



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ
ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΠΤΥΧΙΑΚΗ/ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ
ΕΡΓΑΣΙΑ**

***ΤΙΤΛΟΣ: Συγκριτική μελέτη τυριών ωρίμανσης με
ενόργανες μεθόδους***



ΑΝΤΩΝΑΚΟΥ ΜΑΡΙΑ

ΑΜ:186384085

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: Στρατή Ειρήνη

Αθήνα, 2023



**UNIVERSITY OF WEST ATTICA FACULTY OF FOOD
SCIENCE AND TECHNOLOGY DEPARTMENT OF FOOD
SCIENCE AND TECHNOLOGY SENIOR THESIS**

***TITLE: Comparative studies of cheese ripening with
instrumental methods***



ΑΝΤΩΝΑΚΟΥ ΜΑΡΙΑ

AM:186384085

α/α	Όνοματεπώνυμο	Βαθμίδα/ Ιδιότητα	Ψηφιακή Υπογραφή
1.	Στρατή Ειρήνη	Επίκουρη Καθηγήτρια / Επιβλέπουσα	
2.	Σινάνογλου Βασιλεία	Καθηγήτρια - Κοσμήτορας της Σχολής Επιστημών Τροφίμων/Μέλος	
3.	Τσάκαλη Ευσταθία	Επίκουρη Καθηγήτρια/Μέλος	

Δήλωση Συγγραφέων Πτυχιακής Εργασίας περί Λογοκλοπής

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Αντωνάκου Μαρία του Παναγιώτη, με αριθμό μητρώου 186840385 φοιτητήτρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Επιστήμων Τροφίμων του Τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Η δηλούσα,

Αντωνάκου Μαρία



Ευχαριστίες

Με το τέλος της εκπόνησης της πτυχιακής μου εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα καθηγήτριά μου Στρατή Ειρήνη για την στήριξη και την εμπιστοσύνη της. Ακόμη θα ήθελα να ευχαριστήσω την καθηγήτρια Τσάκαλη Ευσταθία για την βοήθεια της κατά την διάρκεια της διεξαγωγής των πειραμάτων και την καθηγήτρια και κοσμήτορα της Σχολής Επιστημών Τροφίμων, Σινάνογλου Βασιλεία για την εκπαίδευση μου πάνω στις φασματοφωτομετρικές μεθόδους. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω το Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών για την παραχώρηση του οργάνου FoodScan, με σκοπό την υλοποίηση των πειραμάτων και το τυροκομείο Νιώτικο στην Ίο, για την προσφορά των δειγμάτων Κεφαλοτυριού.

Περιεχόμενα

Περίληψη	8
Abstract.....	10
1. Εισαγωγή.....	11
1.1.Γενικά	11
1.2 Ταξινόμηση Τυριών.....	12
1.3 Τυριά Π.Ο.Π	14
1.4 Διαδικασία παρασκευής Τυριών Ωρίμανσης.....	18
1.4.1 Ο ρόλος του γάλακτος στην παρασκευή τυριών	19
1.4.2 Τυποποίηση Γάλακτος.....	21
1.4.3 Θερμική επεξεργασία γάλακτος.....	21
1.4.4 Πήξη του γάλακτος.....	22
1.4.5 Τεμαχισμός τυροπήγματος.....	24
1.4.6 Ανάδευση και αναθέρμανση τυροπήγματος.....	24
1.4.7 Στράγγιση – Μορφοποίηση τυροπήγματος.....	25
1.4.8 Αλάτισμα	26
1.5. Διαδικασία Ωρίμανσης.....	27
1.5.1. Πρωτεόλυση	29
1.5.2 Λιπόλυση	31
1.5.3 Γλυκόλυση.....	34
1.5.4. Μεταβολισμός του Κιτρικού Οξέος.....	34
1.5.5 Επίδραση Ωρίμανσης στα Χαρακτηριστικά του Τυριού	35
1.6 Κεφαλοτύρι	37
1.6.1 Χαρακτηριστικά Κεφαλοτυριού	37
1.6.2 Τεχνολογία Παραγωγής Κεφαλοτυριού	38
1.7 Ενόργανες μέθοδοι χημικής ανάλυσης	38
2. Σκοπός της Μελέτης.....	41
3.Υλικά και Μέθοδοι.....	42
3.1 Ανάλυση Προφίλ Υφής (TPA Test)	43
3.2 Μέτρηση Χρώματος	44
3.3 Ανάλυση Σύστασης τυριών με το FoodScan (Dairy Analyzer)	46
4. Αποτελέσματα – Συζήτηση	47
4.1 Ανάλυση Χρώματος Κεφαλοτυριού	47

4.2 Ανάλυση σύστασης.....	49
4.3 Ανάλυση παραμέτρων υφής τυριών.....	51
4.3.1 Σκλήροτητα.....	51
4.3.2 Συνεκτικότητα.....	53
4.3.3 Ελαστικότητα.....	54
4.3.4 Κολλητικότητα.....	56
5. Συμπέρασμα.....	58
6.Βιβλιογραφία.....	60

Περίληψη

Το τυρί είναι ένα ζυμούμενο προϊόν με βασικό συστατικό το γάλα, το αλάτι και τις ζωντανές μικροβιακές καλλιέργειες. Οι διαφορετικοί μικροοργανισμοί που υπάρχουν ή προστίθενται στο γάλα, καθιστούν το τυρί βιολογικά και βιοχημικά ενεργό δημιουργώντας μία μεγάλη ποικιλία διαφορετικών υφών, μορφών και γεύσεων. Με αυτόν τον τρόπο, το τυρί μπορεί να ταξινομηθεί με βάση την υφή, το ποσοστό υγρασίας, το χρώμα, τη γεύση, τη χώρα προέλευσης, την περιοχή προέλευσης, το είδος γάλακτος και το χρόνο ωρίμανσης. Όσον αφορά την ωρίμανση του τυριού, είναι ένα σύμπλεγμα πολλαπλών βιοχημικών αντιδράσεων αποικοδόμησης και σύνθεσης. Κάποιοι παράγοντες που επηρεάζουν την ωρίμανση είναι: ο τύπος γάλακτος που χρησιμοποιείται κατά την παρασκευή του τυριού, το λίπος, η πρωτεΐνη και το αλάτι που περιέχεται στο τυρί. Η γλυκόλυση, η λιπόλυση, ο μεταβολισμός του κιτρικού οξέος και η πρωτεόλυση είναι οι πιο περίπλοκες βιοχημικές διαδικασίες που πραγματοποιούνται κατά την περίοδο ωρίμανσης. Η Ελλάδα είναι μία χώρα που κατέχει μεγάλη εμπειρία στην διαδικασία παραγωγής τυριού. Συγκεκριμένα, το Κεφαλοτύρι θεωρείται ένα από τα πιο διαδεδομένα σκληρά τυριά ωρίμανσης, το οποίο παρασκευάζεται σε πολλά μέρη της Ελλάδας από πρόβειο ή κατσικίσιο γάλα ή μείγμα και των δύο, με ιδιαίτερα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά. Σκοπός της παρούσας έρευνας, ήταν η εφαρμογή εύχρηστων και ταχέων ενόργανων μεθόδων, για την αξιολόγηση των ποιοτικών αλλαγών που πραγματοποιήθηκαν σε τέσσερα δείγματα Κεφαλοτυριού, τα οποία είχαν ωριμάσει σε διαφορετικά χρονικά διαστήματα (6, 10, 17 και 20 μήνες ωρίμανσης). Αυτό επιτεύχθηκε μέσω της ανάλυσης παραμέτρων υφής, χρωματομετρικών και φυσικοχημικών μεθόδων. Τα αποτελέσματα από την ανάλυση των παραμέτρων υφής έδειξαν ότι, κατά την διάρκεια της ωρίμανσης σημειώθηκε αύξηση της Σκληρότητας και της Ελαστικότητας, με ταυτόχρονη μείωση της Συνεκτικότητας του Κεφαλοτυριού. Επιπλέον, στην μελέτη του χρώματος, παρατηρήθηκε μεταβολή στη φωτεινότητα του Κεφαλοτυριού, με ταυτόχρονη παρουσία της κόκκινης και κίτρινης απόχρωσης προς στο τέλος της περιόδου ωρίμανσης. Οι μεταβολές αυτές, οφείλονται κυρίως στα καροτενοειδή του γάλακτος, μέσω της διατροφής των ζώων. Αναφορικά με την ανάλυση της σύστασης του Κεφαλοτυριού, παρατηρήθηκαν μεταβολές στο ποσοστό λίπους, υγρασίας, αλατιού και πρωτεΐνης, γεγονός που δικαιολογείται από τις διάφορες βιοχημικές αντιδράσεις που πραγματοποιούνται κατά την ωρίμανση. Ο συνδυασμός όλων αυτών των τεχνικών, έχει

