμένη με αιθέριο έλαιο ρίγανης (WPC+EO) και επιπρόσθετα με βακτηριακή κυτταρίνη (WPC+BC+EO)..... 52

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Λιπαρά και διατροφικά προβλήματα

1.1.1 Λιπίδια

Τα λιπίδια είναι οργανικά μόρια που σχηματίζονται γενικά από την εστεροποίηση ενός λιπαρού οξέος σε αλκοόλη. Ο απλούστερος ορισμός είναι ένα λιπίδιο ως οποιοδήποτε μόριο που είναι αδιάλυτο στο νερό και διαλυτό σε οργανικούς διαλύτες. Τα περισσότερα λιπίδια είναι διαλυτά σε κάποιο βαθμό σε οργανικούς διαλύτες όπως εξάνιο, αιθέρας, χλωροφόρμιο ή βενζόλιο. Αποτελούν μια σύνθετη συλλογή οργανικών ενώσεων που περιλαμβάνουν λιπαρά οξέα, (A,D, E και K). Τα λιπίδια έχουν πολλές σημαντικές λειτουργίες *in vivo* και στα τρόφιμα. Η επιστημονική ονομασία για τους εστέρες της γλυκερίνης και των λιπαρών οξέων είναι ακυλογλυκερόλη (τρίακυλογλυκερόλες, διακυλογλυκερόλες και μονοακυλογλυκερόλες που έχουν τρεις, δύο ή έναν δεσμούς εστέρων λιπαρών οξέων αντίστοιχα), ενώ η κοινή ονομασία για αυτές τις ενώσεις είναι γλυκερίδια (αντίστοιχα τριγλυκερίδια, διγλυκερίδια και μονογλυκερίδια). Τα γλυκερίδια έχουν μια σπονδυλική στήλη γλυκερίνης που συνδέεται με από ένα έως τρία λιπαρά οξέα μέσω εστερικών δεσμών. Τα τριγλυκερίδια βρίσκονται στους περισσότερους φυτικούς, ζωικούς και μικροβιακούς ιστούς. Χρησιμοποιούν ως αποθήκευση ενέργειας ή πηγές ενέργειας και περιλαμβάνονται σε μεμβράνες. Στα ζώα τα τριγλυκερίδια βρίσκονται σε όλους τους ιστούς σε διάφορους βαθμούς (Finley&deMan, 2018).

Τα λιπίδια είναι διαλυτά σε οργανικούς διαλύτες αλλά όχι στο νερό. Η αδιαλυτότητα στο νερό είναι η αναλυτική ιδιότητα που χρησιμοποιείται ως βάση για τον εύκολο διαχωρισμό τους από πρωτεΐνες και υδατάνθρακες. Ορισμένα λιπίδια είναι επιφανειακά ενεργά αφού είναι αμφίφιλα μόρια (περιέχουν τόσο υδρόφιλα όσο και υδρόφοβα τμήματα). Η πλειοψηφία των λιπιδίων είναι παράγωγα λιπαρών οξέων. Σε αυτά τα λεγόμενα ακυολιπίδια τα λιπαρά οξέα υπάρχουν ως εστέρες και σε ορισμένες δευτερεύουσες λιπιδικές ομάδες σε μορφή αμιδίου. Το υπόλειμμα ακυλίου επηρεάζει

έντονα την υδροφοβικότητα και την αντιδραστικότητα των ακυλολιπιδίων. Ορισμένα λιπίδια δρουν ως δομικά στοιχεία στο σχηματισμό βιολογικών μεμβρανών που περιβάλλουν τα κύτταρα και τα υποκυτταρικά σωματίδια. Τέτοια λιπίδια υπάρχουν σε όλα τα τρόφιμα, αλλά η περιεκτικότητά τους είναι συχνά μικρότερη από 2%. Ωστόσο, ακόμη και ως δευτερεύοντα συστατικά τροφίμων αξίζουν ιδιαίτερης προσοχής, καθώς η υψηλή αντιδραστικότητά τους μπορεί να επηρεάσει έντονα την οργανοληπτική ποιότητα των τροφίμων. Η θρεπτική/φυσιολογική σημασία των λιπιδίων βασίζεται στο ρόλο τους ως μόρια ενέργειας και ως πηγή απαραίτητων λιπαρών οξέων και βιταμινών. Εκτός από αυτούς τους ρόλους, ορισμένες άλλες λιπιδικές ιδιότητες είναι απαραίτητες στη διαχείριση και επεξεργασία τροφίμων (π.χ. οσμή, γεύση, γαλακτωματοποιητές τροφίμων, λιποδιαλυτές ή ελαιοδιαλυτές χρωστικές ή χρωστικές τροφίμων) (Belitz, Grosch&Schieberle, 2009; Riosetal., 2014).

Η περιεκτικότητα των τροφίμων σε λιπαρά μπορεί να κυμαίνεται από πολύ χαμηλή έως πολύ υψηλή τόσο στα φυτικά, όσο και στα ζωικά προϊόντα. Σε μη τροποποιημένα τρόφιμα, όπως το κρέας, το γάλα, τα δημητριακά και τα ψάρια, τα λιπίδια είναι μείγματα ενώσεις, με τα τριγλυκερίδια να αποτελούν το μεγαλύτερο μέρος. Τα λίπη και τα έλαια που χρησιμοποιούνται για τα παρασκευασμένα τρόφιμα, όπως η μαργαρίνη και το λίπος, είναι σχεδόν καθαρά μείγματα τριγλυκεριδίων. Τα λιπίδια διακρίνονται σε ορατά και αόρατα. Το μεγαλύτερο μέρος του συνολικού λίπους που καταναλώνεται αποτελείται από αόρατα λίπη (αυτά που περιέχονται στα γαλακτοκομικά προϊόντα (εκτός του βουτύρου), στα αυγά, στο κρέας, στα πουλερικά, στα ψάρια, στα φρούτα, στα λαχανικά και στα προϊόντα σιτηρών). Τα ορατά λίπη όπως το βούτυρο, η μαργαρίνη, το λίπος και τα μαγειρικά έλαια), αντιπροσωπεύουν μικρότερο ποσοστό της συνολικής πρόσληψης λίπους (Finley&deMan, 2018).

Περαιτέρω, τα λίπη και έλαια μπορεί να διαφέρουν σημαντικά στη σύνθεση, ανάλογα με την προέλευσή τους. Τόσο η σύνθεση των λιπαρών οξέων όσο και των γλυκεριδίων μπορεί να έχουν διαφορετικές ιδιότητες. Τα λίπη και τα έλαια μπορούν να ταξινομηθούν ευρέως ως ζωικής ή φυτικής προέλευσης. Τα ζωικά λίπη μπορούν περαιτέρω να

υποδιαιρεθούν σε λίπος θηλαστικών (λαρδί και λίπος), λίπος γάλακτος (μηρυκαστικά) και έλαια θαλάσσης (ψάρι και έλαιο φάλαινας). Τα φυτικά έλαια και λίπη μπορούν να χωριστούν σε σπορέλαια (όπως σόγια, κανόλα), λίπη φρούτων (φοινικέλαιο και ελαιόλαδο) και πυρηνέλαια (καρύδα και φοινικοπυρήνα) (Gunstone, 2008; Finley&deMan, 2018).

1.1.2 Λιπαρά οξέα

Τα λιπαρά οξέα αποτελούν ομάδα των λιπιδίων, μαζί με τα γλυκερίδια και τα σύνθετα λιπίδια. Τα λιπαρά οξέα αποτελούνται από αλυσίδες υδρογονάνθρακα με ένα καρβοξυλικό οξύ στο ένα άκρο του μορίου. Γενικά στα τρόφιμα τα λιπαρά οξέα υπάρχουν ως εστέρες των αλκοολών και πιο συγκεκριμένα εστεροποιούνται σε λιπαρή αλκοόλη μακράς αλυσίδας ή με γλυκερίνη (γλυκερίδια). Η διακύμανση στο μήκος της αλυσίδας και τον κορεσμό της υδρογονανθρακικής αλυσίδας των λιπαρών οξέων είναι σημαντική για τον προσδιορισμό των φυσικών και βιολογικών ιδιοτήτων των λιπιδίων (Gunstone, 2008; Belitzetal., 2009; Finley&deMan, 2018).

Τα φυσικά λιπαρά οξέα μπορεί να είναι κορεσμένα ή ακόρεστα με τα κορεσμένα οξέα έχουν υψηλότερα σημεία τήξης από τα ακόρεστα οξέα αντίστοιχου μεγέθους. Τα ακόρεστα λιπαρά οξέα μετατρέπονται σε κορεσμένα λιπαρά οξέα με μία σχετικά απλή αντίδραση υδρογόνωσης: η προσθήκη υδρογόνου σε ένα αλκένιο (ακόρεστος διπλός δεσμός) έχει ως αποτέλεσμα ένα αλκάνιο (κορεσμένο). Επίσης, τα trans λιπαρά οξέα είναι χημικά «μονοακόρεστα» ή «πολυακόρεστα» αλλά διαφέρουν από τα cisμονοακόρεστα ή πολυακόρεστα λιπαρά οξέα. Τα trans λιπαρά οξέα (αν και χημικά ακόμα ακόρεστα) που παράγονται από τη διαδικασία μερικής υδρογόνωσης δρουν περισσότερο σαν κορεσμένα λίπη επειδή σχηματίζουν παρόμοιες γραμμικές δομές που έχουν ως αποτέλεσμα υψηλότερα σημεία τήξης από ένα cis λιπαρό οξύ του ίδιου μήκους (Gunstone, 2008; Finley&deMan, 2018).

Κορεσμένα λιπαρά οξέα

Τα μη διακλαδισμένα, ευθείας αλυσίδας μόρια με ζυγό αριθμό ατόμων άνθρακα κυριαρχούν μεταξύ των κορεσμένων λιπαρών οξέων. Τα βραχείας αλυσίδας, χαμηλού μοριακού βάρους λιπαρά οξέα είναι συστατικά τριγλυκεριδίων μόνο στο λίπος και το έλαιο του γάλακτος, της καρύδας και του φοινικόσπορου. Μερικά εξ αυτών είναι σημαντικά ως συστατικά αρώματος τροφίμων. Σε ελεύθερη μορφή ή εστεροποιημένα με αλκοόλες χαμηλού μοριακού βάρους, απαντώνται στη φύση μόνο σε μικρές ποσότητες, ιδιαίτερα σε φυτικές τροφές και σε τρόφιμα επεξεργασμένα με τη βοήθεια μικροοργανισμών, στα οποία αποτελούν αρωματικές ουσίες. Λιπαρά οξέα με περιττό αριθμό ατόμων άνθρακα απαντώνται στα τρόφιμα μόνο σε ίχνη. Τα πριτανικά και φυτανικά οξέα έχουν ανιχνευθεί στο έλαιο του γάλακτος και είναι ισοπρενοειδή οξέα που λαμβάνονται από την αποικοδόμηση της πλευρικής αλυσίδας φυτόλης της χλωροφύλλης (Belitzetal., 2009). Τα κορεσμένα λιπαρά οξέα μπορούν να συντεθούν από το σώμα μέσω της de novo λιπογένεσης και η κύρια διατροφική τους πηγή είναι τρόφιμα από ζωικές πηγές, όπως γαλακτοκομικά προϊόντα πλήρους λιπαρών, κόκκινο κρέας και πουλερικά (Eshak, Yamagishi&Iso, 2018; Devers& Brown, 2020).

Ακόρεστα λιπαρά οξέα

Τα ακόρεστα λιπαρά οξέα, τα οποία κυριαρχούν στα λιπίδια, περιέχουν μία, δύο ή τρεις ομάδες αλλυλίου στα υπολείμματα ακυλίου τους. Τα οξέα με απομονωμένους διπλούς δεσμούς (μια ομάδα μεθυλενίου που παρεμβάλλεται μεταξύ των δύο cis-διπλών δεσμών) συνήθως υποδηλώνονται ως ισολενικού τύπου ή μη συζευγμένα λιπαρά οξέα. Η δομική σχέση που υπάρχει μεταξύ των ακόρεστων μη συζευγμένων λιπαρών οξέων που προέρχονται από μια κοινή βιοσυνθετική οδό αναδεικνύεται όταν η θέση διπλού δεσμού προσδιορίζεται με μέτρηση από το άκρο του μεθυλίου της αλυσίδας (πρέπει να τονιστεί ότι ο προσδιορισμός θέσης χρησιμοποιώντας αυτή τη μέθοδο μέτρησης απαιτεί το επίθημα «ω» ή «ν»). Στη συνέχεια, τα οξέα με τα ίδια μεθυλικά άκρα συνδυάζονται σε ομάδες. Έτσι, υπάρχουν τρεις οικογενειακές ομάδες: ω3 (λινολενικός τύπος), ω6 (λινελαϊκός τύπος) και ω9 (τύπος ελαϊκού οξέος). Χρησιμοποιώντας αυτήν την

ταξινόμηση, τα κοινά δομικά χαρακτηριστικά που βρίσκονται σε αφθονία στα C18 λιπαρά οξέα απαντώνται λιγότερο συχνά σε λιπαρά οξέα. Αξίζει να σημειωθεί ότι το λινολεϊκό οξύ δεν μπορεί να συντεθεί από το ανθρώπινο σώμα, αλλά θεωρείται απαραίτητο δομικό στοιχείο. Τα ακόρεστα λιπαρά οξέα με ασυνήθιστη δομή είναι με έναν trans-διπλό δεσμό ή/και συζευγμένους διπλούς δεσμούς και σχηματίζονται σε χαμηλές συγκεντρώσεις κατά τη βιοϋδρογόνωση στο στομάχι των μηρυκαστικών και κατά συνέπεια βρίσκονται στο κρέας και το γάλα. Τέτοια trans-ακόρεστα οξέα σχηματίζονται στη βιομηχανική επεξεργασία λαδιού ή λίπους (θερμική επεξεργασία) (Gunstone, 2008; Belitzetal., 2009).

1.1.3 Επιπτώσεις λιπαρών στη σωματική υγεία

Τα κορεσμένα λιπαρά οξέα δεν είναι απαραίτητα θρεπτικά συστατικά. Οι περισσότερες μελέτες επικεντρώνονται στην τάση τους να αλλάζουν τον μεταβολισμό των λιποπρωτεϊνών και να επηρεάζουν αρνητικά τα επίπεδα χοληστερόλης (Doyle, 2004; Clifford&Kozil, 2017; Sacksetal., 2017; Gershuni, 2018; DiNicolantonio&O’Keefe, 2018; Devers& Brown, 2020). Όλα τα κορεσμένα λιπαρά οξέα που έχουν από οκτώ έως 16 άτομα άνθρακα αυξάνουν τη συγκέντρωση της LDL χοληστερόλης στον ορό όταν καταναλώνονται στη διατροφή, κυρίως διότι καταστέλλουν την έκφραση των υποδοχέων LDL (Grundy, 2013). Ωστόσο, έχει επίσης βρεθεί σε μελέτες ότι ορισμένα άτομα δεν ανταποκρίνονται σε δίαιτες χαμηλών κορεσμένων λιπαρών με μειωμένα επίπεδα χοληστερόλης LDL (Doyle, 2004).

Σε σχέση με την περιεκτικότητα της δίαιτας σε υδατάνθρακες, η μείωση της περιεκτικότητας σε κορεσμένα λιπαρά προκαλεί ευνοϊκή μείωση των συγκεντρώσεων της ολικής και της LDL χοληστερόλης, αλλά μειώνει δυσμενώς τις συγκεντρώσεις της HDL χοληστερόλης. Έχουν παρατηρηθεί τόσο αυξανόμενες όσο και φθίνουσες επιδράσεις των κορεσμένων οξέων στη συσσώρευση αιμοπεταλίων, καθώς και καμία επίδραση. Το αν η ευεργετική επίδραση μιας δίαιτας χαμηλής σε κορεσμένα λιπαρά στην προθρομβωτική κατάσταση του αίματος εξαρτάται από την περιεκτικότητα σε διαιτητικές ίνες είναι ακόμα ασαφές. Από τα κορεσμένα λιπαρά οξέα, το λανρικό και το

μυριστικό οξύ έχουν την ισχυρότερη ικανότητα να αυξάνουν τις συγκεντρώσεις ολικής και LDL χοληστερόλης. Επιπλέον, και τα δύο αυτά κορεσμένα λιπαρά οξέα αυξάνουν τα επίπεδα της HDL χοληστερόλης. Το παλμιτικό οξύ αυξάνει τα επίπεδα ολικής και LDL χοληστερόλης σε σύγκριση με τους υδατάνθρακες, αλλά είναι λιγότερο ισχυρό από το λαυρικό και το μυριστικό οξύ. Το στεατικό οξύ δεν αυξάνει τις συγκεντρώσεις LDL και HDL χοληστερόλης σε σύγκριση με τους υδατάνθρακες (Grundy, 2013; Mensink, 2013).

Επιπλέον, μελέτες έχουν δείξει ότι τα κορεσμένα λιπαρά μπορεί να προκαλέσουν φλεγμονή του λιπώδους ιστού. Αυτή η φλεγμονώδης διαδικασία περιλαμβάνει τη σηματοδότηση του υποδοχέα 4 (TLR4), ενός αισθητήρα που δεσμεύει λιποπολυσακχαρίτες. Αυτή η ενεργοποίηση υποδοχέα σηματοδοτεί την παραγωγή πυρηνικού παράγοντα NFκ-B, η οποία οδηγεί στην απελευθέρωση φλεγμονωδών κυτοκινών όπως η ιντερλευκίνη 1 και 6 (IL-1, IL-6) και του παράγοντα TNF-α που σχετίζονται με τον κίνδυνο ασθενειών (Devers& Brown, 2020).

Περαιτέρω, τα κορεσμένα λιπαρά οξέα συνδέονται με πολλές χρόνιες παθήσεις, συμπεριλαμβανομένων των καρδιαγγειακών παθήσεων, των καρκίνων και της συστηματικής φλεγμονής, λιπογένεση, απόπτωση, δομή κυτταρικής μεμβράνης και σηματοδότηση πρωτεΐνης. Η σύνδεση κορεσμένων λιπαρών οξέων με την άνοια, τις αυξημένες λιποπρωτεΐνες χαμηλής πυκνότητας ορού (LDL) και άλλες χρόνιες παθήσεις, έχει βρεθεί να συσχετίζεται με αυξημένη χοληστερόλη και αυξημένη πρόσληψη κορεσμένων λιπαρών. Η κατανάλωση κορεσμένων λιπαρών και η αύξηση της χοληστερόλης LDL, του σπλαχνικού λίπους ή της συχνότητας του μεταβολικού συνδρόμου θεωρούνται ότι συμβάλλουν στη γνωστική έκπτωση και την άνοια. Επίσης, λόγω της σχέσης μεταξύ κορεσμένων λιπαρών οξέων και αυξημένων λιποπρωτεϊνών χαμηλής πυκνότητας ορού, έχει βρεθεί ότι η διαιτητική πρόσληψη κορεσμένων λιπαρών οξέων συμβάλλει στην ανάπτυξη καρδιαγγειακών νόσων (Powell&Wallace, 2020).

Τα κορεσμένα λιπαρά μπορεί να οδηγήσουν σε αυξημένα επίπεδα χοληστερόλης LDL και τα αυξημένα επίπεδα χοληστερόλης στο πλάσμα έχουν αποδειχθεί ότι αποτελούν παράγοντα κινδύνου για καρδιαγγειακή νόσο (Doyle, 2004; Alshamsi&Almutairi, 2018;

Gershuni, 2018). Σε ορισμένες μελέτες τα αποτελέσματα διαφέρουν για τους άνδρες και τις γυναίκες και η υψηλή πρόσληψη διαιτητικών ινών αποδυναμώνει τη συσχέτιση με τα κορεσμένα λιπαρά σε ορισμένες μελέτες (Doyle, 2004). Για παράδειγμα, οι Sacksetal. (2017) αναφέρουν ότι η χαμηλότερη πρόσληψη κορεσμένων λιπαρών σε συνδυασμό με την υψηλότερη πρόσληψη πολυακόρεστων και μονοακόρεστων λιπαρών σχετίζεται με χαμηλότερα ποσοστά καρδιαγγειακής νόσου και άλλων βασικών αιτιών θανάτου και θνησιμότητας από κάθε αιτία. Αντίθετα, η αντικατάσταση των κορεσμένων λιπαρών με κυρίως επεξεργασμένους υδατάνθρακες και σάκχαρα δεν σχετίζεται με χαμηλότερα ποσοστά καρδιαγγειακής νόσου και δεν μείωσε την καρδιαγγειακή νόσο σε κλινικές δοκιμές. Η αντικατάσταση των κορεσμένων με ακόρεστα λίπη μειώνει τη λιποπρωτεϊνική χοληστερόλη χαμηλής πυκνότητας, μια αιτία αθηροσκλήρωσης, συνδέοντας τα βιολογικά στοιχεία με τη συχνότητα καρδιαγγειακής νόσου σε πληθυσμούς και σε κλινικές δοκιμές. Συνολικά, οι συγγραφείς καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι η μείωση της πρόσληψης κορεσμένων λιπαρών και η αντικατάστασή του με ακόρεστα λιπαρά, ιδιαίτερα πολυακόρεστα λιπαρά, θα μειώσει τη συχνότητα εμφάνισης καρδιαγγειακής νόσου.

Ωστόσο, τα στοιχεία από κλινικές μελέτες δεν είναι τόσο ισχυρά ή συνεπή στο να υποδηλώνουν ότι το κορεσμένο λίπος προκαλεί καρδιαγγειακή νόσο και ορισμένοι επιστήμονες αμφισβητούν εάν είναι πραγματικά ένας σημαντικός αιτιολογικός παράγοντας (Doyle, 2004; Dyson, 2016). Η Gershuni (2018) επίσης τονίζει ότι η συσχέτιση κορεσμένων λιπαρών-χοληστερόλης-καρδιαγγειακών νόσων δεν αποδίδει αιτιότητα. Επιπλέον, τα κορεσμένα λιπαρά έχει αποδειχθεί σε ορισμένες περιπτώσεις ότι έχουν αντίστροφη σχέση με τον διαβήτη τύπου 2 που σχετίζεται με την παχυσαρκία (Gershuni, 2018).

Αυξημένοι κίνδυνοι για αντίσταση στην ινσουλίνη και αυξημένα επίπεδα ινσουλίνης ή γλυκόζης στον ορό έχουν συσχετιστεί με δίαιτες που περιέχουν περισσότερα συνολικά ή κορεσμένα λιπαρά σε ορισμένες μελέτες (Doyle, 2004; Mozaffarian, 2014), αλλά όχι σε όλες (Currentietal., 2022). Από την άλλη πλευρά, μία διατροφή πλούσια σε λιπαρά έχει

γενικά αρνητική επίδραση στον μεταβολισμό της γλυκόζης και προκαλεί διαβητικές αλλαγές. Από την άλλη πλευρά, η σημασία της συσχέτισης μεταξύ του διατροφικού ολικού ή κορεσμένου λίπους και του διαβήτη συχνά σταματά να υφίσταται όταν τα δεδομένα προσαρμόζονται για τον δείκτη μάζας σώματος. Συνεπώς, για μία ακόμα φορά υπάρχουν μεικτά αποτελέσματα στη βιβλιογραφία (Doyle, 2004; Dyson, 2016; Imamura et al., 2016; Twenefour & Shields, 2020).

Επιπλέον, μελέτες έχουν αναφέρει θετικές συσχετίσεις μεταξύ του συνολικού διατροφικού ή κορεσμένου λίπους και διαφόρων τύπων καρκίνου. Ωστόσο, ορισμένες προηγούμενες μελέτες μπορεί να είναι λιγότερο αξιόπιστες επειδή οι αναλύσεις τους δεν έλεγξαν άλλους παράγοντες που μπορεί να επηρεάσουν τη συχνότητα εμφάνισης καρκίνου (Doyle, 2004). Σε έρευνα βρέθηκε πως υψηλότερη διατροφική πρόσληψη τρανς λιπαρών, ιδιαίτερα το ελαϊδικό οξύ, σχετίζεται με αυξημένο κίνδυνο καρκίνου του μαστού (Matta et al., 2021). Σε άλλη μελέτη η υψηλή συνολική πρόσληψη κορεσμένων λιπαρών, προσαρμοσμένη σε λίπος, συσχετίστηκε με αυξημένη επιθετικότητα καρκίνου του προστάτη (Allott et al., 2017). Μια δίαιτα υψηλής περιεκτικότητας σε λιπαρά προκαλεί αλλαγές στη μικροχλωρίδα του εντέρου που οδηγούν σε ενεργοποίηση προφλεγμονωδών οδών και η παχυσαρκία επιδεινώνει τη φλεγμονή, παράγοντα κινδύνου για τον καρκίνο. Ωστόσο, η μέτρια πρόσληψη κορεσμένων λιπαρών οξέων (SFAs), συμπεριλαμβανομένου του παλμιτικού οξέος (PA), δεν αποτελεί κίνδυνο για την υγεία σε μια ισορροπημένη διατροφή (Bojková, Winklewski & Wszedybyl-Winklewska, 2020).

Τέλος, το κορεσμένο λίπος έχει συνδεθεί με την υπέρταση και τη συχνότητα εμφάνισης εγκεφαλικού επεισοδίου (Doyle, 2004), αλλά και πάλι δεν υπάρχει συνέπεια ως προς τα αποτελέσματα διαφόρων μελετών στη διεθνή βιβλιογραφία (Alshamsi & Almutairi, 2018). Επί παραδείγματι, η μελέτη των Kang, Yang και Xiao (2020) βρήκε ότι η υψηλότερη κατανάλωση διατροφικών κορεσμένων λιπαρών σχετίζεται με χαμηλότερο κίνδυνο εγκεφαλικού επεισοδίου και καθημερινή αύξηση κατά 10 g/ημέρα στην πρόσληψη κορεσμένων λιπαρών σχετίζεται με μείωση του σχετικού κινδύνου εγκεφαλικού κατά 6%.

1.1.4 Τυριά και διατροφή

Το τυρί λαμβάνεται από πηγμένο γάλα με αφαίρεση του ορού γάλακτος και με ωρίμανση του τυροπήγματος παρουσία ειδικής μικροχλωρίδας. Η μεγάλη αφθονία των ποικιλιών τυριού, μπορεί να ταξινομηθεί με βάση διάφορα κριτήρια: α) το γάλα που χρησιμοποιείται (αγελαδινό, κατσικίσιο ή πρόβειο γάλα), τον σχηματισμό τυροπήγματος (με χρήση οξέων, εκχυλίσματος πυτιάς ή συνδυασμού και των δύο), γ) την υφή ή συνοχή ή περιεκτικότητα σε νερό (%) στο τυρί χωρίς λιπαρά. Ακολουθώντας το τελευταίο κριτήριο, οι πιο σημαντικές ομάδες τυριών με βάση την περιεκτικότητα σε νερό είναι εξαιρετικά σκληρό (<51%), σκληρό (49–56%), ημίσκληρο (54–63%), ημιστερέο (61–69%), μαλακό (>67%), δ) την περιεκτικότητα σε λιπαρά (% ξηρά ουσία). Με αυτό το κριτήριο, οι πιο σημαντικές ομάδες είναι: διπλό τυρί κρέμα (60–85% λιπαρά), τυρί κρέμα ($\geq 50\%$), τυρί ολικής αλέσεως ($\geq 45\%$), λιπαρό τυρί ($\geq 40\%$), ημίπαχο τυρί ($\geq 20\%$), αποβουτυρωμένο τυρί (έως 10%). Οι νέες μέθοδοι παρασκευής τυριού στοχεύουν στο να συμπεριλάβουν τις πρωτεΐνες ορού γάλακτος στο τυρόπηγμα, αντί να τις αφαιρέσουν με τον ορό γάλακτος. Εκτός από το ότι δίνουν υψηλότερες αποδόσεις (12–18%), αυτές οι διαδικασίες βοηθούν στην εξοικονόμηση κόστους λυμάτων ή στην περίπλοκη επεξεργασία ορού γάλακτος (Belitzetal., 2009).

Η γεύση του τυριού προκύπτει σε μεγάλο βαθμό από τη διαδικασία ζύμωσης που είναι κοινή στις περισσότερες ποικιλίες τυριού. Οι μικροοργανισμοί που χρησιμοποιούνται ως καλλιέργειες στην παρασκευή τυριού δρουν σε πολλά από τα συστατικά του γάλακτος και παράγουν μια μεγάλη ποικιλία μεταβολιτών. Ανάλογα με τον τύπο της καλλιέργειας που χρησιμοποιείται και τη διάρκεια της διαδικασίας ωρίμανσης, η γεύση του τυριού μπορεί να ποικίλλει από ήπια έως εξαιρετικά ισχυρή. Η καζεΐνη, η κύρια πρωτεΐνη του τυριού, υδρολύεται σε ένα μοτίβο και με ρυθμό που είναι χαρακτηριστικός για κάθε είδος τυριού. Τα πρωτεολυτικά ένζυμα παράγουν μια σειρά από πεπτίδια ειδικής σύνθεσης που σχετίζονται με την ειδικότητα των ενζύμων που υπάρχουν. Κάτω από ορισμένες συνθήκες μπορεί να σχηματιστούν πικρά πεπτίδια, τα οποία παράγουν μια άοσμη γεύση. Η συνεχής υδρόλυση αποδίδει αμινοξέα. Μερικές από αυτές τις ενώσεις μπορεί να

λειτουργήσουν ως ενισχυτικά γεύσης. Η διάσπαση των λιπιδίων είναι απαραίτητη για την παραγωγή αρώματος τυριού, καθώς το τυρί που παρασκευάζεται από αποβουτυρωμένο γάλα δεν αναπτύσσει ποτέ το πλήρες άρωμα του κανονικού τυριού. Μία ποικιλία από δευτερεύοντα συστατικά είναι σημαντικά για την παραγωγή της χαρακτηριστικής γεύσης του τυριού, όπως τα καρβονύλια, οι εστέρες και οι ενώσεις θείου (Seo, Finley&deMan, 2018).

Το τυρί αποτελεί πηγή για βασικά θρεπτικά συστατικά, όπως πρωτεΐνες, βιοενεργά πεπτίδια, αμινοξέα, λίπος, λιπαρά οξέα, βιταμίνες και μέταλλα. Μπορεί να ενισχύσει τα οφέλη για την υγεία με την παραγωγή ορισμένων πεπτιδίων και ελεύθερων αμινοξέων που έχει διάφορες βιοδραστικές ιδιότητες, όπως αντιμικροβιακές, αντικαρκινογόνες, αντιθρομβωτικές. Ορισμένα βιολογικά ενεργά λιπίδια, όπως το συζευγμένο λιπαρό οξύ (CLA) και η μεμβράνη των σφαιριδίων του λίπους γάλακτος (MFGM), που υπάρχουν στα τυριά είναι επίσης ευεργετικά για την υγεία (Kwak, Ganesan&Hong, 2012). Το τυρί είναι ένα σημαντικό γαλακτοκομικό προϊόν και αναπόσπαστο μέρος μιας υγιεινής διατροφής λόγω της σημαντικής συμβολής του στην ανθρώπινη υγεία.

Το ώριμο τυρί είναι απαλλαγμένο από λακτόζη και επομένως κατάλληλο για τη διατροφή ατόμων με δυσανεξία στη λακτόζη. Υπάρχουν στοιχεία που υποδηλώνουν ότι δύο βιοενεργάτριπεπτίδια, το VPP και το IPP, που βρίσκονται στο ξινόγαλα που έχει υποστεί ζύμωση με *Lactobacillus helveticus*, μειώνουν την αρτηριακή πίεση. Αυτά τα πεπτίδια ανιχνεύθηκαν επίσης σε συγκεκριμένες ποικιλίες τυριού σε σημαντικές ποσότητες. Η υψηλή συγκέντρωση απαραίτητων αμινοξέων στο τυρί συμβάλλει στην ανάπτυξη και ανάπτυξη του ανθρώπινου σώματος. Παρά την παρουσία αξιοσημείωτης ποσότητας κορεσμένων και τρανς λιπαρών οξέων, δεν υπάρχουν σαφή στοιχεία που να συσχετίζουν την κατανάλωση τυριού με κάποια ασθένεια. Το συζευγμένο λινολεϊκό οξύ και ορισμένα λιπίδια που υπάρχουν στο τυρί μπορεί να έχουν αντικαρκινογόνες ιδιότητες. Η υψηλή συγκέντρωση ασβεστίου στο τυρί συμβάλλει στον σχηματισμό και τη διατήρηση γερών οστών και δοντιών, αλλά επίσης επιδρά θετικά στην αρτηριακή πίεση και βοηθά στην

απώλεια βάρους σε συνδυασμό με δίαιτες χαμηλής ενέργειας (Walther, Schmid, Sieber&Wehrmuller, 2008).

Ωστόσο, χαρακτηρίζεται από την παρουσία κορεσμένων λιπαρών οξέων, χοληστερόλης και περιεκτικότητας σε αλάτι. Αυτό το μειονέκτημα μπορεί να ξεπεραστεί με την παραγωγή τυριού με αφαίρεση χαμηλών λιπαρών ή χοληστερόλης και με την προσθήκη ορισμένων λειτουργικών ζωντανών υλικών, όπως τα προβιοτικά βακτήρια. Τα μη εκκινητικά βακτήρια γαλακτικού οξέος (NSLAB) που χρησιμοποιούνται στα τυριά έχουν βρεθεί βιοενεργά, όπως η απενεργοποίηση των αντιγονοτοξινών και η παραγωγή βιοδραστικών πεπτιδίων παραγωγής γάμμα-αμινοβουτυρικού οξέος (Kwaketal., 2012). Σε αυτό μπορούν να βοηθήσουν και οι αναδυόμενες τεχνολογίες, όπως εξετάζεται στην επόμενη ενότητα.

1.2 Αναδυόμενες τεχνολογίες και δημιουργία τυριών με χαμηλά λιπαρά

1.2.1 Η χρήση των αναδυόμενων τεχνολογιών στη βιομηχανία τροφίμων

Όπως κάθε άλλος τομέας, η βιομηχανία τροφίμων καθοδηγείται από τις καινοτομίες, την ανταγωνιστικότητα και την κερδοφορία. Ως εκ τούτου, η βιομηχανία αναζητά πάντα νέες τεχνολογίες για να προσφέρει προϊόντα με βελτιωμένες γεύσεις, γεύσεις, υφές, μεγαλύτερη διάρκεια ζωής και καλύτερη ασφάλεια και ιχνηλασιμότητα. Άλλες πιέσεις, όπως η αυξημένη συνείδηση για την υγεία μεταξύ των καταναλωτών και οι αυστηρότεροι ρυθμιστικοί έλεγχοι, έχουν επίσης οδηγήσει τη βιομηχανία να αναζητήσει νέους τρόπους για να μειώσει την ποσότητα αλατιού, ζάχαρης, λίπους, τεχνητών χρωμάτων και συντηρητικών στα προϊόντα της και να αντιμετωπίσει ορισμένες παθήσεις, όπως παχυσαρκία, υψηλή αρτηριακή πίεση, διαβήτης, καρδιαγγειακές παθήσεις, πεπτικές διαταραχές, ορισμένοι τύποι καρκίνου (π.χ. καρκίνος του εντέρου) και τροφικές αλλεργίες. Άλλες «νεότερες» κοινωνικές και τεχνολογικές πιέσεις διαμορφώνουν περαιτέρω τη βιομηχανία τροφίμων, όπως η ανάγκη ελέγχου παθογόνων και ορισμένων τοξινών στα τρόφιμα, η ελαχιστοποίηση του αποτυπώματος άνθρακα στον κύκλο ζωής των τροφίμων και των διαδικασιών (WHO, 2010; Jagtiani, 2021).

Σε αυτό το πλαίσιο, η έλευση της νανοτεχνολογίας έχει δημιουργήσει ελπίδες ότι μπορεί να καλύψει πολλές από αυτές τις ανάγκες της βιομηχανίας τροφίμων (WHO, 2010; Jagtiani, 2021). Οι «νανο» μορφές θρεπτικών συστατικών ή βιταμινών δρουν πολύ πιο γρήγορα στο σώμα από τις συμβατικές μορφές. Όλα τα τρόφιμα περιέχουν νανοδομές που αναπτύσσονται φυσικά ή ως μέρος της επεξεργασίας. Παραδείγματα αυτών περιλαμβάνουν συστατικά σε σκόνη, μέρος των οποίων θα είναι στην περιοχή μεγεθών νανοσωματιδίων, μεμβράνες διεπιφανείας και αφρούς και γαλακτώματα σταθεροποίησης υλικού. Ο έλεγχος αυτών των δομών επιτρέπει βελτιώσεις στις ιδιότητες του προϊόντος (Institute of FoodScience and Technology, 2019).