οδηγήσει σε επαρκή παρακολούθηση μερικών οργανοληπτικών και φυσικοχημικών μεταβολών του Κεφαλοτυριού κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης, μετατρέποντάς το σε ένα προϊόν με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά.

Abstract

Cheese is a fermented product with its main ingredients being milk, salt, and live bacterial cultures. The different microorganisms present or added to the milk make cheese biologically and biochemically active, creating a wide variety of different textures, shapes, and flavors. In this way, cheese can be classified based on its texture, moisture content, color, flavor, country of origin, region of origin, type of milk, and aging time. Regarding the ripening period of cheese, it is a complex process of multiple biochemical reactions of breakdown and synthesis. Some factors that affect aging period include the type of milk used in the production of cheese, the fat, protein, and salt content of the cheese. Glycolysis, lipolysis, citric acid metabolism, and proteolysis are the most complex biochemical processes that occur during the ripening period. Greece is a country with great experience in cheese production. Specifically, Kefalotyri is considered one of the most common hard cheeses that undergoes maturation, produced in many parts of Greece from sheep or goat milk or a mixture of both, with particularly organoleptic characteristics. The aim of this study was to apply user-friendly and rapid instrumental methods to evaluate the quality that occur in four Kefalotyri samples, which had been ripened for different periods (6, 10, 17, and 20 months of maturation). This was achieved through the analysis of texture, colorimetric, and physicochemical parameters. The results from the analysis of texture parameters showed that during maturation, there was an increase in hardness and elasticity, along with a decrease in cohesiveness of Kefalotyri cheese. In the color analysis, a change in brightness of Kefalotyri cheese was observed, along with the presence of red and yellow shades towards the end of the maturation period. These changes are mainly attributed to the carotenoids present in the milk, depending on the animals' diet. Regarding the analysis of the composition of Kefalotyri cheese, changes were observed in the fat, moisture, salt, and protein content, which is justified by the various biochemical reactions that occur during maturation. The combination of all these techniques has resulted in adequate monitoring of some organoleptic and physicochemical changes in Kefalotyri cheese during maturation, transforming it into a product with unique characteristics.

1. Εισαγωγή

1.1.Γενικά

Το τυρί είναι η γενική ονομασία για μια ομάδα τροφίμων με βάση το γάλα που έχουν υποστεί ζύμωση και παράγεται σε όλο τον κόσμο σε μεγάλη ποικιλία γεύσεων, υφών και μορφών. Το τυρί είναι ένα από τα πιο επιτυχημένα ατυχήματα της ιστορίας των τροφίμων, που πιθανότατα ανακαλύφθηκε όταν ένας κτηνοτρόφος αποφάσισε να αποθηκεύσει λίγο φρέσκο γάλα σε ένα μάρσιπο, που κατασκευάστηκε από το στομάχι ενός προβάτου και αργότερα άνοιξε για να βρει το υγρό που μετατράπηκε σε πήγματα λιπαρής ύλης. Στα μηρυκαστικά ζώα όπως οι αγελάδες και τα πρόβατα, το τέταρτο στομάχι φιλοξενεί πυτιά, ένα φυσικό ένζυμο που τυλίγει το γάλα, διαχωρίζοντάς το σε στερεά τυρόπηγματα και υγρό ορού γάλακτος. Για την παρασκευή τυριού, είναι απαραίτητη η χρήση κάποιων συστατικών όπως το γάλα, το αλάτι και οι ζωντανές μικροβιακές καλλιέργειες συμπεριλαμβανομένης της πυτιάς (Fox et al., 2017).

Τα ειδικά στελέχη μικροβίων που προστίθενται στο γάλα διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο παρέχοντας σε κάθε ποικιλία τυριού την ξεχωριστή γεύση της. Το γάλα αποτελεί πλούσια πηγή θρεπτικών συστατικών για τα βακτήρια που μολύνουν αυτό και αναπτύσσονται καλά σε συνθήκες περιβάλλοντος. Ορισμένα βακτήρια μόλυνσης χρησιμοποιούν το σάκχαρο και τη λακτόζη του γάλακτος ως πηγή ενέργειας, παράγοντας γαλακτικό οξύ ως παραπροϊόν. Τα βακτήρια αυτά είναι γνωστά πλέον ως βακτήρια γαλακτικού οξέος (LAB) και περιλαμβάνουν τα γένη *Lactococcus*, *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Enterococcus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus* και *Wiessla*. Τα LAB χρησιμοποιούνται στην παραγωγή ενός ευρέος φάσματος ζυμούμενων γαλακτοκομικών προϊόντων, κρέατος και φυτικών προϊόντων (Janzen et.al, 2010). Γενικά θεωρείται ότι είναι ωφέλιμοι για την υγεία του ανθρώπου και έχουν μελετηθεί εκτενώς. Όταν παραχθεί αρκετό οξύ, οι κύριες πρωτεΐνες του γάλακτος, οι καζεΐνες, πήζουν σε θερμοκρασία περιβάλλοντος (21 °C) στην περιοχή των ισοηλεκτρικών τους σημείων (~pH 4,6) σχηματίζοντας μια πηκτή, στην οποία εγκλωβίζονται οι λιπαρές και οι υδατικές φάσεις του γάλακτος (Papademas et al., 2018)

Η παραπάνω διαδικασία περιγράφει την παρασκευή ζυμούμενο τυριού, που αναπτύχθηκε χάρη στους αιώνες πειραματισμού και καινοτομίας της τυροκομίας. Το τυρί είναι η πιο ποικιλόμορφη ομάδα γαλακτοκομικών προϊόντων και η πιο

ενδιαφέρουσα και απαιτητική από ακαδημαϊκής άποψης. Ενώ πολλά γαλακτοκομικά προϊόντα, εάν παρασκευάζονται και αποθηκεύονται σωστά είναι βιολογικά, βιοχημικά και χημικά πολύ σταθερά, αντίθετα τα τυριά είναι βιολογικά και βιοχημικά ενεργά και κατά συνέπεια, υφίστανται αλλαγές στη γεύση, την υφή και τη λειτουργικότητα, σε βαθμό που εξαρτάται από την ποικιλία κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης (Law et al., 2011). Καθ' όλη τη διάρκεια της παρασκευής και της ωρίμανσης ακολουθεί μια σειρά διαδοχικών και ταυτόχρονων ενεργειών δηλαδή, βιοχημικά γεγονότα τα οποία, εάν συγχρονιστούν και ισορροπηθούν, οδηγούν σε προϊόντα με ιδιαίτερα επιθυμητά αρώματα και γεύσεις, αλλά αν υπάρξει ανισορροπία, οδηγούν σε μη επιθυμητές γεύσεις και οσμές. Μέχρι σήμερα, υπάρχουν δεκάδες ποικιλίες διαφορετικών τυριών στην αγορά, το καθένα με τη δική του μοναδική γεύση και υφή (Fox et al., 2017).