Σύμφωνα με τους Chellarametal. (2014) οι εφαρμογές της νανοτεχνολογίας στη βιομηχανία τροφίμων περιλαμβάνουν: ενθυλάκωση και διανομή ουσιών σε στοχευμένες τοποθεσίες, αύξηση της γεύσης, εισαγωγή αντιβακτηριακών νανοσωματιδίων στα τρόφιμα, ενίσχυση της διάρκειας ζωής, ανίχνευση μόλυνσης, βελτιωμένη αποθήκευση τροφίμων, παρακολούθηση, προστασία της επωνυμίας. Η νανοεπεξεργασία τροφίμων και τα προϊόντα μπορούν να αλλάξουν το χρώμα, τη γεύση ή τα αισθητηριακά χαρακτηριστικά των τροφίμων, καθώς και τη διατροφική λειτουργικότητα (π.χ. να αφαιρέσουν χημικά ή παθογόνα από τα τρόφιμα).

Πιο συγκεκριμένα, η προσθήκη θρεπτικών συστατικών όπως βιταμίνες, ασβέστιο, σίδηρος κ.λπ. στα τρόφιμα προς όφελος των καταναλωτών χρησιμοποιείται εδώ και πολλά χρόνια. Η χρήση της νανοτεχνολογίας για τη δημιουργία θρεπτικών συστατικών με νανο-ενθυλάκωση, όπως βιταμίνες ή ασβέστιο ή σίδηρος σε νανο-μεγέθη, επιτρέπει την προσθήκη τους σε τρόφιμα χωρίς επιπτώσεις στη διαύγεια ή την οπτική έλξη, ή τη γεύση. Επιπλέον, απορροφώνται γρηγορότερα από το σώμα όταν βρίσκονται σε νανο κατάσταση. Παραδείγματα χρήσης της νανοτεχνολογίας, σε αυτόν τον τομέα, περιλαμβάνουν πολλές παραλλαγές νανο-ασβεστίου, νανο-μαγνήσιου και νανο-σιδήρου. Επίσης, η κατανόηση της φύσης των νανοδομών στα τρόφιμα και του πώς σχηματίζονται από τα συστατικά και τις διαδικασίες παραγωγής επιτρέπει την καλύτερη επιλογή των πρώτων υλών και τη βελτίωση της ποιότητας των τροφίμων μέσω της επεξεργασίας. Η

νανοεπιστήμη παρέχει τη γνώση που επιτρέπει την ορθολογική επιλογή των υλικών και για τις παραδοσιακές μεθόδους επεξεργασίας που πρέπει να βελτιστοποιηθούν για να προσφέρουν την επιθυμητή λειτουργικότητα (WHO, 2010; Pathakoti, Manubolu&Hwar, 2017; Singhetal., 2017; Institute of FoodScience and Technology, 2019).

1.2.2 Παρασκευή τυριών με χαμηλά λιπαρά

Με αναφορά στο τυρί, αρκετές μελέτες έχουν εξετάσει την αλλαγή της σύστασης του συγκεκριμένου τροφίμου, προκειμένου να δημιουργηθούν τυριά με χαμηλά λιπαρά. Με γνώμονα την ανάγκη για στρατηγικές αντικατάστασης τρανς και κορεσμένων λιπαρών, ο τομέας των απομιμήσεων λίπους έχει σημειώσει τεράστια πρόοδο την τελευταία δεκαετία. Απομιμήσεις λίπους περιλαμβάνουν πολυμερικά δίκτυα αιθυλοκυτταρίνης, δίκτυα πρωτεϊνών και πολυσακχαριτών με μήτρα γαλακτώματος, κολλοειδή και αυτοσυναρμολογούμενα ινίδια δίκτυα πολικών λιπιδικών κρυστάλλων, καθώς και στερεά γαλακτώματα ελαίου παγιδευμένα σε κρυσταλλοποιημένες ελασματοειδείς μεσοφάσεις. Η καθαρή φύση των συστατικών που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή μιμητικών λίπους και η αποδεδειγμένη λειτουργικότητά τους τα καθιστά μια πολλά υποσχόμενη εναλλακτική λύση στα στερεά λίπη στα τρόφιμα (Patel, Nicholson&Marangoni, 2020).

Ωστόσο, στο πλαίσιο γενικά τα χρήσης τεχνολογιών για τη δημιουργία τυριών με χαμηλά λιπαρά, εντοπίζονται ορισμένα μειονεκτήματα. Τα τυριά με χαμηλά λιπαρά συνήθως χαρακτηρίζονται ως με κακή σωματική, γεύση και λειτουργικές ιδιότητες λόγω της υψηλής υγρασίας και του χαμηλού αλατιού. Οι διαδικασίες που αναπτύχθηκαν για την παρασκευή τυριών με χαμηλά λιπαρά περιλαμβάνουν τεχνικές επεξεργασίας, επιλογή καλλιέργειας εκκίνησης και χρήση προσθέτων. Το λίπος που αφαιρείται κατά την παρασκευή τυριού με χαμηλά λιπαρά αντικαθίσταται σε μεγάλο βαθμό από υγρασία και η αναλογία υγρασίας στην ουσία του τυριού χωρίς λιπαρά είναι παρόμοια με αυτή ενός

πλήρους λιπαρού τυριού. Χρησιμοποιούνται χαμηλότερες θερμοκρασίες και χρόνοι μαγειρέματος, υψηλό pH αποστράγγισης και άλεσης και πλύσιμο του τυροπήγματος. Οι εκτιμήσεις περιλαμβάνουν τη χρήση αργών καλλιέργειών (για την πρόληψη υπερβολικού σχηματισμού οξέος και πικρές γεύσεις), συμπληρωματικές καλλιέργειες και ένζυμα. Η ομογενοποίηση της κρέμας βελτιώνει το σώμα και την υφή και τις λειτουργικές ιδιότητες των τυριών με χαμηλά λιπαρά και αυξάνει την απόδοση όταν χρησιμοποιείται για μείωση του λίπους έως και 50%. Σταθεροποιητές, αντικαταστάτες λίπους και γλυκό βουτυρόγαλα έχουν επίσης χρησιμοποιηθεί για τη βελτίωση της ποιότητας των τυριών με χαμηλά λιπαρά (Mistry, 2001).

Σύμφωνα με τους Hammam και Ahmed (2019), το τυρί θα μπορούσε να χωριστεί σε δύο μεγάλες κατηγορίες με βάση την περιεκτικότητα σε λιπαρά, συμπεριλαμβανομένου του πλήρους λιπαρού και του τυριού με μειωμένα ή χαμηλά λιπαρά. Ο όρος τυριού με χαμηλά λιπαρά διαφέρει ανάλογα με τις ποικιλίες τυριού, τις χώρες και άλλους παράγοντες. Γενικά, το τυρί με περιεκτικότητα σε λιπαρά μικρότερη από την πλήρη έκδοση θεωρείται τυρί με χαμηλά λιπαρά για τους καταναλωτές. Η κατανάλωση και η εμπορία τυριών με χαμηλά λιπαρά έχουν επιταχυνθεί τις τελευταίες δύο δεκαετίες. Το λίπος είναι σημαντικό λόγω της σημαντικής συμβολής του στη γεύση, το σώμα και την υφή του τυριού. Πολλά τυριά με χαμηλά λιπαρά χαρακτηρίζονται ως ήπια γεύση, αδύναμο σώμα και υφή και λιγότερο λειτουργικά χαρακτηριστικά. Η εντατική έρευνα για το τυρί με χαμηλά λιπαρά έχει αναπτύξει τρεις βασικές στρατηγικές για την αντιμετώπιση προβλημάτων που σχετίζονται με το λίπος, όπως τροποποιήσεις διαδικασιών, συμπληρωματικές καλλιέργειες και υποκατάστατα λίπους. Στη μελέτη τους οι συγγραφείς αναφέρονται σε επεξεργασμένα τυριά με χαμηλά λιπαρά, δηλαδή ένα γαλακτοκομικό τρόφιμο που παρασκευάζεται με ανάμειξη και θέρμανση διαφόρων γαλακτοκομικών και μη γαλακτοκομικών συστατικών για την παραγωγή ενός παστεριωμένου προϊόντος με εκτεταμένη διάρκεια ζωής. Σε αυτά τα τυριά τα υποκατάστατα λίπους χωρίζονται ανάλογα με τα υλικά από τα οποία προέρχονται σε υποκατάστατα λίπους με βάση υδατάνθρακες (πηκτίνη, κόμμεα, άμυλο, δεξτρίνη, φυτικές ίνες και καραγενάνη), υποκατάστατα λίπους με βάση τη πρωτεΐνη

(τροποποιημένη πρωτεΐνη ορού γάλακτος και πρωτεΐνη σόγιας) και υποκατάστατα λίπους με βάση το λίπος (μονο και διγλυκερίδια, olestra, salatrim και καρπενίνη).

Στη μελέτη τους οι Miocinovicetal. (2011) ανέπτυξαν μία διαδικασία παραγωγής τυριών χαμηλών λιπαρών που παράγονται από υπερδιηθημένο γάλα (τυρί UF). Η διαδικασία παραγωγής, περιλαμβάνει τη χρήση γάλακτος UF με 2 % λακτόζη, προσθήκη 1,5 % ινουλίνης και αλάτισμα με 2% μικτού αλατιού (NaCl/KCl σε αναλογία 3:1) και την επίδραση σε παραμέτρους πήξης, διαφορετική περιεκτικότητα σε λακτόζη του γάλακτος UF, διαφορετική περιεκτικότητα σε ινουλίνη και διαφορετικό είδος και περιεκτικότητα σε αλάτι στις ιδιότητες των τυριών UF με χαμηλά λιπαρά. Η εν λόγω διαδικασία επιτρέπει την παραγωγή ενός προϊόντος με ικανοποιητικές διαιτητικές και λειτουργικές ιδιότητες. Η μειωμένη περιεκτικότητα σε λακτόζη του γάλακτος UF συμβάλλει στη σταθεροποίηση της τιμής του pH σε επαρκές επίπεδο και στην επίτευξη αποδεκτών ιδιοτήτων υφής των τυριών UF με χαμηλά λιπαρά. Η καθορισμένη περιεκτικότητα σε ινουλίνη (1,5 %) βελτίωσε την υφή του τυριού, καθώς και τις λειτουργικές του ιδιότητες, επιτρέποντας στο παραγόμενο τυρί να χαρακτηριστεί ως «καλή πηγή ινών». Η μειωμένη περιεκτικότητα σε νάτριο, λόγω μερικής υποκατάστασης του NaCl με KCl, συμβάλλει επίσης στη βελτίωση των διαιτητικών ιδιοτήτων των τυριών.

Στη μελέτη των Lobato-Callerosetal. (2016), τρία προϊόντα τύπου Panela λευκού φρέσκου τύπου τυριού (PCLP) του Μεξικό παρασκευάστηκαν χρησιμοποιώντας αποβουτυρωμένο γάλα ενσωματωμένο με 6,8 g L⁻¹ γαλακτωματοποιημένου ελαίου canola (CO) και διαφορετικές συγκεντρώσεις χαμηλής μεθοξυλοπηκτίνης (P): 0, 1,25 και 2,5 g L⁻¹. Επιπλέον, τα τυριά τύπου Panela με πλήρες γάλα (FFC) και χαμηλής περιεκτικότητας σε λιπαρά (LFC) γάλακτος παρασκευάστηκαν από γάλα που περιείχε 27 και 6,8 g L⁻¹ λίπους γάλακτος (MF), αντίστοιχα. Οι αλλαγές στη χημική σύνθεση αυτών των τυριών, ειδικά αυτές που αφορούν την περιεκτικότητα σε λιπαρά, έχουν προταθεί λόγω της υπερχοληστερολαιμικής δράσης του γάλακτος-λίπους, που σχετίζεται με καρδιαγγειακά νοσήματα. Μετά από 72 ώρες αποθήκευσης (4 °C), τα συστήματα τυριού υποβλήθηκαν σε εγγύς χημική ανάλυση, προσδιορισμό της υφής του οργάνου και

παρατήρηση μικροδομής χρησιμοποιώντας ηλεκτρονική μικροσκοπία σάρωσης. Τα τυριά παρουσίασαν διαφορές στη χημική σύσταση, τη δομική τους διάταξη και τα χαρακτηριστικά υφής, λόγω της διακύμανσης της χημικής σύστασης του γάλακτος από το οποίο παρασκευάστηκαν. Η πλήρης αντικατάσταση του MF από γαλακτωματοποιημένο CO, είχε ως αποτέλεσμα τα προϊόντα που μοιάζουν με τυρί να έχουν ένα εξαιρετικά πορώδες πρωτεϊνικό δίκτυο, που διακόπτεται από πολλές μικρές σταγόνες λαδιού. Η μεθοξυλοπηκτίνη συνέβαλε στο άνοιγμα του δικτύου πρωτεϊνών των προϊόντων που μοιάζουν με τυρί, παρέχοντας την ικανότητα να διατηρεί μεγαλύτερες αρχικές ποσότητες ορού γάλακτος σε σύγκριση με εκείνες που διατηρούνται στο πρωτεϊνικό δίκτυο του FFC.

Οι Kamath, Basak και Gokhale (2022) αναφέρονται στον όρο «Cheese Analogue (CA)» που μπορεί να περιγραφεί ως προϊόν παρόμοιο με τυρί που παράγεται από μερική ή πλήρη υποκατάσταση συστατικών όπως γάλα, λίπος γάλακτος ή πρωτεΐνη γάλακτος και ενσωμάτωση φυτικών ουσιών καθώς και πρόσθετων όπως ως γαλακτωματοποιητικά άλατα, υδροκολλοειδή, συντηρητικά, παράγοντες οξίνισης και μερικές φορές αρωματικοί παράγοντες (χλωριούχο νάτριο, αρωματικά τυριού κ.λπ.). Το πρόσφατο ενδιαφέρον για τα vegan προϊόντα και τις υγιεινές εναλλακτικές λύσεις έχει τροφοδοτήσει το ενδιαφέρον για την ανάπτυξη αυτού του τύπου τυριών. Με βάση τη μήτρα που εμπλέκεται και τα συστατικά που χρησιμοποιούνται για τη σύνθεση, αυτά τα είδη τυριού μπορούν να ομαδοποιηθούν σε γαλακτοκομικά (καζεΐνη, καζεϊνικά, λίπος γάλακτος, κ.λπ.), μερικώς γαλακτοκομικά (καζεΐνη, καζεϊνικά, σογιέλαιο κ.λπ.) και μη γαλακτοκομικά (πρωτεΐνη καλαμποκιού, πρωτεΐνη σόγιας, σογιέλαιο κ.λπ.).

Η μελέτη των Amelia et al. (2013) στόχο είχε να αναπτύξει μια εναλλακτική διαδικασία για την παραγωγή τυριού Cheddar με χαμηλά λιπαρά (LFCC) συνδυάζοντας τυρί με μειωμένα λιπαρά Cheddar (RFCC) που παρασκευάζεται με διαδικασία αφαίρεσης λίπους με συμπύκνωμα μικκυλιακής καζεΐνης (MCC) για την επίτευξη της υφής και της γεύσης χαρακτηριστικά του πλήρους λιπαρού τυριού Cheddar (FFCC). Το MCC παρήχθη με υπερδιήθηση αποβουτυρωμένου γάλακτος, ακολουθούμενο από τρία στάδια

μικροδιήθησης και το τελικό MCC ξηράνθηκε με ψεκασμό. Το LFCC διαμορφώθηκε για να επιτυγχάνει 6% λίπος, 28% πρωτεΐνη και 1,2% αλάτι με συνδυασμό RFCC, σκόνης MCC, αλατιού και νερού. Ο στόχος 6% λιπαρών επιλέχθηκε για να συμμορφώνεται με το πρότυπο FDA για χαμηλά λιπαρά. Το pH του μίγματος LFCC ρυθμίστηκε στο 5,3 με γαλακτικό οξύ. Στο μείγμα LFCC προστέθηκε πυτιά, ακολουθούμενη από συμπίεση και συσκευασία. Το LFCC είχε 83% λιγότερα λιπαρά, 32% λιγότερο νάτριο και υψηλότερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη και υγρασία από το FFCC. Επίσης, το LFCC είχε χαμηλότερο όγκο πλήρωσης από το FFCC, ωστόσο το LFCC είχε πιο απαλή υφή από το FFCC. Το LFCC περιείχε μέρος της αρχικής μήτρας τυριού FFCC που είχε διαταραχθεί από τη διαδικασία αφαίρεσης λίπους και αυτή η αρχική μήτρα FFCC ήταν ενσωματωμένη στη νέα μήτρα LFCC που σχηματίστηκε από τη δράση της πυτιάς στην καζεΐνη από τη συνεχή φάση του ενυδατωμένου MCC. Έτσι, η υφή του LFCC ήταν επιθυμητή και ήταν πιο απαλή από το FFCC. Η βελτίωση της γεύσης του LFCC μπορεί να περιλαμβάνει την προσθήκη ενός αρωματικού συστατικού (π.χ. τροποποιημένο με ένζυμα τυρί) για την ενίσχυση των παλαιωμένων γεύσεων Cheddar και την κάλυψη ανεπιθύμητων γεύσεων.

1.2.3 Αντικατάσταση λίπους με ελαιοπηκτές

Τα προϊόντα διατροφής περιέχουν σημαντικές ποσότητες λιπών, που περιλαμβάνουν κορεσμένα ή/και ακόρεστα λιπαρά οξέα. Λόγω της σχέσης μεταξύ της κατανάλωσης κορεσμένων λιπαρών και της εμφάνισης αρκετών ασθενειών, μια τάση είναι η εξάλειψή τους από τα τρόφιμα με την εύρεση λύσεων για την ενσωμάτωση άλλων πιο υγιεινών λιπαρών με υψηλή σταθερότητα και δομή παρόμοια με στερεά. Τα πολυακόρεστα φυτικά έλαια είναι πιο υγιεινά για την ανθρώπινη διατροφή, αλλά η υγρή τους σύσταση μπορεί να οδηγήσει σε αδύναμη υφή ή αποστράγγιση λαδιού εάν εισαχθούν απευθείας στα τρόφιμα κατά τη διάρκεια τεχνολογικών διεργασιών. Η χρήση ελαιοπηκτωμάτων που λαμβάνονται μέσω της στερεοποίησης υγρών ελαίων με τη χρήση βρώσιμων ελαιοπηκτωμάτων, έδειξε ενθαρρυντικά αποτελέσματα ως υποκατάστατα λίπους σε πολλά είδη τροφίμων (Perta-Crisanetal., 2023).