1.2 Ταξινόμηση Τυριών

Είναι σημαντικό να γνωρίζουμε ότι η ταξινόμηση διαφόρων τύπων τυριών είναι αρκετά πολύπλοκη διαδικασία , καθώς στο εμπόριο υπάρχουν πάρα πολλά είδη τυριών και δεν χρησιμοποιούνται για την ταξινόμηση τους κοινά κριτήρια. Συμπερασματικά, τα είδη τυριού μπορούν να ταξινομηθούν ανάλογα με την υφή, το ποσοστό υγρασίας, το ποσοστό λίπους, τη γεύση, την ηλικία, τη μέθοδο παρασκευής, το είδος του γάλακτος που χρησιμοποιήθηκε, το χρώμα, τη χώρα προέλευσης και την περιοχή προέλευσης στα παρακάτω σύμφωνα με τους Fox et al. (2017):

- *Μαλακά τυριά* : Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα φρέσκα τυριά και τα τυριά ωρίμανσης. Τα πιο γνωστά μαλακά ωριμασμένα τυριά είναι το Brie και το Camembert, και τα δύο από τη Γαλλία. Το διακριτικό χαρακτηριστικό αυτών των κρεμώδη, γήινων τυριών είναι μια λεπτή λευκή κρούστα ανθοφόρων μυκήτων. Κατά τη διάρκεια μιας σύντομης περιόδου ωρίμανσης, τα μαλακά ωριμασμένα τυριά εκτίθενται σε ιδιαίτερα στελέχη μούχλας, όπως το *Penicillium camemberti* που λειτουργούν από έξω για τη μετατροπή των λιπών σε αρωματικές ενώσεις που ονομάζονται κετόνες. Οι κετόνες που δημιουργήθηκαν από τον *P. camemberti* προσδίδουν στο Camembert ένα άρωμα αμμωνίας. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν το Brie, Camembert και

Cambozola. Στα φρέσκα τυριά ανήκουν το Cottage, Mascarpone, Ricotta (Fox et al., 2017)

- *Μπλε τυριά*: Τα ιδιαίτερα στελέχη των μυκήτων που παράγουν τυριά με μπλε ραβδώσεις περιλαμβάνουν το *Penicillium roqueforti*, που πήρε το όνομά του από μια μούχλα που είναι κοινή στις σπηλιές στην περιοχή του Ροκφόρ της Γαλλίας. Είναι ενδιαφέρον ότι το μπλε καλούπι θα μεγαλώσει μόνο όταν εκτεθεί στον αέρα. Τα μπλε τυριά έχουν έντονες, αλμυρές, καρυκευμένες γεύσεις και περιλαμβάνουν ποικιλίες όπως: Roquefort, Gorgonzola, Stilton, Danish Blue (Papademas et al., 2018).
- *Τυριά με οπές*: Ορισμένες ποικιλίες με εσωτερική βακτηριακή ωρίμανση χαρακτηρίζονται από την ανάπτυξη ματιών που προκαλούνται από το CO₂, που παράγεται από τον βακτηριακό μεταβολισμό και παγιδεύεται μέσα στο τυρόπηγμα. Η ανάπτυξη των ματιών στο τυρί διέπεται από τον ρυθμό παραγωγής αερίου εξαιτίας των βακτηρίων και την ικανότητα του τυροπήγματος να συγκρατεί το αέριο. Υπάρχουν δύο κύριες οικογένειες τυριών με μικρά μάτια (Edam, Gouda και συγγενικές ποικιλίες) και οι ελβετικοί τύποι (Swiss Types), οι οποίοι χαρακτηρίζονται από μεγάλα μάτια (Fox et al., 2017)
- *Ημισκληρα τυριά*: Στα ημισκληρα τυριά περιλαμβάνονται τα Colby και Monterey (τυριά τύπου Cheddar), ορισμένες ποικιλίες βρετανικών εδαφών (Caerphilly, Lancashire και Wensleydale) και τυριά όπως το Bryndza (Σλοβακία) και το Majorero (Ισπανία) με υγρασία μικρότερη του 46%.
- *Σκληρά τυριά* : Τα σκληρά τυριά παίρνουν τη γεύση τους από το στέλεχος των βακτηρίων που εισάγεται στο γάλα και το χρόνο ωρίμανσης. Διαφορετικά στελέχη βακτηρίων χρησιμοποιούνται ως «αρχικές καλλιέργειες» για την παραγωγή διαφορετικών ποικιλιών τυριού (Janzen et al., 2010). Στα σκληρα τυριά, η διάρκεια της διαδικασίας παλαίωσης θα καθορίσει τη σκληρότητα του τυριού και την «οξύτητα» του γευστικού του προφίλ. Αυτό συμβαίνει επειδή, το τυρί χάνει την υγρασία καθώς ωριμάζει και ενισχύει τη φυσική γεύση των πρωτεϊνών που δημιουργούνται από τους βακτηριακούς πολιτισμούς. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν το Cheddar, Κεφαλοτύρι και Γραβιέρα με ποσοστό υγρασίας που δεν υπερβαίνει το 38% (Fox et al., 2017).
- *Πολύ σκληρά τυριά*: Η πλειονότητα των εξαιρετικά σκληρών εσωτερικών βακτηριακά ωριμασμένων ποικιλιών τυριού προέρχεται από από την Ιταλία,

ωριμάζουν συνήθως για μεγάλο χρονικό διάστημα και συχνά έχουν σκληρή, κοκκώδη υφή με υγρασία που δεν υπερβαίνει το 32%. Μπορούν να καταναλωθούν ως επιτραπέζια τυριά όταν είναι νεαρά ή σε τριμμένη μορφή όταν ώριμα (Papademas et al., 2018). Η σκληρή υφή αυτών των τυριών προκύπτει από τη χρήση ημιαποβουτυρωμένου γάλακτος για την παρασκευή τους, την υψηλή θερμοκρασία μαγειρέματος και την εξάτμιση της υγρασίας κατά την ωρίμανση. Τα τυριά αυτά χαρακτηρίζονται από την έντονη αλμυρότητα τους και το πλούσιο γευστικό προφίλ ουμάμι. Τέτοια τυριά είναι η Παρμεζάνα και το Γκράνα Παντάνο (Fox et al., 2017)

Πίνακας 1. :Ταξινόμηση τυριών με βάση το ποσοστό υγρασίας

Κατηγορία	Ποσοστό υγρασίας	Υφή	Ποικιλία Τυριού
Χαμηλή τιμή υγρασία	13–34%	Πολύ σκληρό	Parmigiano, Pecorino
Μεσαία τιμή υγρασία	34–45%	Σκληρό/ Ημισκληρο	Cheddar, Γραβιέρα, Gouda, Edam
Υψηλή τιμή υγρασίας	45–55%	Μαλακό	Mozzarella, blue cheese , Brie
Πάρα πολύ υψηλή τιμή υγρασίας	55–80%	Πολύ Μαλακό	Cottage, cream, ricotta

1.3 Τυριά Π.Ο.Π

Η ιδέα της προστασίας και της διατήρησης της παραδοσιακής ποικιλίας των τροφίμων, συμπεριλαμβανομένου του τυριού, ξεκίνησε από τη Σύμβαση των Παρισίων του 1883, όπου ο όρος `Appellation d'Origine Contrôlée εισήχθη για να αναγνωρίσει συγκεκριμένη κληρονομιά των προϊόντων διατροφής από συγκεκριμένες περιοχές, ενώ



Εικόνα 1: Επίσημες ετικέτες της Ευρωπαϊκής Ένωσης για γεωγραφικές ενδείξεις και παραδοσιακά ιδιότυπα προϊόντα. Αριστερά προς δεξιά: Προστατευόμενη Ονομασία Προέλευσης (ΠΟΠ-κόκκινο και κίτρινο), Προστατευόμενη Γεωγραφική Ένδειξη (ΠΓΕ-μπλε και κίτρινο), Εγγυημένο παραδοσιακό ιδιότυπο προϊόν (ΕΠΠ-μπλε και κίτρινο) (Parademas et al., 2018).

παράλληλα εγγυάται την γνησιότητα του προϊόντος. Η έννοια αυτή διαδόθηκε ευρέως στην Ευρώπη και αντικαταστάθηκε από το σύστημα της ΕΕ (1992), «Προστατευόμενη ονομασία προέλευσης» (ΠΟΠ), το οποίο εφαρμόζεται στα τρόφιμα που παράγονται, μεταποιούνται και παρασκευάζονται σε μια συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή (Parademas et al., 2018). Τα τρόφιμα με την ονομασία «Προστατευόμενη Γεωγραφική Ένδειξη» (ΠΓΕ) έχουν γεωγραφικό δεσμό με μια συγκεκριμένη περιοχή κατά τη διάρκεια τουλάχιστον ενός σταδίου παραγωγής, μεταποίησης ή παρασκευής, ενώ τα τρόφιμα με την ονομασία «Εγγυημένο παραδοσιακό ιδιότυπο προϊόν» (Ε.Τ.Π.) έχουν ένα παραδοσιακό χαρακτηριστικό, είτε ως προς τη σύνθεση, είτε ως προς τα μέσα παραγωγής (McSweeney, 2007). Όπως αναφέρεται στον κανονισμό αριθ. 2081/92 της ΕΕ (1992), η «ονομασία προέλευσης» αποδίδεται σε τρόφιμα που προέρχονται από μια καθορισμένη γεωγραφική περιοχή. Η πολιτική αυτή αποσκοπεί κυρίως στην προστασία και την αύξηση της αγοράς τροφίμων με τυπικά χαρακτηριστικά, που εξαρτώνται από την προέλευσή τους και στην ευνόηση των καταναλωτών που επιθυμούν να επιλέγουν τρόφιμα με καθορισμένη γεωγραφική προέλευση. Οι χώρες της Ε.Ε με τον μεγαλύτερο αριθμό τυριών ΠΟΠ είναι το Βέλγιο, Γερμανία, Ελλάδα, Ισπανία, Γαλλία, Ιρλανδία, Ιταλία, Κάτω Χώρες, Αυστρία, Πορτογαλία και Ηνωμένο Βασίλειο (McSweeney, 2007).

Η Ελλάδα είναι μια χώρα που διαθέτει μεγάλη εμπειρία και παράδοση στην διαδικασία της παραγωγής τυριού. Τα διαφορετικά περιβάλλοντα και μικροκλίματα βοήθησαν στην ανάπτυξη διαφόρων τυροκομικών διαδικασιών και κατά συνέπεια στην μεγάλη ποικιλία παραγωγής τυριών. Το σύστημα γεωγραφικών ενδείξεων

περιλαμβάνει προστατευόμενη ονομασία προέλευσης (ΠΟΠ) και καθεστώς προστατευόμενων γεωγραφικών ενδείξεων (ΠΓΕ) για τυριά που συνδέονται με τον τόπο παραγωγής τους και την παραδοσιακή τεχνογνωσία τους. Στην Ελλάδα, είκοσι δύο τυριά είναι καταχωρισμένα ως προστατευόμενης ονομασίας προέλευσης (ΠΟΠ), μερικά από αυτά αναφέρονται στον Πίνακα 2 που ακολουθεί. Κάποια από αυτά είναι η γραβιέρα Κρήτης (Kasapian et al., 2014). Τα χαρακτηριστικά τους ενδέχεται να ποικίλλουν λόγω πολλών παραγόντων, όπως οι περιβαλλοντικές και ειδικές συνθήκες παραγωγής, η έλλειψη τυποποιημένης διαδικασίας παραγωγής κ.λπ. Μερικά από αυτά τα τυριά παράγονται σε μεγάλη κλίμακα και πωλούνται σε πολλές διαφορετικές περιοχές της Ελλάδας, ενώ άλλα παράγονται και καταναλώνονται τοπικά ή ακόμα και σε οικιακό επίπεδο (Kasapian et al., 2015). Πολλά από αυτά κατασκευάζονται εποχιακά λόγω της εποχιακής γονιμότητας των φυλών ζώων από ωμό κυρίως γάλα και πωλούνται στις τοπικές αγορές, επομένως, είναι πολύ δύσκολο να ποσοτικοποιηθεί με ακρίβεια η τρέχουσα παραγωγή τους. Αν και έχουν μεγάλη φήμη στις τοπικές περιοχές, η εμπορική παραγωγή τους είναι απαραίτητη λόγω της αυξανόμενης ζήτησης (Παπά & Κονδύλη, 2023).

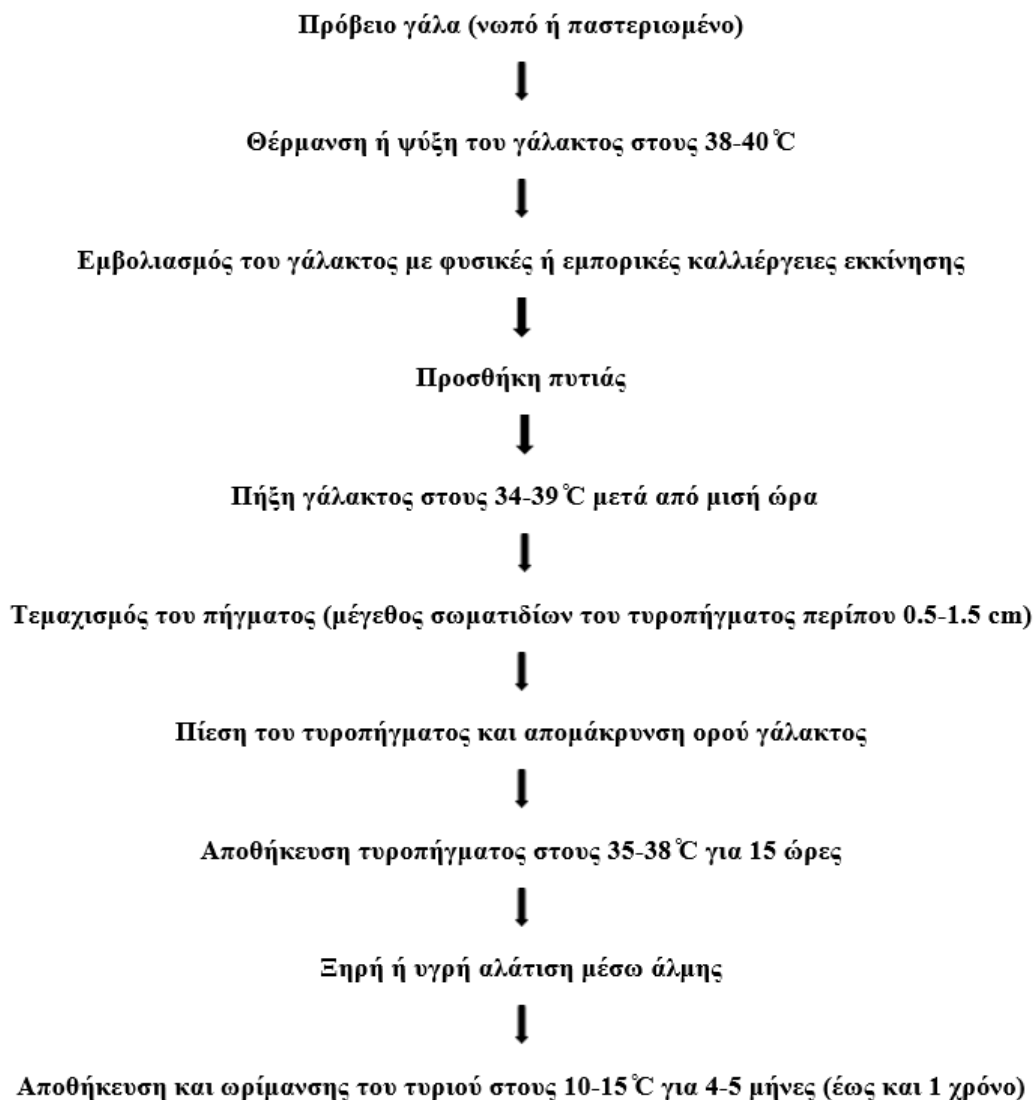
Πίνακας 2. :Κατάλογος Ελληνικών τυριών ΠΟΠ