Σκοπός της μελέτης του Gab-Allah (2018) ήταν η χρήση κατασκευασμένου ακόρεστου λαδιού στην παρασκευή μαλακού τυριού. Τα ελαιοπήγματα κατασκευάζονταν από ελαιόλαδο (OO) ή ηλιέλαιο (SO) και κερί μέλισσας (BW). Η χρήση ελαιοπηκτών μείωσε ελαφρώς τις τιμές του pH αλλά δεν είχε καμία επίδραση στην υγρασία και την περιεκτικότητα σε λιπαρά του μαλακού τυριού. Το τυρί που παρασκευάζεται με ελαιοπήγματα εμφάνισε υψηλότερες τιμές για τις παραμέτρους υφής και συγκεκριμένα: σκληρότητα, ελαστικότητα, κολλώδες και μασώδες, αλλά ελαφρώς χαμηλότερη συνοχή από το τυρί που παρασκευάζεται με λίπος γάλακτος. Οι ηλεκτρονικές μικρογραφίες σάρωσης ελαιοπηκτών κατέδειξαν ένα συμπαγές δίκτυο με μικρά ομοιόμορφα σταγονίδια λίπους ενσωματωμένα στη μήτρα πρωτεΐνης. Η αισθητηριακή αξιολόγηση έδειξε ότι με τα ελαιοπήγματα μπορεί να παρασκευαστεί μαλακό τυρί αποδεκτής ποιότητας.

Βρώσιμα ελαιοπήγματα από κερί ρυζιού (RBW) ή οργανοπηκτοποιητέαιθυλοκυτταρίνης (EC) σε συνδυασμό με φυτικά έλαια και άλλα μη λιπαρά συστατικά χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή προϊόντων τυριού κρέμας ελαιοπηκτών (OCC). Τέσσερα προϊόντα τυριού, δύο που περιείχαν κερί από πίτουρο ρυζιού (RBW) και δύο με αιθυλοκυτταρίνη (EC), παρασκευάστηκαν και συγκρίθηκαν με δείγματα ελέγχου συμπεριλαμβανομένων δειγμάτων εμπορικού τυριού κρέμας πλήρους και χωρίς λιπαρά στη μελέτη των Limbahetal. (2016). Παρόμοια ανάλυση διεξήχθη επίσης σε δείγμα κρέμας τυριού φτιαγμένο με μη πηκτωματοποιημένο φυτικό έλαιο. Μετά από ανάλυση σύνθεσης, όλα τα δείγματα OCC έδειξαν περίπου 25% μείωση στη συνολική περιεκτικότητα σε λίπος σε σύγκριση με το εμπορικό τυρί πλήρους λίπους. Πιο συγκεκριμένα με την αντικατάσταση των κορεσμένων λιπαρών με πιο υγιεινές εναλλακτικές λύσεις ακόρεστων λιπαρών, τεκμηριώθηκε ένα βελτιωμένο προφίλ λιπαρών οξέων των προϊόντων τυριού κρέμα. Χρησιμοποιώντας μια δοκιμή απλής διείσδυσης και μια δοκιμή σάρωσης στελέχους, τα δείγματα OCC που παρασκευάστηκαν με κερί από πίτουρο ρυζιού εμφάνισαν συγκρίσιμες τιμές σκληρότητας, ικανότητας επάλειψης και κολλώδους με το πλήρες εμπορικό δείγμα ελέγχου. Τα δείγματα OCC αιθυλοκυτταρίνης έδειξαν επίσης συγκρίσιμες τιμές σκληρότητας, ικανότητας επάλειψης

και κολλώδους, αλλά εμφάνισαν μειωμένες τιμές συγκολλητικότητας σε σύγκριση με τον έλεγχο πλήρους λίπους. Επιβεβαιώθηκε η επιτυχής μικροδομική ενσωμάτωση ελαιοπηκτών σε ένα άλειμμα τυριού κρέμα καθώς και οι ομοιότητες στο μέγεθος των σφαιριδίων λίπους μεταξύ των δειγμάτων OCC και των εμπορικών τυριών. Η ομοιότητα στη μικροδομή μπορεί να εξηγηθεί για τις ομοιότητες στις ιδιότητες υφής μεταξύ των δειγμάτων OCC και του τυριού πλήρους.

Στη μελέτη των Moonetal. (2021), το λάδι canola δομήθηκε σε ελαιοπήγματα με διαφορετικές ποσότητες κεριού καρναούμπα και οι επιδόσεις επεξεργασίας τους αξιολογήθηκαν ως εναλλακτική λύση στα στερεά λιπαρά για απομίμηση τυριού χαμηλής περιεκτικότητας σε κορεσμένα λιπαρά. Τα περιεχόμενα στερεού λίπους στα ελαιοπήγματα ήταν λιγότερο ευάλωτα στην αλλαγή της θερμοκρασίας από το φοινικέλαιο. Η αντικατάσταση του φοινικέλαιου με ελαιοπήγματα παρήγαγε δείγματα τυριού με πιο σκληρή και πιο συνεκτική/μαστιχωτή υφή. Δυναμικές και παροδικές ιξωδοελαστικές μετρήσεις κατέδειξαν ότι η χρήση ελαιοπηκτωμάτων ήταν αποτελεσματική στην αύξηση της ελαστικότητας των τυριών. Δύο διακριτά συστατικά με διαφορετική κινητικότητα πρωτονίων παρατηρήθηκαν στα απομιμήσεις τυριών και ανιχνεύθηκαν μεγαλύτεροι χρόνοι χαλάρωσης T2 στα δείγματα ελαιοπηκτών. Ως προς το πόσο λιώνει το τυρί με φοινικέλαιο δεν διαπιστώθηκε σημαντική διαφορά από τα δείγματα με ελαιοπήγματα 3% και 6%. Το επίπεδο κορεσμένων λιπαρών του τυριού με ελαιοπηκτές μειώθηκε σημαντικά από 45,70 σε 5,20%. Η εφαρμογή ελαιολάδου ελαιοκράμβης-καρναούμπα θα μπορούσε να παράγει επιτυχώς απομίμηση τυριού με υψηλή περιεκτικότητα σε ακόρεστα λιπαρά και χαμηλή σε κορεσμένα λιπαρά και οι διατροφικές και λειτουργικές ιδιότητες του απομίμησης τυριού θα μπορούσαν να βελτιωθούν με τη χρήση ελαιοπηκτών.

1.3 Τυριά τυρογάλακτος

Ένα ουσιαστικό μέρος της διαδικασίας τυροκομίας είναι η μετατροπή ενός γάλακτος (υγρού) σε στερεό υλικό (το τυρόπηγμα), το οποίο περιέχει την καζεΐνη και το λίπος του

γάλακτος, αλλά έχει αποβάλει το κύριο μέρος του νερού και, συνήθως, τον ορό γάλακτος, πρωτεΐνες και μέρος της περιεκτικότητάς του σε λακτόζη. Αυτό επιτυγχάνεται με την πήξη της καζεΐνης στο γάλα με την προσθήκη πυτιάς και την επακόλουθη αποβολή του ορού γάλακτος με συναίρεση της γέλης καζεΐνης. Το τυρόπηγμα αποτελεί έτσι τη βάση του τυριού που αργότερα τροποποιείται με διαδικασίες όπως το πάτημα, το αλάτισμα και η ωρίμανση. Στα περισσότερα τυριά η δομή του τυροπήγματος παραμένει σε μεγάλο βαθμό αμετάβλητη κατά την υπόλοιπη διαδικασία τυροκομίας, αν και η πρωτεόλυση και η διαλυτοποίηση του ασβεστίου κατά την ωρίμανση μπορούν να αλλάξουν σημαντικά τη μήτρα καζεΐνης. Ο σχηματισμός τυροπήγματος στον κάδο του τυριού είναι επομένως σημαντικός για τον έλεγχο της δομής, της περιεκτικότητας σε υγρασία και των ρεολογικών ιδιοτήτων του τυριού (Janhøj&Qvist, 2010).

Στη μελέτη των AlmeidaSoaresetal. (2013) αξιολογήθηκε η μικροβιολογική και φυσικοχημική ποιότητα του τυροπήγματος που διατίθεται στο εμπόριο στο Alagoas της Βραζιλίας. Συλλέχθηκαν τριάντα δείγματα σε διάστημα πέντε μηνών σε έξι σημεία πώλησης. Υπολογίστηκε ο αριθμός των θετικών στην κοαγουλάση σταφυλόκοκκου και κολοβακτηριδίων, καθώς και η παρουσία *Salmonellaspp.* και *Listeriamonocytogenes*. Όσον αφορά τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά, αξιολογήθηκαν το pH, η περιεκτικότητα σε λίπος και η υγρασία. Μεταξύ των τριάντα δειγμάτων που αναλύθηκαν, 20 (66,6%) ήταν σύμφωνα με τις παραμέτρους της βραζιλιάνικης νομοθεσίας για τα κολοβακτηρίδια, ενώ 10 (33,3%) ξεπέρασαν αυτά τα όρια. Για τον σταφυλόκοκκο θετικό στην κοαγουλάση, 15 δείγματα (50%) έδειξαν τιμές πάνω από τις επιτρεπόμενες από τη νομοθεσία. Κανένα από τα δείγματα που αναλύθηκαν δεν περιείχε *Salmonellaspp.* ή *Listeriamonocytogenes*. Όσον αφορά τις φυσικοχημικές παραμέτρους, οι μέσες τιμές που παρατηρήθηκαν ήταν 5,89 για το pH, 23,6% για την περιεκτικότητα σε λιπαρά και 46,96 g/100 g για την υγρασία. Συνολικά, τα αποτελέσματα που προέκυψαν αντανakλούν τις κακές συνθήκες υγιεινής που παρατηρήθηκαν από την παρασκευή έως την εμπορευματοποίηση, υποδεικνύοντας έναν πιθανό κίνδυνο για την υγεία των καταναλωτών.

Τα τυριά τυρογάλακτος διέπονται από τον άρθρο 83 του Κώδικα Τροφίμων και Ποτών (2014), όπου αποσαφηνίζεται ότι: «Τυριά τυρογάλακτος χαρακτηρίζονται τα τυριά, τα οποία λαμβάνονται με ισχυρή θέρμανση τυρογάλακτος (με ή χωρίς οξίνιση) και με ή χωρίς προσθήκη: α) γάλακτος (πρόσγαλα), β) γάλακτος και κρέμας γάλακτος (αφρόγαλα), γ) βρώσιμου χλωριούχου νατρίου (κ. αλάτι), τα οποία μπορούν να διατεθούν νωπά (φρέσκα) [μερικά από αυτά μπορούν να διατεθούν και με μερική αφυδάτωση (ξηρά) και άλλα κατόπιν ωρίμανσης] και των οποίων η υγρασία δεν υπερβαίνει το 70%». Τα τυριά τυρογάλακτος επιτρέπεται να διατίθενται στην κατανάλωση σε ποιότητες που παρουσιάζονται στον Πίνακα 1

Πίνακας 1. Ποιότητες τυριών τυρογάλακτος

Κατηγοριοποίηση ποιότητας	Μέγιστη υγρασία (%)	Ελάχιστο λίπος (% , επίξηρήσουσίας)
α) Εξαιρετική ποιότητα	60	70%
β) Πρώτη ποιότητα	65	65%
γ) Δεύτερη ποιότητα	70	50%
δ) Μερικώς αποβουτυρωμένα	70	33,3% (συμπ/νου) - 50% (ή 10% σε τυρί ως έχει)

Στην παρ. 3.4 του άρθρου 83 αποσαφηνίζονται τα επιτρεπόμενα πρόσθετα και βοηθητικά τεχνολογίας παρασκευής, ως εξής:

«Επιτρέπεται η χρήση προσθέτων του παραρτήματος Ι του άρθρου 33 του Κώδικα Τροφίμων: Γαλακτικό οξύ E270, κιτρικό οξύ E330, γλυκονο-δ-λακτόνη E575, οξικό οξύ E260 σύμφωνα με τους όρους του παραρτήματος ΙΙ του εν λόγω άρθρου»

«Επιτρέπεται η χρήση προσθέτων του Παραρτήματος III. Συντηρητικά και αντιοξειδωτικά του άρθρου 33 του Κώδικα Τροφίμων σύμφωνα με τους όρους του εν λόγω παραρτήματος 1) Σορβικά E200, E202, E203 σε μέγιστο ποσοστό: α) 1000 mg/kg σε τυριά τυρογάλακτος χωρίς ωρίμανση και τυριά τυρογάλακτος με πρόσθετα τρόφιμα, β) 2000 mg/kg σε απομιμήσεις τυριών τυρογάλακτος με βάση πρωτεΐνες, 2) Σορβικά: E200, E202, E203, προπιονικά E280, E281, E282, E283 σύμφωνα με την αρχή του quantum satis, για επιφανειακή επεξεργασία μόνο τυριών και απομιμήσεων τυριών 3) Νισίνη E234 σε mascarpone και μέγιστο ποσοστό χρήσης 10 mg/kg».

2. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η δημιουργία ενός καινοτόμου προϊόντος που είναι περισσότερο υγιεινό και εντάσσεται στο πλαίσιο της κυκλικής οικονομίας διότι:

- α) δεν περιέχει ζωικά λίπη αλλά έλαιο καφέ το οποίο είναι φυτικής προέλευσης,
- β) η ποσότητα λιπαρών είναι μειωμένη λόγω της μορφής της ελαιοπηκτής,
- γ) γίνεται χρήση ελαίου καφέ από χρησιμοποιημένα υπολείμματα καφέ.

Ουσιαστικά, ο πρώτος στόχος αυτής της πειραματικής διαδικασίας ήταν να δημιουργηθεί ένα προϊόν τυριού, το οποίο θα έχει λιγότερα λιπαρά, λαμβάνοντας υπόψη και τις αρνητικές επιπτώσεις των λιπαρών οξέων στην ανθρώπινη υγεία, όπως αναφέρθηκαν παραπάνω. Ένας ακόμη στόχος ήταν να δημιουργηθεί ένα τέτοιο προϊόν το οποίο θα είναι φιλικό προς το περιβάλλον, λαμβάνοντας υπόψη τις πιέσεις διαφόρων ενδιαφερομένων μερών (π.χ. εθνικές ρυθμιστικές αρχές, διεθνείς φορείς, καταναλωτές) για φιλοπεριβαλλοντικά προϊόντα, τα οποία σέβονται ταυτόχρονα το περιβάλλον και παράλληλα την ανθρώπινη υγεία, αλλά και το αίτημα ολοένα και περισσότερων καταναλωτών για ποιοτικά τρόφιμα, χαμηλά σε λιπαρά, στο πλαίσιο της υγιεινής διατροφής. Τέλος, θα πρέπει να σημειωθεί πως, στο πλαίσιο της προώθησης της πράσινης οικονομίας και ανάπτυξης, ενισχύονται οι πρωτοβουλίες κυκλικής οικονομίας, που συνεισφέρουν στην ορθολογική διαχείριση των πόρων. Για τον λόγο αυτό, στο νέο προϊόν η αντικατάσταση των λιπαρών του τυριού έγινε με έλαια χρησιμοποιημένου καφέ.

3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

3.1 Πρώτες ύλες

Για την παρασκευή των ελαιοπηκτών αλλά και του αλοιφώδους τυριού χρησιμοποιήθηκαν πρωτεΐνη τυρογάλακτος (WPC), με περιεκτικότητα πάνω από 80% σε πρωτεΐνη και λάδι καφέ το οποίο είχε προηγουμένως εκχυλιστεί από αλεσμένους και χρησιμοποιημένους κόκκους καφέ ποικιλίας Arabica (απόβλητο παραγωγής ροφημάτων καφέ).

Για την παρασκευή των μεμβρανών χρησιμοποιήθηκε WPC (>80%), και καθαρή γλυκερόλη (>99%). Το αιθέριο έλαιο ρίγανης που χρησιμοποιήθηκε ως πρόσθετο αντιμικροβιακό συστατικό στις μεμβράνες ήταν από την εταιρία Chemco. Επίσης, για την Παρασκευή των ελαιοπηκτών χρησιμοποιήθηκαν φυσικοί κηροί υψηλής καθαρότητας, όπως ο κηρός καντελίλλα (candelillawax, CW), ως πηκτικοί παράγοντες. Όλα τα υπόλοιπα αντιδραστήρια και οι διαλύτες που χρησιμοποιήθηκαν ήταν επίσης υψηλής καθαρότητας.

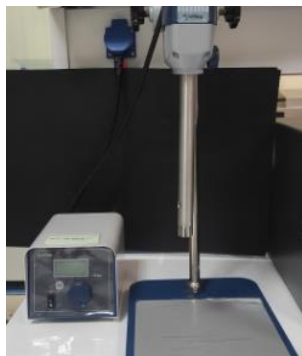
3.2 Εκχύλιση ελαίου καφέ

Για την παραγωγή ελαίου καφέ ακολουθήθηκαν τα στάδια όπως αναφέρονται παρακάτω. Αρχικά ζυγίστηκε ποσότητα καφέ, ο οποίος είχε προηγουμένως ξηραθεί σε χαμηλή θερμοκρασία (50 °C), και αναμίχθηκε με εξάνιο σε αναλογία 1g καφέ / 10mL εξάνιο και το μείγμα αναδεύτηκε για δύο ώρες. Έπειτα ακολούθησε διήθηση του μείγματος δύο φορές με διηθητικό χαρτί κι έπειτα εξάτμιση του διαλύτη με χρήση περιστροφικού εξατμιστήρα υπό κενό. Το λάδι του καφέ συλλέχθηκε σε φιάλη και αποθηκεύτηκε σε σκοτεινό και δροσερό μέρος έως ότου χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ελαιοπηκτής.

3.3 Παραγωγή ελαιοπηκτής

Στην παρούσα εργασία παράχθηκε πρωτεϊνική ελαιοπηκτική με βάση την πρωτεΐνη τυρογάλακτος και το λάδι καφέ. Ειδικότερα, παρασκευάστηκε διάλυμα πρωτεΐνης 20% (w/w) το οποίο ενυδατώθηκε για 2 ώρες υπό ανάδευση, σε θερμοκρασία δωματίου και στη συνέχεια αποθηκεύτηκε στους 4 °C για 12 ώρες. Στη συνέχεια, το pH ρυθμίστηκε στο 5,7 με προσθήκη HCl 1M και το διάλυμα θερμάνθηκε στους 85 °C για 15 min. Ακολούθησε άμεση ψύξη του διαλύματος και ομογενοποίηση στις 11000rpm για 3 min με χρήση ομογενοποιητή υψηλών στροφών (Εικόνα 1). Η υδρογέλη που παράχθηκε ψύχθηκε στους -80 °C για 24 h, αμέσως μετά λυοφιλιώθηκε για 72 ώρες, προκειμένου να παρασκευαστεί η αερογέλη (aerogel). Η αερογέλη θρυμματίστηκε χρησιμοποιώντας κοινό αναδευτήρα χειρός (blender) για 1min (Plazzotta et al., 2020).