Ονομασία	Τύπος τυριού	Τρόπος ωρίμανσης
Γραβιέρα Αγράφων	Σκληρό	Ωριμασμένο
Γραβιέρα Κρήτης	Σκληρό	Ωριμασμένο
Γραβιέρα Νάξου	Σκληρό	Ωριμασμένο
Κεφαλογραβιέρα	Σκληρό	Ωριμασμένο
Λαδοτύρι Μυτιλήνης	Σκληρό	Ωριμασμένο
Φορμαέλλα Αράχωβας Παρνασσού	Ημισκληρο	Ωριμασμένο
Μπάτζος	Ημισκληρο	Λευκό τυρί άλμης

Σαν Μηχάλη	Ημισκληρο	Ωριμασμένο
Κασέρι	Μαλακό	Αναπλαθόμενη Μάζα
Σφέλα	Μαλακό	Λευκό τυρί άλμης
Ανεβατό	Μαλακό	Ωριμασμένο
Γαλοτύρι	Μαλακό	Ωριμασμένο
Κατίκι Δομοκού	Μαλακό	Φρέσκο
Κοπανιστή	Μαλακό	Φρέσκο
Πηχτόγαλο Χανίων	Μαλακό	Φρέσκο
Μετσοβόνα	Ημισκληρο	Ωριμασμένο
Καλαθάκι Λήμνου	Μαλακό	Λευκό τυρί άλμης
Φέτα	Μαλακό	Λευκό τυρί άλμης
Μανούρι	Μαλακό	Τυρογάλακτος
Ξυνομυζήθρα Κρήτης	Μαλακό	Τυρογάλακτος

1.4 Διαδικασία παρασκευής Τυριών Ωρίμανσης

Η παρασκευή όλων των τυριών ωρίμανσης ακολουθεί ένα παρόμοιο πρωτόκολλο (Εικόνα 2) με διάφορα στάδια, που προσδίδουν σε κάθε ποικιλία τα δικά της επιθυμητά χαρακτηριστικά.



Εικόνα 2: Στάδια παρασκευής τυριών ωρίμανσης

1.4.1 Ο ρόλος του γάλακτος στην παρασκευή τυριών

Η σύνθεση του τυριού είναι ισχυρά επηρεασμένη από τη σύνθεση του γάλακτος που χρησιμοποιείται κατά την παρασκευή του. Τα συστατικά του γάλακτος που συμμετέχουν στην σύνθεση του τυριού είναι το λίπος, η πρωτεΐνη, το pH και το ασβέστιο. Η γεύση, η υφή και γενικότερα η ποιότητα του τυριού εξαρτώνται από την πρώτη ύλη, δηλαδή το γάλα. Συγκεκριμένα, τα συστατικά του γάλακτος, επηρεάζονται από διάφορους παράγοντες, όπως το είδος/φυλή, η διατροφική κατάσταση, η υγεία και το στάδιο της γαλουχίας του γάλακτος (Fox et al., 2017).

Είναι γνωστό ότι, το γάλα μεταξύ των φυλών και περισσότερο μεταξύ των ειδών παρουσιάζει αρκετές διαφορές ως προς τη σύνθεση. Το πρόβειο γάλα σε αντίθεση με το αγελαδινό έχει μεγαλύτερη απόδοση σε τυρί, εξαιτίας της μεγαλύτερης περιεκτικότητας σε λίπος και πρωτεΐνη (Κεχαγιάς & Τσάκαλη, 2020). Η χρήση πρόβειου γάλακτος για την παρασκευή τυριών, οδηγεί σε παραγωγή προϊόντων με συστατικά που ασκούν επιρροή στη διατροφή και στη λειτουργία του ανθρώπου. Το πρόβειο γάλα είναι φυσικά πλούσιο σε βιοδραστικές ουσίες όπως: βιταμίνες, μέταλλα, L-καρνιτίνη και ένα ευνοϊκό προφίλ λιπαρών οξέων. Ωστόσο, ορισμένες από τις ουσίες χάνονται μαζί με τον ορό γάλακτος κατά την τυροκόμηση. Τα τυριά εμπλουτίζονται επίσης με βιολογικά ενεργές ουσίες κατά τη διαδικασία της ζύμωσης και της ωρίμανσης, από τη διάσπαση των κύριων συστατικών του γάλακτος, λιπών και πρωτεϊνών (Skotniczny et al., 2021). Συγκεκριμένα, τα πιο σημαντικά και καλύτερα μελετημένα βιοδραστικά συστατικά των τυριών από πρόβειο γάλα είναι τα λιπαρά οξέα. Η ποσότητά τους εξαρτάται κυρίως από την περιεκτικότητά τους στο μη επεξεργασμένο γάλα. Το καλοκαίρι, τα κορεσμένα λιπαρά οξέα μειώνονται υπέρ των ακόρεστων λιπαρών οξέων (Law et al., 2011). Οι αλλαγές αυτές οφείλονται κυρίως στον τρόπο διατροφής των ζώων, με διαφορετική διαθεσιμότητα βοσκοτόπων και σύνθεση λιπαρών οξέων των χόρτων (Nudda et al., 2005). Το προφίλ των ελεύθερων λιπαρών οξέων στο τυρί εξαρτάται επίσης από τη διαδικασία παστερίωσης, τον τύπο του πηκτικού που χρησιμοποιείται και τις παραμέτρους της παραγωγής του τυριού. Η διατροφική αξία του λίπους του πρόβειου γάλακτος είναι ιδιαίτερα αναγνωρισμένη λόγω των δυνητικών οφελών των λιπαρών οξέων (ΛΟ) για την υγεία, όπως το συζευγμένο λινολεϊκό οξύ (CLA) (Govari et al., 2020). Σε αντίθεση με το πρόβειο

γάλα, το αγελαδινό διαθέτει περισσότερα καροτένια δίνοντας τυριά με πιο κιτρινωπό χρώμα. Το γάλα από διαφορετικά είδη ζώων παρουσιάζουν ποσοτικές διαφορές των ίδιων συστατικών, επηρεάζοντας έτσι τα χαρακτηριστικά του τυριού (Κεχαγιάς & Τσάκαλη, 2020). Επιπρόσθετα, το γάλα πρέπει να είναι απαλλαγμένο από χημικές αλλοιώσεις και ελεύθερα λιπαρά οξέα, τα οποία προκαλούν αλλοιώσεις στο τυρί και αντιβιοτικά που αναστέλλουν τις βακτηριακές καλλιέργειες. Το γάλα πρέπει να είναι καλής μικροβιολογικής ποιότητας, καθώς τα βακτήρια που επιμολύνουν το γάλα θα συγκεντρωθούν στο τυρόπηγμα και μπορεί να επηρεάσουν αρνητικά την ποιότητα του τυριού καθώς και να προκαλέσουν ελαττώματα ή προβλήματα δημόσιας υγείας (Fox et al., 2017). Επιπλέον, τα τυριά από πρόβειο γάλα είναι πιο πλούσια σε ασβέστιο, φώσφορο και μαγνήσιο σε σχέση με τα τυριά που παρασκευάζονται από αγελαδινό γάλα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα μέταλλα του πρόβειου γάλακτος συνδέονται με το κλάσμα των μικκυλίων καζεΐνης που σχηματίζουν το τυρόπηγμα (Skotniczny et al., 2021). Ωστόσο, ένα μέρος τους μπορεί επίσης να υπάρχει σε διαλυτή, ελεύθερη μορφή στο γάλα. Για το λόγο αυτό, τα τυριά περιέχουν αρκετές φορές περισσότερο ασβέστιο και φώσφορο από το γάλα (φρέσκα τυριά 4-5 φορές, ημίσκληρα τυριά 7-8 φορές, σκληρά τυριά 10 φορές) (Chia et al., 2017). Ταυτόχρονα, το πρόβειο γάλα είναι ιδιαίτερα πλούσιο σε σιαλικό οξύ (Sia), οικογένεια όξινων σακχάρων άλφα-κετοοξέον με σκελετό από εννέα άτομα άνθρακα που περιέχονται σε ολιγοσακχαρίτες, γλυκολιπίδια και γλυκοπρωτεΐνες. Η ποσότητά του στο γάλα εξαρτάται από τη γενετική, τη φυλή των ζώων, τη διατροφή τους, τη γεωγραφική θέση, την περίοδο γαλουχίας ή από συνδυασμό αυτών των παραγόντων (Zamberlin et al., 2012). Κατά την τυροκόμηση, με τη δράση της πυτιάς, η κ-καζεΐνη του γάλακτος υδρολύεται σε παρα-κ-καζεΐνη, η οποία παραμένει στο τυρόπηγμα και σε γλυκομακροπεπτίδιο, το οποίο απομακρύνεται μαζί με τον ορό γάλακτος με όλα τα σάκχαρα της κ-καζεΐνης, συμπεριλαμβανομένου του σιαλικού οξέος (Costa et al., 2019). Έτσι, τα χαρακτηριστικά των τυριών διαμορφώνονται με το είδος του γάλακτος που θα χρησιμοποιηθεί κατά την παρασκευή με ταυτόχρονη συμμετοχή των περιβαντολογικών παραγόντων (Skotniczny et al., 2021).

1.4.2 Τυποποίηση Γάλακτος

Το γάλα που επρόκειτο να χρησιμοποιηθεί στην παρασκευή τυριού, είναι απαραίτητο να τυποποιηθεί έτσι ώστε να παραχθεί τυρί που να συμφωνεί με τα standards σε υγρασία και λίπος. Οι διάφορες ποικιλίες τυριών έχουν χαρακτηριστική περιεκτικότητα σε λίπος. Συγκεκριμένα μια ορισμένη αναλογία λίπους προς πρωτεΐνη έχει νομική υπόσταση στα "Πρότυπα ταυτότητας" για πολλές ποικιλίες τυριών (Fox et al., 2017). Ενώ, η περιεκτικότητα του τυριού σε υγρασία και συνεπώς το επίπεδο λίπους και πρωτεΐνης καθορίζεται κυρίως από το πρωτόκολλο παρασκευής, η αναλογία λίπους/πρωτεΐνης καθορίζεται κυρίως από την αναλογία λίπους προς καζεΐνη στο γάλα (Papademas et al., 2018). Η επιθυμητή αναλογία καζεΐνης/λίπους μπορεί να πραγματοποιηθεί με αφαίρεση λίπους με φυσική κρεμοποίηση, όπως στην παρασκευή του Parmigiano Reggiano ή φυγοκέντρηση με την προσθήκη αποβουτυρωμένου γάλακτος, προσθήκη κρέμας γάλακτος, προσθήκη γάλακτος σε σκόνη (Κεχαγιάς & Τσάκαλη, 2020). Τέτοιες προσθήκες αυξάνουν επίσης την περιεκτικότητα του γάλακτος σε ολικά στερεά και συνεπώς την απόδοση του τυριού. Το ασβέστιο παίζει σημαντικό ρόλο στην πήξη του γάλακτος με την πυτιά και την επακόλουθη επεξεργασία του πήγματος και ως εκ τούτου είναι κοινή πρακτική η προσθήκη CaCl_2 (π.χ, 0,01%) στο τυροκομικό γάλα (Fox et al., 2017).

1.4.3 Θερμική επεξεργασία γάλακτος

Παραδοσιακά, όλα τα τυριά παρασκευάζονταν από νωπό γάλα, μια πρακτική που παρέμεινε ευρέως διαδεδομένη μέχρι τη δεκαετία του 1940. Ακόμη και σήμερα, σημαντικές ποσότητες τυριού παρασκευάζονται στην Ευρώπη από νωπό γάλα. Η χρήση νωπού γάλακτος μπορεί να είναι ανεπιθύμητη σύμφωνα με τους Fox et al. (2017) λόγω:

- Ασφάλειας στη δημόσια υγεία
- Παρουσίας ανεπιθύμητων μικροοργανισμών που μπορεί να προκαλέσουν ελαττώματα ή μεταβλητότητα στη γεύση ή/και την υφή
- Οικονομικών απωλειών από αλλοιώσεις του προϊόντος λόγω χρήσης γάλακτος κατώτερης ποιότητας

Για να υπάρξει μικροβιολογική ασφάλεια, το νωπό γάλα μπορεί να παστεριωθεί ή να πραγματοποιηθεί κάποια θερμική επεξεργασία όχι όμως ισοδύναμη της παστερίωσης (θέρμισμα) (Fox et al., 2017). Η θερμική αυτή επεξεργασία δεν καταστρέφει τα παθογόνα μικρόβια καθώς η θερμοκρασία μπορεί να κυμαίνεται από

50-68 °C. Με τη χρήση του παστεριωμένου γάλακτος, επιτυγχάνεται η μετατροπή των μειονεκτημάτων της χρήσης νεπού γάλακτος που αναφέρθηκαν παραπάνω σε πλεονεκτήματα. Η μέθοδος παστερίωσης που ακολουθείται στις μερισσότερες βιομηχανίες είναι η HTST (High-Temperature Short-Time) στους 72°C για 15 δευτερόλεπτα. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι, η θερμική επεξεργασία δεν πρέπει να υπερβαίνει τη διαδικασία της παστερίωσης διότι υπάρχει κίνδυνος μετουσίωσης των υδατοδιαλυτών πρωτεϊνών με αποτέλεσμα, να μην πραγματοποιηθεί σωστή αφυδάτωση του πήγματος επηρεάζοντας ταυτόχρονα την υφή του τυριού. Ταυτόχρονα με τη θανάτωση των παθογόνων μικροοργανισμών κατά τη παστερίωση, καταστρέφονται και βακτήρια που είναι υπεύθυνα για την παραγωγή του γαλακτικού οξέος αλλοιώνοντας με αυτόν τον τρόπο την χαρακτηριστική γεύση του τυριού. Απαραίτητη, λοιπόν, πρέπει να είναι η προσθήκη οξυγαλακτικών καλλιεργιών στο γάλα που επρόκειτο να παστεριωθεί (Κεχαγιάς & Τσάκαλη, 2020).

1.4.4 Πήξη του γάλακτος

Αφού το γάλα τυποποιηθεί, παστεριωθεί ή υποστεί άλλη επεξεργασία, μεταφέρεται σε δεξαμενές (ή βραστήρες) που ποικίλλουν ως προς το σχήμα (ημισφαιρικό, ορθογώνιο, κάθετο, κατακόρυφο ή οριζόντια κυλινδρικά), μπορεί να είναι ανοικτά ή κλειστά. Εδώ, μετατρέπεται σε τυρόπηγμα, μια διαδικασία που περιλαμβάνει την οξίνιση και την ενζυμική πήξη (Fox et al., 2017).