Στη συνέχεια η πρωτεϊνική αερογέλη χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή ελαιοπηκτής (oleogel). Πιο συγκεκριμένα, σε 1 g αερογέλης προστέθηκαν 10mL λάδι καφέ. Η ελαιοπηκτική ομογενοποιήθηκε στις 11000rpm για 3 min και ακολούθησε φυγοκέντριση (4800 rpm, 10 min, 20 °C). Η διαδικασία αυτή έγινε εις διπλούν για την απομάκρυνση της περίσσειας ελαίου και την παραλαβή της πηκτής (Plazzotta et al., 2020).



Εικόνα 1. Ομογενοποιητής ράβδου υψηλών στροφών που χρησιμοποιήθηκε κατά τη διάρκεια των πειραμάτων.

3.4 Παραγωγή αλοιφώδους τυριού μελαιοπηκτή

Για την διαδικασία παραγωγής τυριού ακολουθήθηκε η εξής διαδικασία: 20 g πρωτεΐνης τυρογάλακτος προστέθηκαν σε 500 mL αγελαδινού γάλακτος (0% λιπαρά) και αφέθηκαν να αναδευτούν για να ενυδατωθεί η πρωτεΐνη. Έπειτα, προστέθηκε κιτρικό οξύ (10% w/v) μέχρι το pH να φτάσει 5,2 και ακολούθησε θέρμανση στους 90 °C υπό ανάδευση. Μόλις η θερμοκρασία έφτασε τους 90 °C η ανάδευση σταμάτησε και η θέρμανση συνεχίστηκε σε σταθερή θερμοκρασία για 30 min. Στη συνέχεια, το μίγμα αφέθηκε να έρθει σε θερμοκρασία δωματίου και στραγγίστηκε προκειμένου να διαχωριστεί το πήγμα τυριού από το υγρό κλάσμα (τυρόγαλο).

Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκαν δοκιμές ανάμιξης μεταξύ του παραγόμενου τυριού και του τυρογάλακτος σε διάφορες αναλογίες έως ότου προκύψει ένα αλοιφώδες τυρί με ανάλογη υφή με αυτή των εμπορικών. Ειδικότερα, δοκιμάστηκαν διάφορες αναλογίες τυριού: τυρογάλακτος(1:0,9/1:0,5/1:0,4/1:0,6/1,5/1)(w:w) ακολούθησε ανάμιξη για 2,5 min και εν συνεχεία προσθήκη της κατάλληλης ποσότητας ελαιοπηκτικής (ανάδευση για άλλα για 2,5 min) προκειμένου να αντικατασταθούν τα 3,5% λιπαρά που θα περιείχε το τυρί εάν χρησιμοποιούνταν γάλα 3,5% αντί για 0%.

3.5 Ανάπτυξη βιώσιμης συσκευασίας αλοιφώδους τυριού/ελαιοπηκτής με χρήση πρωτεϊνικών μεμβρανών

Για την ανάπτυξη νέας βιώσιμης συσκευασίας χρησιμοποιήθηκε γυάλινος περιέκτης μέσα στον οποίον συσκευάστηκαν τα αλοιφώδη τυριά. Ο γυάλινος περιέκτης σφραγίστηκε με την πρωτεϊνική μεμβράνη. Προκειμένου να γίνει σύγκριση αντίστοιχοι περιέκτες σφραγίστηκαν με πλαστικό φύλλο μεμβράνης κατάλληλο για τρόφιμα. Συγκεκριμένα, η συσκευασία σφραγίστηκε με τις εξής μεμβράνες:

α) συμβατική πλαστική (PL),

β) πρωτεΐνη τυρογάλακτος και αιθέριο έλαιο ρίγανης (WPC+EO) και

γ) πρωτεΐνη τυρογάλακτος, βακτηριακή κυτταρίνη και αιθέριο έλαιο ρίγανης (WPC+BC+EO).

Αυτές οι μεμβράνες επιλέχθηκαν καθώς δύναται να αυξήσουν τον χρόνο ζωής του προϊόντος λόγω της αντιμικροβιακής τους δράσης, σύμφωνα με προηγούμενες μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί στο εργαστήριο. Οι πρωτεϊνικών μεμβράνες παρασκευάστηκαν ως εξής:

3.5.1 Παραγωγή πρωτεϊνικής μεμβράνης

Παρασκευάστηκε υδατικό διάλυμα πρωτεΐνης τυρογάλακτος 7% (w/w). Το pH ρυθμίστηκε στο 8 με καυστικό νάτριο 1N και ακολούθησε η μετουσίωση του διαλύματος στους 80 °C για 30 min, υπό ανάδευση, σε υδατόλουτρο. Στη συνέχεια, το διάλυμα ψύχθηκε αμέσως με σκοπό να μην μετουσιωθεί περαιτέρω, κι όταν βρισκόταν σε θερμοκρασία περιβάλλοντος προστέθηκε γλυκερόλη (40%, w/w επί του βάρους της πρωτεΐνης) και αιθέριο ελαίο ρίγανης (43% v/w, υπολογισμένο επί της ποσότητας της πρωτεΐνης). Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε ομογενοποίηση σε ομογενοποιητή υψηλών στροφών στις 1200 rpm για 10 min. Το διάλυμα τοποθετήθηκε σε λουτρό υπερήχων για 10 min κατ' ελάχιστο ώστε να απομακρυνθούν οι φυσαλίδες (Εικόνα 2). Για την επίστρωση των μεμβρανών, χρησιμοποιήθηκαν 9 mL διαλύματος σε καλούπι σιλικόνης διαμέτρου περίπου 9 cm. Οι μεμβράνες αφέθηκαν να στεγνώσουν σε θάλαμο ελεγχόμενων συνθηκών (25±1 °C, σχετική υγρασία 55±2%) για 1 ημέρα. Αφού στέγνωσαν, τοποθετήθηκαν σε υάλινο περιέκτη που κλείνει αεροστεγώς, στους 25±2 °C και σχετική υγρασία 50±2% με χρήση κορεσμένου διαλύματος νιτρικού μαγνησίου.

Στην περίπτωση παρασκευής μεμβρανών με βακτηριακή κυτταρίνη (BC, BacterialCellulose) (10%w/w), υπολογισμένο επί της ποσότητας της πρωτεΐνης), αυτό προστέθηκε στο διάλυμα πριν την διαδικασία της θέρμανσης.



Εικόνα 2. Λουτρό υπερήχων που χρησιμοποιήθηκε κατά τη διάρκεια των πειραμάτων

3.5.2 Ανάπτυξη βιώσιμης συσκευασίας του αλοιφώδους τυριού με χρήση πρωτεϊνικών μεμβρανών

Ομοιογενή δείγματα από το τυρί/ελαιοπηκτή που φτιάχτηκε στην ενότητα 3.1 βάρους περίπου 20 g συσκευάστηκαν σε γυάλινο περιέκτη και σφραγίστηκαν με τις πρωτεϊνικές μεμβράνες με σκοπό να αντικατασταθεί η συμβατική πλαστική μεμβράνη που χρησιμοποιείται συνήθως. Ακολούθησε αποθήκευση των συσκευασμένων τυριών στους 7 °C για 18 μέρες. Δείγματα τυριών παραλαμβάνονταν ανά τακτά χρονικά διαστήματα προκειμένου να ελεγχθεί η μικροβιολογική σταθερότητα του προϊόντος, ο χρόνος ζωής και άλλα χημικά χαρακτηριστικά, που περιγράφονται στις παρακάτω ενότητες.

3.6 Αναλυτικές μέθοδοι

3.6.1 Προσδιορισμός pH τυριού

Για τη μέτρηση του pH ακολουθήθηκε μία διαδικασία τριών βημάτων. Αρχικά τοποθετήθηκε 1g δείγμα τυρί σε πλαστικό περιέκτηfalcon, όπου προστέθηκαν 10mLdH₂O και ομογενοποιήθηκε με vortex. Ακολούθησε η φυγοκέντρωση στους 20 °C, 4800 rpm για 15 λεπτά. Τέλος, στο υπερκείμενο τοποθετήθηκε το ηλεκτρόδιο από το πεχάμετρο και σημειώθηκε η τιμή έπειτα από τη σταθεροποίηση.

3.6.2 Προσδιορισμός ολικής οξύτητας τυριού

Η διαδικασία για τον προσδιορισμό της ολικής οξύτητας τυριού έγινε σύμφωνα με την μέθοδο AOAC 920.124. Αρχικά λήφθηκε 1 g τυρί και προστέθηκε ζεστό dH₂O νερό μέχρι να φθάσει 10 g. Αυτό ομογενοποιήθηκε με vortex. Το μείγμα φιλτραρίστηκε και το διήθημα τοποθετήθηκε σε κωνική φιάλη των 100mL. Έπειτα, προστέθηκεφαινολοφθαλείνη και ακολούθησετιτλοδότηση με 0,1N NaOH. Η οξύτητα υπολογίστηκε ως εξής:

$$\text{Οξύτητα (\% ως γαλακτικό οξύ)} = \frac{(0,009 \times \text{mL NaOH που καταναλώθηκαν} \times 100)}{\text{g δείγματος}}$$

3.6.3 Προσδιορισμός υγρασίας τυριού

Για το προσδιορισμό της υγρασίας ακολουθήθηκε μία διαδικασία πέντε βημάτων. Αρχικά διεξήχθη προζύγισμα γυάλινου περιέκτη, στον οποίο έπειτα προστέθηκε περίπου 5g δείγματος τυριού. Το δείγμα αυτό τοποθετήθηκε σε κλίβανο ξήρανσης στους 100 °C για 24 ώρες. Η μέτρηση βασίστηκε στον τύπο:

ΥΓΡΑΣΙΑ(%)

$$= \frac{(\text{ΒΑΡΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ΠΡΙΝ ΤΗ ΞΗΡΑΝΣΗ} - \text{ΒΑΡΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΞΗΡΑΝΣΗ}) \times 100}{\text{ΒΑΡΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΞΗΡΑΝΣΗ}}$$

3.6.4 Προσδιορισμός περιεκτικότητας τυριού σε πρωτεΐνη

Το πρωτεϊνικό περιεχόμενο των τυριών αναλύθηκε με τη μέθοδο Kjeldahl. Η εν λόγω μέθοδος αποτελείται από τρία στάδια: Πέψη, Απόσταξη αμμωνίας και Προσδιορισμός αμμωνίας.

Κατά το πρώτο στάδιο, το στάδιο της πέψης, ακολουθήθηκε η εξής διαδικασία. Αρχικά σε φιάλη Kjendahl τοποθετούνται περίπου 1 g δείγματος μέσα σε ειδικό χαρτί. Έπειτα τοποθετείται μια ταμπλέτα στο δείγμα και σε μια άλλη φιάλη η οποία δεν περιέχει δείγμα ώστε να είναι ο μάρτυρας. Σε αυτό προστέθηκαν 25mL H₂SO₄ και μια σταγόνα αντιαφριστικού υλικού. Η φιάλη τοποθετείται στη συσκευή καύσης Kjeldhal και ρυθμίζεται η θερμοκρασία στους 420°C όπου η φιάλη θα παραμένει για μία ώρα. Τέλος, η φιάλη αφήνεται να κρυώσει σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.

Το δεύτερο στάδιο που είναι το στάδιο απόσταξης αμμωνίας, η φιάλη μεταφέρεται στη συσκευή απόσταξης Kjeldahl, όπου γίνεται αυτόματη προσθήκη 30mLdH₂O νερού και 100 mLNaOH 10N. Τέλος, η αμμώνια αποστάζεται και το απόσταγμα συλλέγεται στην κωνική φιάλη οποία περιέχει 50 mLH₃BO₃ 4%.

Στο τρίτο στάδιο του προσδιορισμού αμμωνίας αρχικά γίνεται τιτλοδότηση με πρότυπο διάλυμα HCl 0,1N και στη συνέχεια από την κατανάλωση του HCl υπολογίζονται το περιεχόμενο άζωτο και η περιεχόμενη πρωτεΐνη από τους τύπους:

$$\%Nitrogen = \frac{[(mL\ HCl\ sample - mL\ HCl\ blank) \times 0,1\ N\ HCl \times 14,007 \times 100]}{mg\ sample}$$

$$\%Protein = \%Nitrogen \times 6,38$$



Εικόνα 3.Συσκευή προσδιορισμού πρωτεΐνης κατά Kjeldahl που χρησιμοποιήθηκε κατά τη διάρκεια των πειραμάτων

3.6.5 Προσδιορισμός περιεκτικότητας τυριού σε λίπος

Η μεθοδολογία ανάλυσης του λίπους που ακολουθήθηκε ήταν σύμφωνα με την επίσημη μέθοδο AOAC 933.05. Αρχικά διαλύθηκε 1 g τυρί σε 9 mL H_2O νερό και τοποθετήθηκε σε σφαιρική. Προστέθηκε 1 mL αμμωνία και 2-3 σταγόνες δείκτη φαινολοφθαλεΐνης, κι ακολούθησε εξουδετέρωση με HCl 5N μέχρι να γίνει άχρωμο από ροζ. Στη συνέχεια, προστέθηκαν 10mL πυκνό HCl, πέτρες βρασμού και ακολούθησε βρασμός για 20 λεπτά. Το μείγμα αφέθηκε να κρυώσει και έπειτα έγινε προσθήκη 10mL αιθανόλη 95%. Ακολούθησε φυγοκέντριση 5min, 4000rpm, 20 °C και τοποθέτηση υπερκείμενου σε διαχωριστική χοάνη και προσθήκη 25 mL διαυθλαιθέρα. Μόλις προστέθηκε στην διαχωριστική φιάλη κλείστηκε το πώμα, ανακινήθηκε το μείγμα και εκτονώθηκε ανοίγοντας την βαλβίδα. Στη συνέχεια έγινε προσθήκη 25mL πετρελαϊκού αιθέρα, ακολουθώντας ανακίνηση και εκτόνωση του μίγματος. Το μείγμα αφέθηκε όλο το βράδυ

ώστε να διαχωριστούν οι φάσεις. Ακολούθησε παραλαβή της πάνω φάσης, μέσω διηθητικού χαρτιού και με Na₂SO₄, σε προζυγισμένη σφαιρική φιάληκι εξάτμιση των διαλυτών με χρήση περιστροφικού εξάτμιστήρα υπό κενό. Το λίπος υπολογίστηκε από τον τύπο:

$$\text{ΛΙΠΟΣ (\%)} = (\text{ΒΑΡΟΣ ΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΕΞΑΤΜΙΣΗ} \\ - \text{ΒΑΡΟΣ ΠΡΟΖΥΓΙΣΜΕΝΗΣ ΣΦΑΙΡΙΚΗΣ}) \times 100$$

3.6.6 Προσδιορισμός φυσικοχημικών χαρακτηριστικών του συσκευασμένου αλοιφώδους τυριού

Το pH, η υγρασία και η ολική οξύτητα προσδιορίστηκαν σύμφωνα με τις μεθόδους που περιγράφονται πιο πάνω.

Η % μεταβολή του βάρους, προκειμένου να προσδιοριστεί τυχόν απώλεια βάρους του συσκευασμένου τυριού λόγω της μεμβράνης, εκφράστηκε ως προς το αρχικό βάρος του συσκευασμένου τυριού χωρίς την επικάλυψη. Τέλος, αναλύθηκε και η υγρασία του τυριού, λαμβάνοντας δείγματα τα οποία ξηράθηκαν στους 100 °C για 24 h και μετρώντας το βάρος του δείγματος πριν και μετά την ξήρανση σε ζυγό ακριβείας.

3.6.7 Προσδιορισμός μικροβιολογικής σταθερότητας του συσκευασμένου αλοιφώδους τυριού

Ο προσδιορισμός της μικροβιολογικής σταθερότητας των συσκευασμένων τυριών με χρήση των μεμβρανών που αναπτύχθηκαν έγινε με βάση την αξιολόγηση των πληθυσμών αλλοιογόνων μικροοργανισμών, που αφορούν κυρίως σε εντεροβακτήρια, ψευδομονάδες ζύμες και μύκητες. Επιπλέον σε κάθε δειγματοληψία καταμετρήθηκε και η ολική μεσόφιλη χλωρίδα των δειγμάτων καθώς και η παρουσία λακτοβακίλων (*Lactobacilli*). Για την εκτίμηση του μικροβιακού φορτίου η ακριβής απαρίθμηση των πληθυσμών έγινε με τη μέθοδο των δεκαδικών διαδοχικών αραιώσεων και τα αποτελέσματα των αποικιών της εκάστοτε ομάδας μικροοργανισμού εκφράστηκαν σε log CFU/mL. Η καταμέτρηση του πληθυσμού των *Enterobacteriaceae* πραγματοποιήθηκε με

τη μέθοδο της ενσωμάτωσης σε θρεπτικό υπόστρωμα Violet Red BileGlucoseAgar (VRBGA) με επώαση στους 37 °C για 24h. Η ανίχνευση των *Pseudomonasspp.* έγινε σε υπόστρωμα Cephaloridinefucidincetrimide (CFC) στους 37 °C για 24h, ενώ η παρουσία ζυμών και μυκήτων έγινε με τη μέθοδο της επίστρωσης σε υπόστρωμα YeastGlucoseChloramphenicol (YGC) και επώαση στους 30 °C για 72h. Η ομάδα των *Lactobacilli* καταμετρήθηκε σε υπόστρωμα MRSagar με τη μέθοδο της ενσωμάτωσης. Τέλος η ολική μεσόφιλη χλωρίδα μετρήθηκε σε γενικό υπόστρωμα PlateCountAgar (PCA).