Η οξίνιση επιτυγχάνεται συνήθως με την επιτόπια παραγωγή γαλακτικού οξέος μέσω της ζύμωσης του σακχάρου του γάλακτος, δηλαδή της λακτόζης, από βακτήρια γαλακτικού οξέος. Με άλλα λόγια, η παρασκευή τυριών με όξινη πήξη (π.χ. Cottage, Quark και Γαλοτύρι) βασίζεται στην ιδιότητα ότι, οι καζεΐνες είναι αδιάλυτες στο ισοηλεκτρικό τους σημείο (pH 4,6) και επομένως σχηματίζουν πηκτή στην οποία εγκλωβίζεται το λίπος (Law et al., 2011). Η άμεση οξίνιση με τη χρήση οξέος (συνήθως γαλακτικού ή HCl) ή οξεογόνου (συνήθως γλυκονικού οξέος-δ-λακτόνης) μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εναλλακτική λύση στη βιολογική οξίνιση και χρησιμοποιείται εμπορικά σε σημαντικό βαθμό στην παρασκευή τυροκομικών προϊόντων, τυριού τύπου Φέτα (Parademas et al., 2018). Η οξίνιση, με τον κατάλληλο ρυθμό και χρόνο, είναι ίσως το πιο κρίσιμο βήμα στην παρασκευή τυριού και διαδραματίζει διάφορους σημαντικούς ρόλους, καθώς ελέγχει ή εμποδίζει την ανάπτυξη μικροοργανισμών που

προκαλούν αλλοίωση ή παθογένεια, επηρεάζει τη δραστηριότητα των ενζύμων κατά την ωρίμανση και ως εκ τούτου διαμορφώνει τη γεύση και την ποιότητα του τυριού, προάγει τη συνένωση και συμβάλλει στον προσδιορισμό της σύνθεσης του, επηρεάζοντας ταυτόχρονα τη δραστηριότητα του πηκτικού μέσου κατά την παρασκευή (Papademas et al., 2018). Επίσης, η οξίνιση επιδρά στον ρυθμό πρωτεόλυσης κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης. Τέλος, ο ρυθμός οξίνισης, ο οποίος εξαρτάται από την ποσότητα και τον τύπο του χρησιμοποιούμενου εκκινητή (μεσόφιλος, θερμοφίλος ή μείγμα) και από το θερμοκρασιακό προφίλ του τυροπήγματος, έχει σημαντική επίδραση στην υφή του τυριού. Ανεξάρτητα από το ρυθμό οξίνισης, το τελικό pH του τυροπήγματος για τα περισσότερα σκληρά τυριά είναι στο εύρος 5,0-5,3 (Fox et al., 2017).

Η πλειονότητα των τυριών παρασκευάζεται με ενζυμική πήξη, δηλαδή με την προσθήκη πυτιάς. Παραδοσιακά, η πυτιά προέρχεται από τα στομάχια νεαρών ζώων (μοσχαριών, κατσικιών), οι οποίες περιέχουν κυρίως χυμοσίνη (95%) και λίγη πεψίνη. Η πάστα πυτιάς είναι ένα παραδοσιακό παρασκεύασμα πυτιάς που χρησιμοποιείται για την πήξη του γάλακτος σε μεγάλο βαθμό και στη Ελλάδα (Papademas et al., 2018). Εκτός από τη χυμοσίνη και την πεψίνη, η πάστα πυτιάς περιέχει μια λιπάση, την προγαστρική εστεράση, η οποία είναι πολύ σημαντική για τη λιπόλυση σε αυτά τα τυριά. Η πλειονότητα των τυριών παράγεται σήμερα με τη χρήση εμπορικά παρασκευασμένης υγρής πυτιάς (Law et al., 2011). Η παρασκευή τυριών με πυτιά βασίζεται στο γεγονός, ότι η κ-καζεΐνη υδρολύεται με την χυμοσίνη (δηλαδή την πυτιά), προκαλώντας την πήξη της (Papademas et al., 2018). Η δράση της πυτιάς εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη θερμοκρασία, το pH, τη συγκέντρωση ασβεστίου και την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες. Σε θερμοκρασία 40-41 °C η πυτιά δρα άριστα, αλλά σε θερμοκρασία 32-34 °C λαμβάνεται καλύτερο πήγμα για την παρασκευή τυριού. Το άριστο pH για τη δράση της χυμοσίνης είναι 5,0-5,5. Σε τιμές μεγαλύτερες του 7,0 δεν πραγματοποιείται η πήξη (Κεχαγιάς & Τσάκαλη, 2020).

1.4.5 Τεμαχισμός τυροπήγματος

Όταν πραγματοποιηθεί η πήξη του τυροπήγματος, ακολουθεί ο τεμαχισμός του τζελ, λαμβάνοντας υπόψη την σκληρότητά του, με ειδικά μαχαίρια, δηλαδή τυροκόπτες κατακόρυφα και οριζόντια, με σκοπό την αποβολή υγρασίας (Κεχαγιάς & Τσάκαλη, 2020). Παραδοσιακά, η κατάλληλη σκληρότητα καθορίζεται υποκειμενικά από τον τυροκόμο, αλλά



Εικόνα 4. :Τεμαχισμός τυροπήγματος με επαγγελματικούς τυροκόπτες

πιο πρόσφατα προσδιορίζεται αντικειμενικά με ρεολογικές μετρήσεις ή τεχνικές σκέδασης φωτός. Το μέγεθος των σωματιδίων του τυροπήγματος καθορίζεται κυρίως από το χρόνο και το ρυθμό κοπής και ποικίλλει ανάλογα με το τυρί (Law et al., 2011). Τα σωματίδια μπορεί να μοιάζουν με τους κόκκους ρυζιού ή σιταριού (για τις πολύ σκληρές ποικιλίες, π.χ. Parmigiano Reggiano) ή με καλαμπόκι (για σκληρά, π.χ. Kefalograviera και ημίσκληρα, π.χ. Raclette du Valais) έως 8 cm³ κύβους (για μαλακό, π.χ. Quark) (Papademas et al., 2018). Στην πράξη, εάν το τυρόπηγμα κόβεται όταν είναι πολύ μαλακό, η περιεκτικότητα σε υγρασία του παραγόμενου τυριού είναι χαμηλότερη. Εάν το ζελέ αφήνεται για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα πριν από την κοπή, η περιεκτικότητα του τυριού σε υγρασία είναι υψηλότερη. Η κοπή έχει ως αποτέλεσμα, τη διεύρυνση της επιφάνειας του τυροπήγματος και έτσι προωθείται η συνένωση (Fox et al., 2017). Όσο μεγαλύτερη είναι η αναλογία επιφάνειας προς όγκο των κομμένων σωματιδίων, δηλαδή όσο μικρότερα είναι τα σωματίδια του πήγματος, τόσο μεγαλύτερη είναι η απελευθέρωση του ορού γάλακτος και τόσο χαμηλότερη είναι η περιεκτικότητα του τυριού σε υγρασία (Papademas et al., 2018). Ζωτικής σημασίας είναι και το είδος γάλακτος, καθώς το πρόβειο γάλα τεμαχίζεται λιγότερο σε σχέση με το γίδινο και αγελαδινό υγρασίας (Κεχαγιάς & Τσάκαλη, 2020).