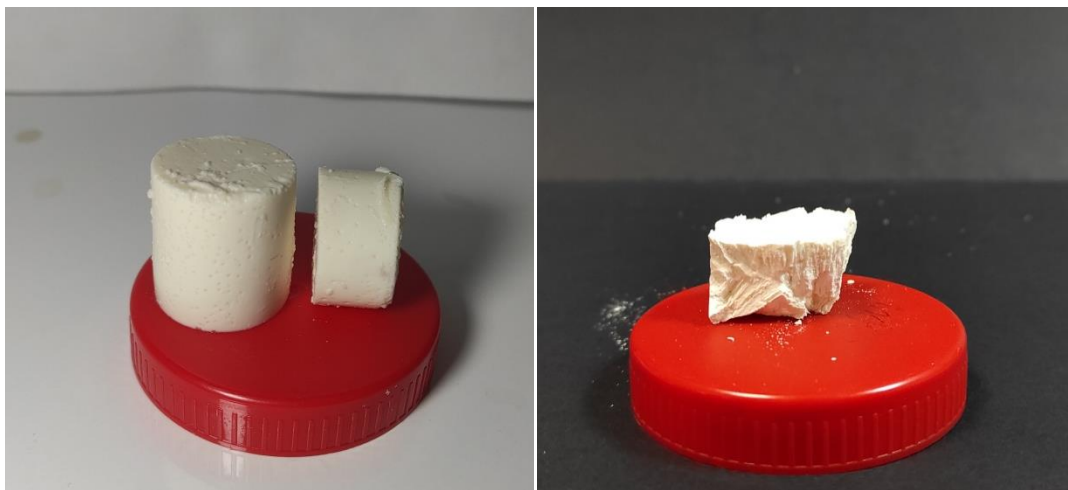
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

4.1 Παραγωγή και φυσικοχημικά χαρακτηριστικά παραγόμενων τυριών

Κατά το πρώτο πειραματικό στάδιο, παράχθηκαν ελαιοπηκτές χρησιμοποιώντας το έλαιο του καφέ. Στο πρώτο στάδιο παρασκευής της ελαιοπηκτής παράχθηκε υδρογέλη πρωτεΐνης, όπως φαίνεται στην Εικόνα 4. Στη συνέχεια, η υδρογέλη μετατράπηκε σε αερογέλη μέσω λυοφιλίωσης (Εικόνα 4), ενώ η ελαιοπηκτή δημιουργήθηκε από την ανάμιξη αερογέλης και ελαίου καφέ. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η ικανότητα συγκράτησης ελαίου της αερογέλης ήταν 3,47 g/g (oil binding capacity). Ως εκ τούτου, η ελαιοπηκτή είχε περιεκτικότητα σε έλαιο 3,47 g/g (oil content).

$$OC (g_{oil}/g_{oleogel}) = \frac{W_{oleogel} - W_{aerogel}}{W_{oleogel}}$$

$$OHC (g_{oil}/g_{aerogel}) = \frac{W_{oleogel} - W_{aerogel}}{W_{aerogel}} \times 100$$



Εικόνα 4. Μακροσκοπική απεικόνιση υδρογέλης που παράχθηκε από πρωτεΐνη τυρογάλακτος (αριστερά) και αερογέλης που παράχθηκε μέσω λυοφιλίωσης της υδρογέλης.

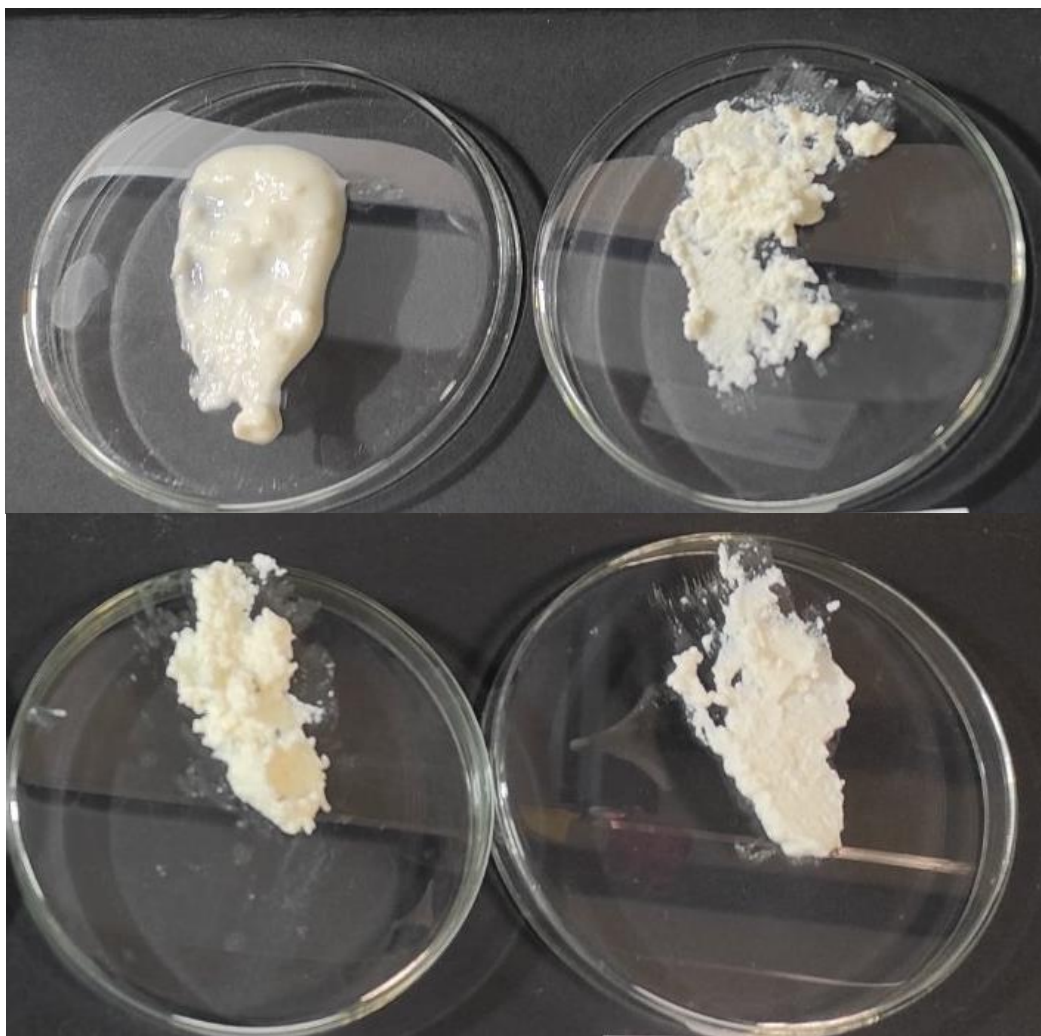
Στη συνέχεια, παράχθηκε τυρί χρησιμοποιώντας πρωτεΐνη τυρογάλακτος και γάλα με 0% λιπαρά, η σύσταση του οποίου φαίνεται στον Πίνακα 2. Όπως παρατηρείται το τυρί αυτό περιείχε 6,7% πρωτεΐνη, 51,7% λίπος (επί ξηρού βάρους). Σε αυτό το τυρί βασίστηκε το επόμενο πείραμα που είχε ως στόχο την ανάπτυξη ενός νέου αλοιφώδους τυριού με βελτιωμένα χαρακτηριστικά.

Πίνακας 2. Χαρακτηρισμός των παραγόμενων τυριών

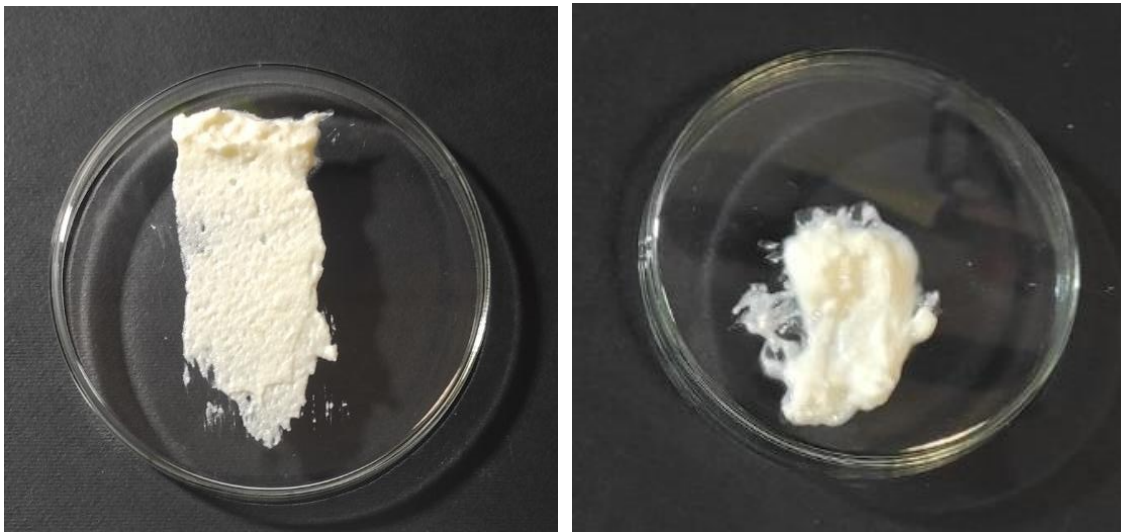
Είδος τυριού	pH	Οξύτητα (%)	Υγρασία (%)	Λίπος (%) [% επί ξηρού]	Πρωτεΐνη (%) [% επί ξηρού]
Τυρί με γάλα 0%	5,7	0,97	65,5	0,4	24,0
Αλοιφώδες τυρί με ελαιοπηκτή από έλαιο καφέ	5,8	0,66	73,1	1,8 [6,7]	13,9 [51,7]
Εμπορικό αλοιφώδες τυρί	4,7	1,68	58,0	8,7 [20,7]	16,6 [39,5]

Ειδικότερα, οι παραγόμενες πρωτεϊνικές ελαιοπηκτές χρησιμοποιήθηκαν για να αντικαταστήσουν τα λιπαρά του γάλακτος κατά την παρασκευή αλοιφώδους τυριού. Κατ' αυτόν τον τρόπο θα μπορούσε να επιτευχθεί η παραγωγή τυριού με υψηλότερη διατροφική αξία λόγω του αυξημένου πρωτεϊνικού περιεχομένου και χαμηλότερης θερμιδικής αξίας λόγω των μειωμένων λιπαρών. Σε αυτό το κεφάλαιο παρατίθενται τα αποτελέσματα σχετικά με τη δημιουργία αλοιφώδους τυριού με κύρια συστατικά την πρωτεΐνη τυρογάλακτος, γάλα με 0% λιπαρά και ελαιοπηκτής (πρωτεΐνη τυρογάλακτος και λάδι καφέ).

Το τυρί που παρασκευάστηκε αρχικώς ομογενοποιήθηκε μαζί με τυρόγαλα σε διάφορες αναλογίες, προκειμένου να γίνει πιο αλοιφώδες, και κατόπιν έγινε η προσθήκη της ελαιοπηκτής (Εικόνα 5). Τελικά, η επιλογή κρίθηκε από την εμφάνιση της υφής προκειμένου να είναι αρεστό στον καταναλωτή και παρόμοιο με εμπορικά προϊόντα που κυκλοφορούν ήδη στην αγορά. Το επιλεγμένο τυρί είχε μακροσκοπικά την εμφάνιση όπως φαίνεται στην Εικόνα 6. Προκειμένου να υπάρχει ένα τυπικό μέτρο σύγκρισης αγοράστηκε από το εμπόριο ένα συμβατικό αλοιφώδες τυρί με βάση την φέτα (Εικόνα 6).



Εικόνα 5. Δοκιμές παραγωγής αλοιφώδους τυριού με πρωτεϊνική ελαιοπηκτή. Οι αναλογίες που φαίνονται στην εικόνα είναι: 1gτυρι/ 0,9gτυρογαλο(πάνω αριστερά), 1gτυρι/ 0,5gτυρογαλο (πάνω δεξιά), 1gτυρι/ 0,4gτυρογαλο (κάτω αριστερά), 1gτυρι/ 0,6gτυρογαλο (κάτω δεξιά).



Εικόνα 6. Επιλεγμένο αλοιφώδες τυρί με πρωτεϊνική ελαιοπηκτή (αριστερά) και εμπορικό αλοιφώδες τυρί (δεξιά)

Ως προς την μακροσκοπική εμφάνιση του τυριού σε σχέση με το εμπορικό τυρί παρατηρείται ότι πράγματι η ελαιοπηκτή μπορεί να συνεισφέρει στη παραγωγή τυροκομικών προϊόντων με μειωμένη σύσταση λιπαρών. Επίσης, η ανασύσταση της πρωτεΐνης τυρογάλακτος με σκοπό να φτιαχτεί ένα τυρί τύπου μανούρι δίνει τη δυνατότητα για τη δημιουργία τυριών με υψηλό πρωτεϊνικό περιεχόμενο. Η χρήση ελαιοπηκτών από υγρά έλαια έχει αναφερθεί και από άλλους μελετητές (Limbahetal., 2016; Gab-Allah, 2018; Moonetal., 2021; Perta-Crisanetal., 2023), αν και όχι από υπολείμματα καφέ.

Ως προς τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά, τα αποτελέσματα των τυριών παρατίθενται στον Πίνακα 2. Παρατηρείται πως το τυρί με ελαιοπηκτή και έλαιο καφέ που παρασκευάστηκε ως καινοτόμο προϊόν σε αυτήν την εργασία περιέχει τη χαμηλότερη οξύτητα μεταξύ των τεσσάρων τυριών που συγκρίθηκαν. Το pH του είναι υψηλότερο από το εμπορικό τυρί που κυκλοφορεί στην αγορά. Ως προς το λίπος και την πρωτεΐνη,

έχει τη χαμηλότερη περιεκτικότητα λίπους και την υψηλότερη περιεκτικότητα πρωτεΐνης σε σχέση με το εμπορικό.

4.2 Ανάπτυξη βιώσιμης συσκευασίας αλοιφώδους τυριού με χρήση πρωτεϊνικών μεμβρανών

Στη παρούσα μελέτη πραγματοποιήθηκε ανάπτυξη μίας βιώσιμης συσκευασίας του τυριού/ελαιοπηκτής με την εφαρμογή των πρωτεϊνικών μεμβρανών, λειτουργώντας κυρίως ως βιοαποικοδομήσιμο υλικό συσκευασίας προς αντικατάσταση του πλαστικού peel-off φιλμ που χρησιμοποιείται συνήθως. Συγκεκριμένα, η συσκευασία σφραγίστηκε με τις εξής μεμβράνες (Εικόνα 7):

α) συμβατική πλαστική (PL),

β) πρωτεΐνη τυρογάλακτος και αιθέριο έλαιο ρίγανης (WPC+EO) και

γ) πρωτεΐνη τυρογάλακτος, βακτηριακή κυτταρίνη και αιθέριο έλαιο ρίγανης (WPC+BC+EO).

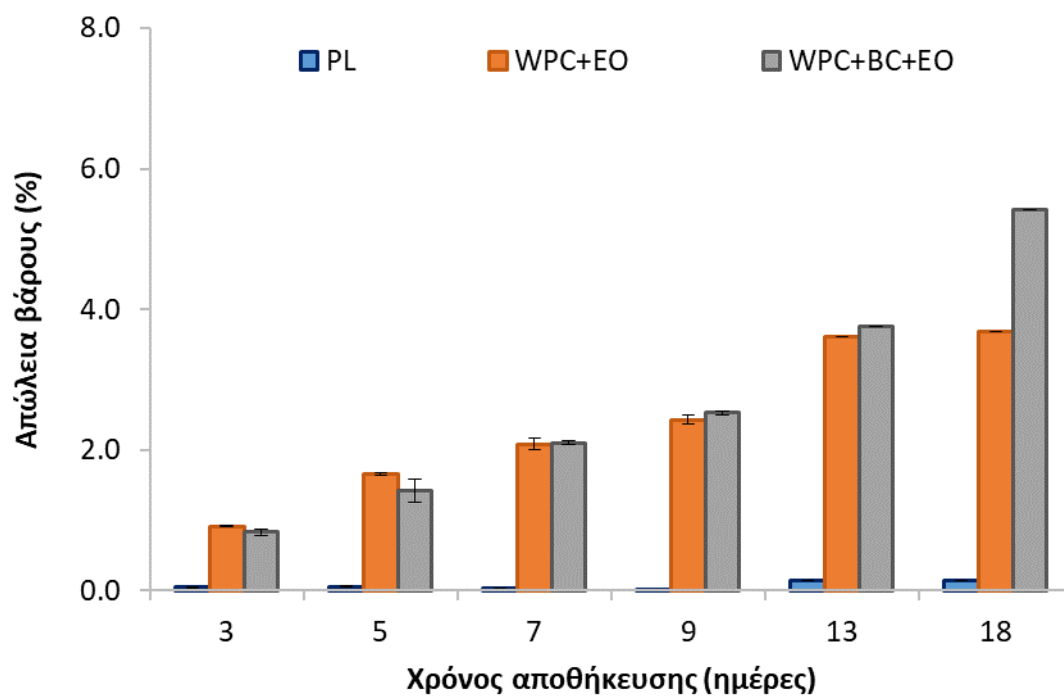




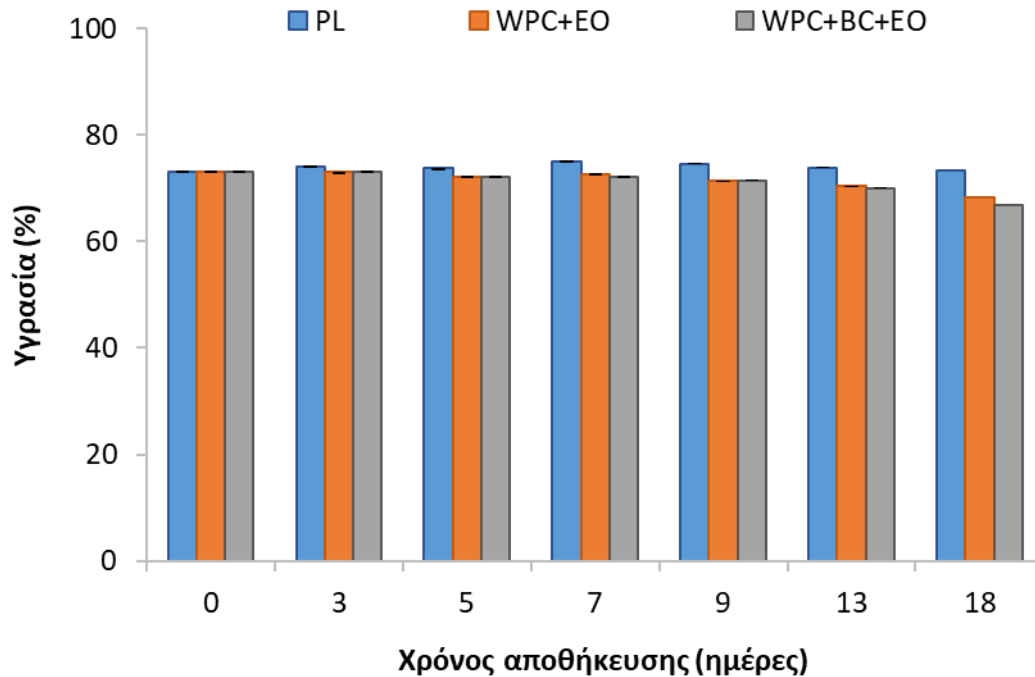
Εικόνα 7. Βιώσιμη συσκευασία αλοιφώδους τυριού σε γυάλινο περιέκτη σφραγισμένο με πλαστική μεμβράνη (PL) και βιοαποικοδομήσιμες μεμβράνες από πρωτεΐνη τυρογάλακτος εμπλουτισμένη με αιθέριο έλαιο ρίγανης (WPC+EO) και επιπρόσθετα με βακτηριακή κυτταρίνη (WPC+BC+EO).

4.2.1 Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά κατά την αποθήκευση

Τα αποτελέσματα σχετικά με την απώλεια βάρους και υγρασίας του συσκευασμένου προϊόντος και του τυριού, αντίστοιχα, φαίνονται στο Γράφημα 1. Αναφορικά με την απώλεια βάρους της συσκευασίας φαίνεται ότι είναι ασήμαντη στην περίπτωση της πλαστικής συσκευασίας, ενώ στη βιοαποικοδομήσιμη συσκευασία υπήρξαν μικρές απώλειες έως και 3,7 με 5,4% για τις μεμβράνες WPC+EO και WPC+BC+EO, αντίστοιχα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι βιοαποικοδομήσιμες μεμβράνες είναι πιο διαπερατές από την πλαστική οπότε κι επιτρέπουν την ανταλλαγή αερίων και υγρασίας. Στην περίπτωση της πλαστικής συσκευασίας παρατηρήθηκε, μακροσκοπικά, αύξηση της υγρασίας εντός της συσκευασίας, γεγονός το οποίο φαίνεται και στην υγρασία του προϊόντος (Γράφημα 2). Στην πλαστική συσκευασία φαίνεται ότι η υγρασία του τυριού παραμένει σταθερή με μία μικρή τάση για αύξηση με την πάροδο του χρόνου, ενώ στις υπόλοιπες συσκευασίες η υγρασία μειώνεται ελαφρώς. Είναι αξιοσημείωτο, όμως, ότι σε όλες τις περιπτώσεις η τελική υγρασία μετά την αποθήκευση ήταν πάνω από 66%.



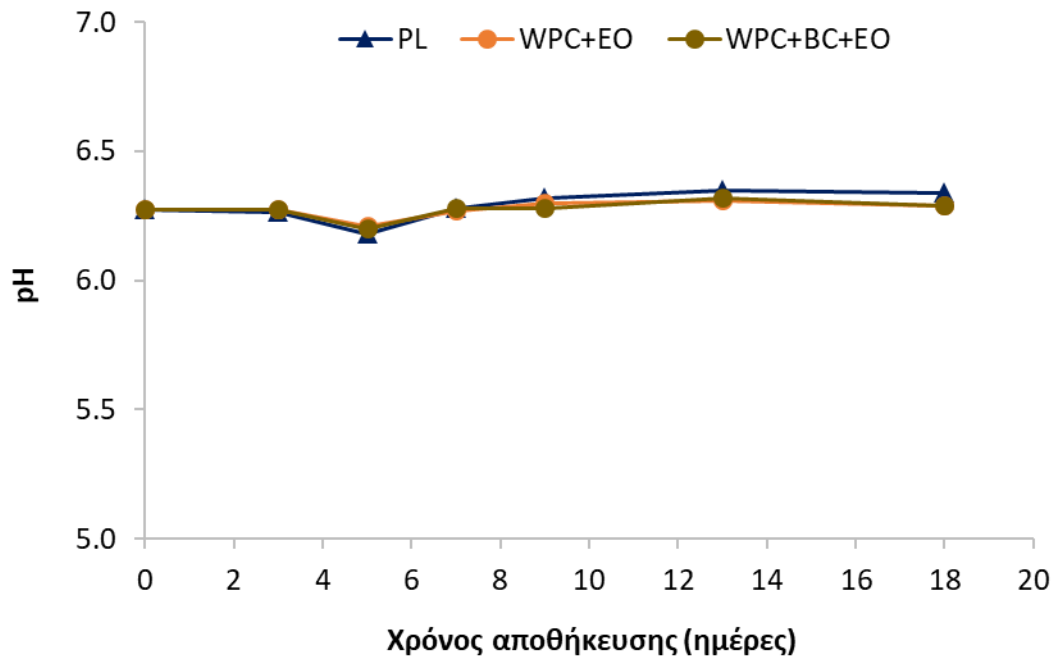
Γραφημα1. Απώλεια βάρους τουαλοιφώδους τυριούσυσκευασμένο με πλαστική μεμβράνη (PL), μεμβράνη πρωτεΐνης τυρογάλακτος με αιθέριο έλαιο ρίγανης (WPC+EO) και μεμβράνη πρωτεΐνης τυρογάλακτος με βακτηριακή κυτταρίνη και αιθέριο έλαιο ρίγανης (WPC+BC+EO), κατά τη διάρκεια αποθήκευσης στους 7°C



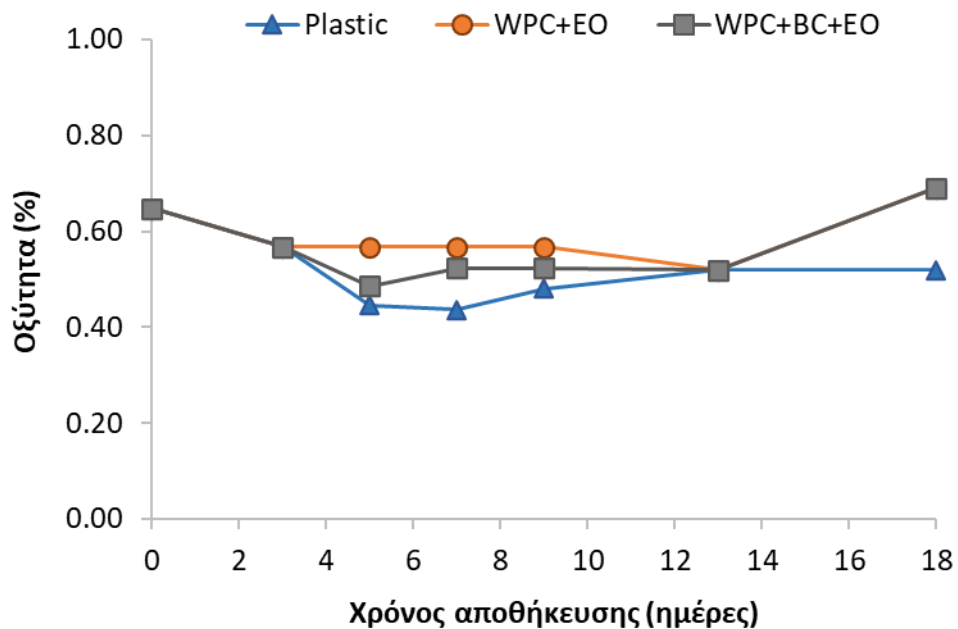
Γραφημα2. Υγρασία τουαλοιφώδους τυριούσυσκευασμένο με πλαστική μεμβράνη (PL), μεμβράνη πρωτεΐνης τυρογάλακτος με αιθέριο έλαιο ρίγανης (WPC+EO) και μεμβράνη πρωτεΐνης τυρογάλακτος με βακτηριακή κυτταρίνη και αιθέριο έλαιο ρίγανης (WPC+BC+EO), κατά τη διάρκεια αποθήκευσης στους 7°C

Η τιμή του pH του τυριού κυμάνθηκε στα ίδια επίπεδα, περίπου 6,3, για όλες τις περιπτώσεις και καθ' όλη τη διάρκεια της αποθήκευσης (Γράφημα 3).

Σε ό,τι αφορά την ολική οξύτητα των συσκευασμένων τυριών τα αποτελέσματα φαίνονται στο Γράφημα 4. Γενικά παρατηρείται, ότι όλα τα συσκευασμένα τυριά παρουσιάζουν παρόμοιες τιμές οξύτητας (περίπου 0,6%). Κατά την αποθήκευση, κι ειδικότερα από την 3^η ημέρα παρατηρείται μία ελαφριά πτώση της οξύτητας, ενώ από την 5^η ημέρα αποθήκευσης και μετά η οξύτητα κυμάνθηκε περίπου στο 0,5%



Γραφημα3. pH του αλοιφώδους τυριού συσκευασμένο με πλαστική μεμβράνη (PL), μεμβράνη πρωτεΐνης τυρογάλακτος με αιθέριο έλαιο ρίγανης (WPC+EO) και μεμβράνη πρωτεΐνης τυρογάλακτος με βακτηριακή κυτταρίνη και αιθέριο έλαιο ρίγανης (WPC+BC+EO), κατά τη διάρκεια αποθήκευσης στους 7°C

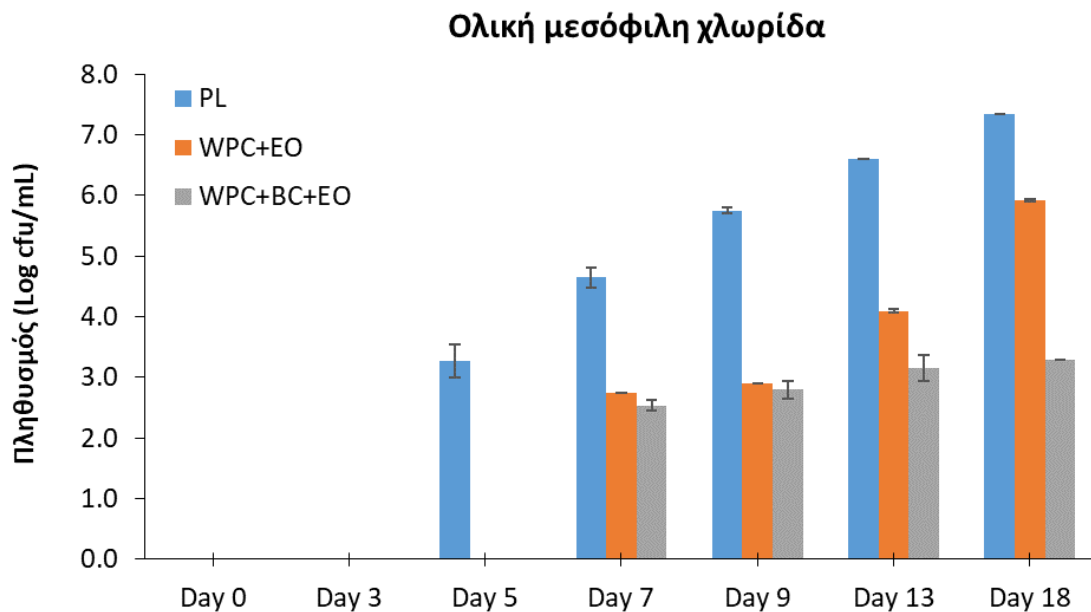


Γραφημα4. Οξύτητα του αλοιφώδους τυριού συσκευασμένο με πλαστική μεμβράνη (PL), μεμβράνη πρωτεΐνης τυρογάλακτος με αιθέριο έλαιο ρίγανης (WPC+EO) και μεμβράνη πρωτεΐνης τυρογάλακτος με βακτηριακή κυτταρίνη και αιθέριο έλαιο ρίγανης (WPC+BC+EO), κατά τη διάρκεια αποθήκευσης στους 7°C

4.2.2 Μικροβιολογική σταθερότητα κατά την αποθήκευση

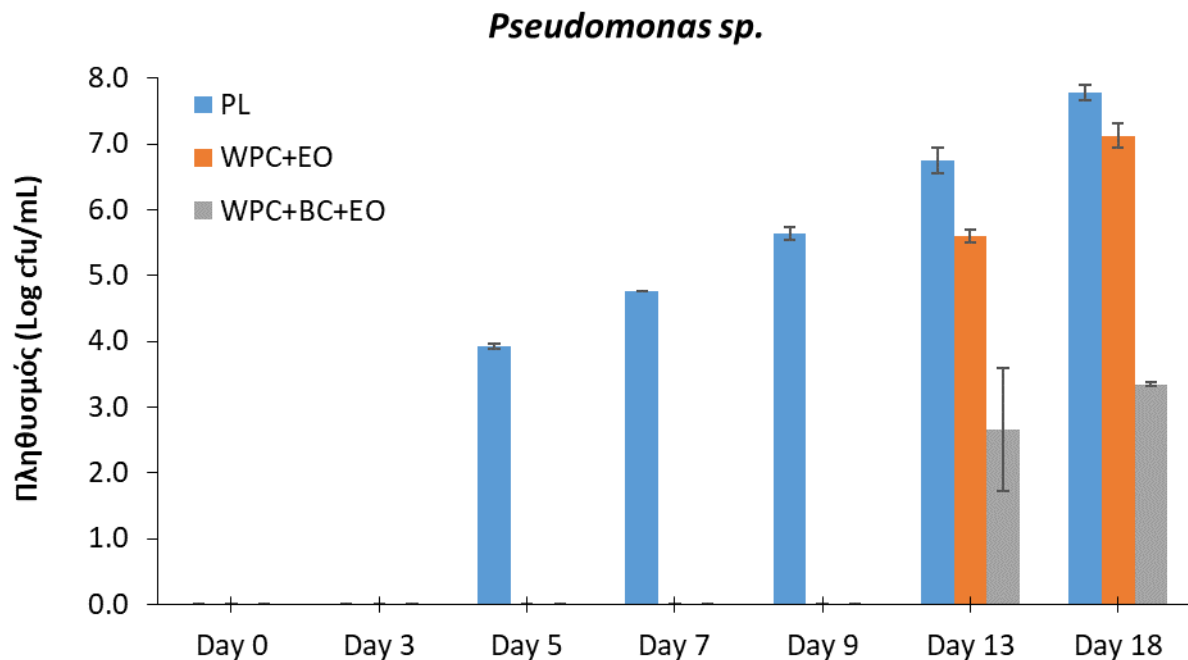
Τα αποτελέσματα σχετικά με τη μικροβιολογική σταθερότητα των τυριών, έδειξαν ότι οι βιοαποικοδομήσιμες μεμβράνες είναι ικανές να αντικαταστήσουν την πλαστική μεμβράνη δεδομένου ότι συνεισέφεραν στην αύξηση του χρόνου ζωής του προϊόντος. Ειδικότερα, η συμβατική πλαστική συσκευασία οδήγησε στην ανάπτυξη ολικής μεσόφιλης χλωρίδας από την 5^η ημέρα αποθήκευσης. Μικροοργανισμοί που ανήκουν στα βακτήρια *Pseudomonas* spp. και *Lactobacilli* παρουσίασαν αύξηση κατά την 7^η και 9^η ημέρα αποθήκευσης, αντίστοιχα.

Στο Γράφημα 5 παρατηρήθηκε η ανάπτυξη του πληθυσμού της ολικής μεσόφιλης χλωρίδας στο αλοιφώδες τυρί στις διάφορες συσκευασίες. Στη συσκευασία που σφραγίστηκε με πλαστική μεμβράνη (PL) υπήρξε ανάπτυξη μικροοργανισμών από την 5^η ημέρα (3,27 Logcfu/ml) , οι μικροοργανισμοί συνέχισαν να αναπτύσσονται έως την 18^η ημέρα (7,35 Logcfu/ml) φθάνοντας μια τιμή στην οποία πλέον το τρόφιμο δεν μπορεί να καταναλωθεί. Το αλοιφώδες τυρί στη συσκευασία που σφραγίστηκε με μεμβράνη πρωτεΐνης τυρολογάλακτος με αιθέριο έλαιο ρίγανης (WPC+EO) ανέπτυξε μικροοργανισμούς την 7^η ημέρα (2,75 Logcfu/ml), από τη 7^η ημέρα έως τη 9^η μέρα (2,9 Logcfu/ml) ο πληθυσμός των μικροοργανισμών παρέμεινε σχετικά σταθερός, την 13^η ημέρα (4,1 Logcfu/ml) υπήρξε αύξηση του πληθυσμού των μικροοργανισμών η οποία συνεχίστηκε μέχρι την 18^η ημέρα (5,92 Logcfu/ml). Το αλοιφώδες τυρί στη συσκευασία που σφραγίστηκε με μεμβράνη πρωτεΐνης τυρογάλακτος με βακτηριακή κυτταρίνη και αιθέριο έλαιο ρίγανης (WPC+BC+EO) ανέπτυξε μικροοργανισμούς την 7^η ημέρα (2,54 Logcfu/ml), ο πληθυσμός των μικροοργανισμών αυξήθηκε μέχρι και την 18^η ημέρα (3,30 Logcfu/ml).



Γράφημα 5. Προσδιορισμών ολικής μεσόφιλης χλωρίδας στο αλοιφώδες τυρί συσκευασμένο με πλαστική μεμβράνη (PL), μεμβράνη πρωτεΐνης τυρογάλακτος με αιθέριο έλαιο ρίγανης (WPC+EO) και μεμβράνη πρωτεΐνης τυρογάλακτος με βακτηριακή κυτταρίνη και αιθέριο έλαιο ρίγανης (WPC+BC+EO), κατά τη διάρκεια αποθήκευσης στους 7 °C.

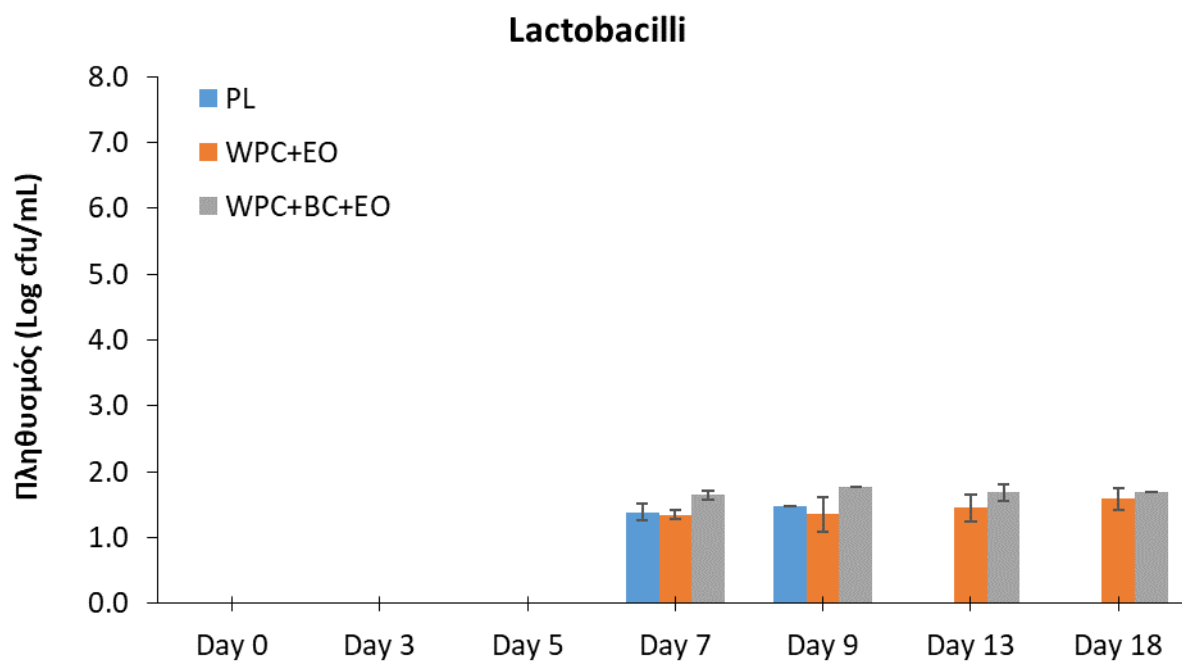
Στο Γράφημα 6 παρατηρήθηκε η ανάπτυξη του πληθυσμού του μικροοργανισμού *Pseudomonas* στο αλοιφώδες τυρί στις διάφορες συσκευασίες. Στη συσκευασία που σφραγίστηκε με πλαστική μεμβράνη (PL) υπήρξε ανάπτυξη μικροοργανισμών από την 5^η ημέρα (3,92 Logcfu/ml), οι μικροοργανισμοί συνέχισαν να αναπτύσσονται έως την 18^η ημέρα (7,78 Logcfu/ml). Το αλοιφώδες τυρί στη συσκευασία που σφραγίστηκε με μεμβράνη πρωτεΐνης τυρογάλακτος με αιθέριο έλαιο ρίγανης (WPC+EO) ανέπτυξε μικροοργανισμούς την 13^η ημέρα (5,60 Logcfu/ml), ο πληθυσμός αυξήθηκε μέχρι και την 18^η ημέρα (7,12 Logcfu/ml). Το αλοιφώδες τυρί στη συσκευασία που σφραγίστηκε με μεμβράνη πρωτεΐνης τυρογάλακτος με βακτηριακή κυτταρίνη και αιθέριο έλαιο ρίγανης (WPC+BC+EO) ανέπτυξε μικροοργανισμούς την 13^η ημέρα (2,66 Logcfu/ml), ο πληθυσμός των μικροοργανισμών αυξήθηκε μέχρι και την 18^η ημέρα (3,34 Logcfu/ml).



Γράφημα6. Προσδιορισμών *Pseudomonas* spp. στο αλοιφώδες τυρί συσκευασμένο με πλαστική μεμβράνη (PL), μεμβράνη πρωτεΐνης τυρογάλακτος με αιθέριο έλαιο ρίγανης (WPC+EO) και μεμβράνη πρωτεΐνης τυρογάλακτος με βακτηριακή κυτταρίνη και αιθέριο έλαιο ρίγανης (WPC+BC+EO), κατά τη διάρκεια αποθήκευσης στους 7 °C.

Στο Γράφημα 7 παρατηρήθηκε η ανάπτυξη του πληθυσμού του μικροοργανισμού *Lactobacilli* στο αλοιφώδες τυρί στις διάφορες συσκευασίες. Στη συσκευασία που σφραγίστηκε με πλαστική μεμβράνη (PL) υπήρξε ανάπτυξη μικροοργανισμών την 7^η ημέρα (1,39 Log cfu/ml), οι μικροοργανισμοί συνέχισαν να αναπτύσσονται έως την 9^η ημέρα (1,48 Log cfu/ml), από την 13^η ημέρα ο πληθυσμός των *Lactobacilli* είναι μηδενικός και παραμένει μηδενικός έως την 18^η ημέρα (0 Log cfu/ml). Το αλοιφώδες τυρί στη συσκευασία που σφραγίστηκε με μεμβράνη πρωτεΐνης τυρογάλακτος με αιθέριο έλαιο ρίγανης (WPC+EO) ανέπτυξε μικροοργανισμούς την 7^η ημέρα (1,34 Log cfu/ml), ο πληθυσμός αυξήθηκε μέχρι και την 18^η ημέρα (1,58 Log cfu/ml). Το αλοιφώδες τυρί στη συσκευασία που σφραγίστηκε με μεμβράνη πρωτεΐνης τυρογάλακτος με βακτηριακή κυτταρίνη και αιθέριο έλαιο ρίγανης (WPC+BC+EO) ανέπτυξε μικροοργανισμούς την 7^η

ημέρα (1,65Logcfu/ml),ο πληθυσμός αυξήθηκετην 9^η ημέρα (1,77 Logcfu/ml), μειώθηκε τη 13^η ημέρα (1,69 Logcfu/ml) και παράμεινε σχεδόν σταθερός έως τη18^η ημέρα (1,70Logcfu/ml).



Γράφημα7. Προσδιορισμών Lactobacilli στο αλοιφώδες τυρί συσκευασμένο με πλαστική μεμβράνη (PL), μεμβράνη πρωτεΐνης τυρογάλακτος με αιθέριο έλαιο ρίγανης (WPC+EO) και μεμβράνη πρωτεΐνης τυρογάλακτος με βακτηριακή κυτταρίνη και αιθέριο έλαιο ρίγανης (WPC+BC+EO), κατά τη διάρκεια αποθήκευσης στους 7 °C.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σκοπός αυτής της εργασίας ήταν η δημιουργία ενός νέου προϊόντος για την αντικατάσταση των ανθυγιεινών λιπαρών σε τυρί τυρογάλακτος, με τη χρήση ελαιοπηκτής και ελαίου καφέ. Απώτερος στόχος ήταν η δημιουργία ενός υγιεινού προϊόντος, το οποίο θα είναι και φιλικό προς το περιβάλλον υπό το πρίσμα της βιωσιμότητας, καθώς εντάσσεται στο πλαίσιο της κυκλικής οικονομίας.

Από το πείραμα που διεξήχθη διαπιστώνεται αρχικά πως αντικατάσταση του λίπους ενός τυριού με ελαιοπηκτή είναι εφικτή καθώς το τυρί που παρασκευάζεται έχει την ίδια υπόσταση και σύσταση με τα τυριά spread με τα οποία συγκρίθηκε στη βάση των αποτελεσμάτων των φυσικών χημικών ιδιοτήτων (pH, υγρασία κλπ) καθώς και σε μικροβιολογική βάση (σταθερότητα).

Πιο συγκεκριμένα, το νέο προϊόν: α) έχει χαμηλότερο λίπος β) έχει υψηλότερη ποσότητα πρωτεΐνης. Κατά συνέπεια, δεν υστερεί σε υγρασία και pH, έχει χαμηλή οξύτητα και λίπος. Συνεπώς, το νέο προϊόν είναι περισσότερο υγιεινό λόγω αντικατάστασης των λιπαρών και διατήρησης των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών ενός τυριού (οξύτητα, υγρασία). Το δεύτερο συμπέρασμα είναι πως η παραγωγή ελαιοπηκτής είναι δυνατή με την χρήση πρωτεΐνης τυριού και έλαιο καφέ με απόβλητα καφέ, με θετικά αποτελέσματα. Συνεπώς, το νέο προϊόν μπορεί να συμβάλει και στη βιωσιμότητα, καθώς εντάσσεται στο ευρύτερο πλαίσιο της κυκλικής οικονομίας.

Παρά αυτά τα ενδιαφέροντα αποτελέσματα, κρίνεται ενδιαφέρονσα, αν όχι και αναγκαία, η επέκταση αυτής της μελέτης όσον αφορά στη μέτρηση και άλλων ιδιοτήτων του νέου προϊόντος. Πιο συγκεκριμένα, μελλοντικές έρευνες θα μπορούσαν να εξαχθούν προκειμένου να μετρήσουν τις ρεολογικές ιδιότητες του νέου προϊόντος, δηλαδή το ιξώδες, αλλά και να εξετάσουν οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, δηλαδή τη γεύση του τυριού με ελαιοπηκτή.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Allott, E. H., Arab, L., Su, L.J., Farnan, L., Fontham, E.T.H., Mohler, J.L., Bensen, J.T., Steck, S.E. (2017). Saturated fat intake and prostate cancer aggressiveness: results from the population-based North Carolina Louisiana Prostate Cancer Project. *Prostate Cancer and Prostatic Diseases*, 20(1), 48-54.

Almeida Soares, K.D., Ramalho, C.A., Salgado, S.M., Souza Livera, A.V., Mota, R.A., Lemsaddek, A., Lemsaddek, T.S., De Medeiros, E.S. (2013). Microbiological and physicochemical quality of curd cheeses sold in the state of Alagoas (Brazil). *Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos*, 31(1), 51-56.

Alshamsi, H., Almutairi, A.G. (2018). The Effect of Saturated Fat Intake With Risk of Stroke and Coronary Heart Disease: A Systematic Review of Prospective Cohort Studies. *Global Journal of Health Science*, 10(8), doi:10.5539/gjhs.v10n8p28.

Amelia, I., Drake, M.A., Nelson, B., Barbano, D.M. (2013). A new method for the production of low-fat Cheddar cheese. *Journal of Dairy Science*, 96, 4870-4884.

Belitz, H-D., Grosch W., Schieberle P. (2009). *Food chemistry*. Heidelberg: Springer.

Bojková, B., Winklewski, P.J., Wszedybyl-Winklewska M. (2020). Dietary Fat and Cancer-Which Is Good, Which Is Bad, and the Body of Evidence. *International Journal of Molecular Sciences*, 21, doi:10.3390/ijms21114114.

Chellaram, C., Murugaboopathi, G., John, A. A., Sivakumar, R., Ganesan, S., Krithika, S., Priyae, G. (2014). Significance of Nanotechnology in Food Industry. *APCBEE Procedia*, 8, 109-113.

Clifford, J., Kozil, A. (2017). Dietary Fat and Cholesterol. *Food and Nutrition Series*, 9(319), 1-4.

Currenti, W., Godos, J., Alanazi, A.M., Grosso, G., Cincione, R.I., LaVignera, S., Buscemi, S., Galvano, F. (2022). DietaryFats and Cardio-MetabolicOutcomes in a Cohort of ItalianAdults. *Nutrients*, 14, 4294. [https://doi.org/ 10.3390/nu14204294](https://doi.org/10.3390/nu14204294)

Devers, P.M., Brown, W.M. (2020). FattyAcidProfiling. Στο: J. E. Pizzorno& M. T. Murray (Eds.), *Textbook of NaturalMedicine* (σελ. 127-133). Amsterdam: Elsevier.

DiNicolantonio, J.J., O’Keefe, J.H. (2018). Effects of dietaryfats on bloodlipids: a review of directcomparisontrials. *OpenHeart*, 5, doi: 10.1136/openhrt-2018-000871.

Doyle, E. (2004). SaturatedFat and BeefFatasRelatedto Human Health. A Review of the Scientific Literature. Food Research Institute, UW–Madison, https://fri.wisc.edu/files/Briefs_File/satfat.pdf.

Dyson, P. (2016). Saturatedfat and Type 2 diabetes: wheredowestand?.*DiabeticMedicine*, 33(10), doi:10.1111/dme.13176.

Eshak, E.S., Yamagishi, K., Iso, H. (2018). DietaryFat and Risk of CardiovascularDisease. Στο: S. R. Vasan& D. B. Sawyer (Eds.), *Encyclopedia of Cardiovascular Research and Medicine* (σελ. 60-80). Amsterdam: Elsevier.

Finley, J.W.,deMan, J.M. (2018). Lipids. Στο: J. . deMan, J. . Finley, W. . Hurst. C.Y. Lee (Eds.), *Principles of foodchemistry*. Cham, Switzerland: Springer, pp. 39-116.

Gab-Allah, R.H. (2018). Manufacture of pickled and unpickledhighfatsoftcheeseusingolive and sunflower oleogels. *Middle East Journal of AppliedSciences*, 8(1), 223-230.

Gershuni, V.M. (2018). SaturatedFat: Part of a HealthyDiet. *CurrentNutrition Reports*, <https://doi.org/10.1007/s13668-018-0238-x>.

Grundy, S.M. (2013). Cholesterol: FactorsDeterminingBloodLevels. Στο: B. Caballero (Ed.), *Encyclopedia of Human Nutrition*. Amsterdam: Elsevier, pp. 335-340.

Gunstone, F.D. (2008). Oils and fats in the food industry. Oxford: John Wiley & Sons.

Hammam, A.R.A., Ahmed, M.S.I. (2019). Technological and Characteristics of Low-Fat Cheeses: A Review. Assiut Journal of Agricultural Sciences, 50(1), 15-27.

Imamura, F., Micha, R., Wu, J.H., de Oliveira Otto, M.C., Otite, F.O., Abioye, A.I., Mozaffarian, D. (2016). Effects of Saturated Fat, Polyunsaturated Fat, Monounsaturated Fat, and Carbohydrate on Glucose-Insulin Homeostasis: A Systematic Review and Meta-analysis of Randomised Controlled Feeding Trials. PLoS medicine, 13(7), e1002087. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1002087>.

Institute of Food Science and Technology (2019). Nanotechnology. Ανακτήθηκε από: <https://www.ifst.org/resources/information-statements/nanotechnology>

Jagtiani, E. (2021). Advancements in nanotechnology for food science and industry. Food Frontiers, <https://doi.org/10.1002/fft2.104>.

Janhøj, T., Qvist, K. B. (2010). The Formation of Cheese Curd. Στο: Technology of Cheesemaking, 130–165. doi:10.1002/9781444323740.ch4.

Κώδικας Τροφίμων και Ποτών (2014). Άρθρο 83. Τυροκομικά προϊόντα. <https://www.aade.gr/sites/default/files/2020-03/83-iss3.pdf>

Kamath, R., Basak, S., Gokhale, J. (2022). Recent trends in the development of healthy and functional cheese analogues-a review. LWT, 155, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112991>.

Kang, Z-Q., Yang, Y., Xiao, B. (2020). Dietary saturated fat intake and risk of stroke: Systematic review and dose-response meta-analysis of prospective cohort studies. Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases, 30(2), 179-189.

Kwak, H-S., Ganesan, P., Hong, Y-H. (2012). Nutritional Benefits in Cheese. Στο: R. D. Foster (Eds.), Cheese: Types, Nutrition and Consumption (σελ. 269-289). New York: Nova Science Publishers.

Limbah, M., Bemer, H., Harper, W.H., Maleky, F. (2016). Processing development for the production of low-fat oleogel cream cheese products. Food Research International, 85, 67-75.

Lobato-Calleros, C., Ramos-Solís, L., Santos-Moreno, A., Rodríguez-Huezo, M.E. (2006). Microstructure and texture of Panela type cheese-like products: Use of low Methoxyl Pectin and Canola Oil as milk-fat substitutes. Revista Mexicana De Ingenieria Quimica, 5, 71-79.

Matta, M., Huybrechts, I., Biessy, C., ..., Murphy, N. (2021). Dietary intake of trans fatty acids and breast cancer risk in 9 European countries. BMC Medicine, 19, <https://doi.org/10.1186/s12916-021-01952-3>.

Mensink, R.P. (2013). Fatty Acids: Health Effects of Saturated Fatty Acids. Στο: B. Caballero (Ed.), Encyclopedia of Human Nutrition (σελ. 215-219). Amsterdam: Elsevier.

Miočinović, J., Puđa, P., Radulović, Z., Pavlović, V. B., Miloradović, M., Radovanović, M., Paunović, D. (2011). Development of low fat UF cheese technology. Mljekarstvo, 61(1), 33-44.

Mistry, V. (2001). Low Fat Cheese Technology. International Dairy Journal, 11(4), 413-422.

Moon, K., Choi, K.O., Jeong, S., Kim, Y. W., Lee, S. (2021). Solid Fat Replacement with Canola Oil-Carnauba Wax Oleogels for Dairy-Free Imitation Cheese Low in Saturated Fat. Foods (Basel, Switzerland), 10(6), 1351. <https://doi.org/10.3390/foods10061351>.

Mozaffarian, D. (2014). Saturated fatty acids and type 2 diabetes: More evidence to reinvent dietary guidelines. *The Lancet Diabetes & Endocrinology*, 2(10), doi:10.1016/S2213-8587(14)70166-4.

Patel, A.R., Nicholson, R.A., Marangoni, A.G. (2020). Applications of fat mimetics for the replacement of saturated and hydrogenated fat in food products. *Current Opinion in Food Science*, 33, 61-68.

Pathakoti, K., Manubolu, N., Hwar, H-M. (2017). Nanostructures: current applications and future uses in food science. *Journal of Food and Drug Analysis*, 25, 245-253.

Perta-Crisan, S., Ursachi, C-S., Chereji, B-D., Munteanu, F-D. (2023). Oleogels- Innovative Technological Solution for the Nutritional Improvement of Meat Products. *Foods*, 12, 131. <https://doi.org/10.3390/foods12010131>.

Plazzotta, S., Calligaris, S. Manzocco, M. (2020). Structural characterization of oleogels from whey protein aerogel particles. *Food Research International*, 132, 109099.

Powell, L., Wallace, E.C. (2020). Fatty Acid Metabolism. Στο: J.E. Pizzorno, M.T. Murray (Eds.), *Textbook of Natural Medicine*. Amsterdam: Elsevier, pp. 584-592.

Sacks, F.M., Lichtenstein, A.H., Wu, J.H.Y., Creager, M.A., Kris-Etherton, P.M., Miller, M., Rimm, E.B., Rudel, L.L., Robinson, J.G., Stone, N.J., VanHorn, L.V. (2017). Dietary Fats and Cardiovascular Disease: A Presidential Advisory From the American Heart Association. *Circulation*, 136, doi: 10.1161/CIR.0000000000000510.

Seo, H-S. Finley, J.W., deMan, J.M. (2018). Flavor. Στο: J.M. deMan, J.W. Finley, W.J. Hurst, C.Y. Lee (Eds.), *Principles of food chemistry*. Cham, Switzerland: Springer, pp. 285-328.

Singh, T., Shukla, S., Kumar, P., Wahler, V., Bajpai, V.K., Rather, I.A. (2017). Application of nanotechnology in food science: perception and overview. *Frontiers in Microbiology*, <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01501>.

Twenefour, D., Shields, E. (2020). Saturated fats and the management of diabetes: the debates, controversies and consensus. *Practical Diabetes*, 37(4), 115-120.

Walther, B., Schmid, A., Sieber, R., Wehrmuller, K. (2008). Cheese in nutrition and health. *Dairy Science and Technology*, 88(4), 389-405.

WHO (2010). FAO/WHO Expert meeting on the application of nanotechnologies in the food and agriculture sectors: potential food safety implications. Ανακτήθηκε από: <https://www.fao.org/3/i1434e/i1434e00.pdf>