1.4.6 Ανάδευση και αναθέρμανση τυροπήγματος

Η ανάδευση του τυροπήγματος ξεκινά μετά τη διαίρεσή του. Ο χρόνος και ο βαθμός ανάδευσης του τυροπήγματος εξασφαλίζει την υγρασία του τελικού προϊόντος, μια διαδικασία αφυδάτωσης. Η αναθέρμανση δίνει περισσότερη ευκολία στην

αφυδάτωση, η οποία όμως πρέπει να γίνεται με βραδύ ρυθμό. Με την απότομη αύξηση της θερμοκρασίας μπορεί να δημιουργηθεί σκλήρυνση στην επιφάνεια των τεμαχιδίων του τυροπήγματος με αποτέλεσμα να υπάρξει δυσκολία εξόδου του τυρογάλακτος (Κεχαγιάς & Τσάκαλη, 2020). Η θερμοκρασία ανάδευσης είναι χαρακτηριστική για κάθε ποικιλία τυριού, όπως για παράδειγμα στο Κεφαλοτύρι, όπου η ανάδευση γίνεται σε θερμοκρασία 44°C περίπου, η Κεφαλογραβιέρα στους 48°C, η Γραβιέρα Κρήτης στους 50°C-52°C, Emmental και Parmigiano Reggiano στους 55°C (Papademas et al., 2018). Μετά την κοπή, τα σωματίδια τυροπήγματος αναδεύονται συνεχώς κατά τη διάρκεια του μαγειρέματος και της διατήρησης. Όταν τα σωματίδια συγκρούονται μεταξύ τους αυξάνεται η συνένωση τους. Το μαγείρεμα σε υψηλότερες θερμοκρασίες, για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα και με περισσότερη ανάδευση επιτρέπει στο τυρόπηγμα να συστέλλεται και να αποβάλλει περισσότερο ορό γάλακτος (Fox et al., 2017). Οι επιδράσεις της θερμοκρασίας μαγειρέματος μπορεί να είναι σύνθετες, επηρεάζοντας όχι μόνο τους ρυθμούς παραγωγής γαλακτικού οξέος αλλά και την απομετάλλωση του τυροπήγματος και τη ρυθμιστική ικανότητα. Έτσι, οι χρόνοι μαγειρέματος και οι θερμοκρασίες πρέπει να εξισορροπούνται με λεπτότητα για να συρρικνώνουν, αφυδατώνουν, οξύνουν και απομεταλλώνουν τα σωματίδια του τυροπήγματος καθώς προετοιμάζονται για την ωρίμανση (Papademas et al., 2018).



Εικόνα 5. :Τοποθέτηση τυροπήγματος σε καλούπια, με σκοπό την απομάκρυνση ορού γάλακτος ασκώντας πίεση.

1.4.7 Στράγγιση – Μορφοποίηση τυροπήγματος

Όταν στο προηγούμενο στάδιο, το τυρόπηγμα αποκτήσει την κατάλληλη υφή, το τυρόγαλα απομακρύνεται από τον τυρολέβητα, με ταυτόχρονη τοποθέτηση του τυροπήγματος σε καλούπια για να ξεκινήσει η μορφοποίησή του (Κεχαγιάς & Τσάκαλη, 2020). Όταν έχει επιτευχθεί ο

επιθυμητός βαθμός συνύφανσης και σε ορισμένες περιπτώσεις το επιθυμητό pH, το

τυρόπηγμα διαχωρίζεται από τον ορό γάλακτος. Για την παρασκευή μαλακών τυριών, η μεταφορά του τυροπήγματος γίνεται μαζί με το τυρόγαλα. Κάθε τύπος τυριού που έχει διαφορετική μορφή, καθορίζεται από το σχήμα του καλουπιού που έχει

τοποθετηθεί (Law et al., 2011). Με την τοποθέτηση του τυροπήγματος στα καλούπια, αρχίζει η αποστράγγιση του τυρογάλακτος. Συχνά πραγματοποιούνται και συγκεκριμένοι αριθμός περιστροφών του καλουπιού, με σκοπό την ευκολότερη έξοδο του τυρογάλακτος. Για την παρασκευή σκληρών τυριών, απαραίτητη είναι η άσκηση πίεσης (ειδικά πιεστήρια) ομοιόμορφα στην τυρομάζα, σε χώρο με ελεγχόμενη θερμοκρασία, περίπου 18–20 °C (Κεχαγιάς & Τσάκαλη, 2020).

1.4.8 Αλάτισμα

Το αλάτισμα είναι η τελευταία διαδικασία παραγωγής. Το αλάτισμα εξασφαλίζει τη συντήρηση του τυροπήγματος και τις συνθήκες ζύμωσης του τυριού. Επιπλέον, το

αλάτι συνεισφέρει στη γεύση, την ποιότητα και στα χαρακτηριστικά του τυριού γενικότερα. Το αλάτι (δηλαδή το χλωριούχο νάτριο) προστίθεται σε όλες τις ποικιλίες τυριού σε διαφορετικές όμως ποσότητες (Law et al., 2011). Όσον αφορά τις μεθόδους αλάτισης, το τυρί είτε βυθίζεται σε διάλυμα άλμης 18°-22° Bé (δηλ. 19%-24% NaCl) είτε στις περισσότερες περιπτώσεις σε κορεσμένη άλμη, δηλαδή 21,3° Bé (δηλ. 23% NaCl), είτε το αλάτι τρίβεται στην επιφάνεια του τυριού ή προστίθεται αλάτι στο αλεσμένο τυρόπηγμα (τυρί Cheddar) (Papademas et al., 2018). Η ποσότητα του αλατιού που προσλαμβάνεται από το τυρί εξαρτάται από τη συγκέντρωση της άλμης (ή την ποσότητα του αλατιού που προστίθεται στην περίπτωση του ξηρού αλατισμού), την υγρασία του τυροπήγματος, τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος και την αναλογία της επιφάνειας προς τον όγκο του τυριού (Arvanitoyannis & Mavropoulos, 2000).



Εικόνα 5. :Τοποθέτηση τυριών σε κορεσμένη άλμη



Εικόνα 6. :Ξηρή αλάτιση σε τυριά ωρίμανσης

Το αλάτισμα κατά την ωρίμανση των τυριών επιτελεί ποικίλες λειτουργίες σύμφωνα με τους Fox et al. (2017):

- επηρεάζει την ανάπτυξη και την επιβίωση των βακτηρίων
- επηρεάζει την δραστηριότητα των ενζύμων
- προάγει τη συγκόλληση του τυροπήγματος, με αποτέλεσμα την αποβολή του ορού γάλακτος και συνεπώς την μείωση της υγρασίας του τυριού, κυρίως για τα τυριά που δεν μαγειρεύονται
- τροποποιεί την ενυδάτωση των πρωτεϊνών
- έχει θετική επίδραση στο άρωμα και τη γεύση

Στα τυριά εμφανίζονται διαφορετικές συγκεντρώσεις αλατιού, κυρίως λόγω των διαφορετικών μεθόδων (π.χ. ξηρό αλάτισμα ή άλμη) και το στάδιο στο οποίο αλατίζεται το τυρόπηγμα. Αυτές οι διαφορές στη συγκέντρωση αλατιού έχουν ως αποτέλεσμα διαφορές στη μικροχλωρίδα, στη δραστηριότητα του νερού (aw) και στις τιμές του pH, καθώς και διαφορές στο βαθμό ζύμωσης, πρωτεόλυσης και γεύσης (Fox et al., 2017). Όταν το τυρί τρίβεται με ξηρό αλάτι, σχηματίζεται μια φλούδα ,για παράδειγμα στο Κεφαλοτύρι, το οποίο θα μας απασχολήσει στη συγκεκριμένη έρευνα. Ο φλοιός έχει χαμηλή υγρασία, υψηλή περιεκτικότητα σε αλάτι και καζεΐνες. Ο φλοιός στην πραγματικότητα επιβραδύνει την απώλεια υγρασίας από το υπόλοιπο σώμα του τυριού και το εσωτερικό του τυριού δεν ξηραίνεται υπερβολικά (Arvanitoyannis & Maniopoulos, 2000). Ο φλοιός προστατεύει το εσωτερικό μέρος ως φυσικό υλικό συσκευασίας, ενώ οι μεταβολίτες της επιφανειακής μικροχλωρίδας συμβάλλουν στην ανάπτυξη των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών (Papademas et al., 2018). Με το τέλος της διαδικασίας αλάτισης, ακολουθεί η ωρίμανση του τυριού, η οποία θα αναλυθεί παρακάτω σε ξεχωριστή υποενότητα.

1.5. Διαδικασία Ωρίμανσης

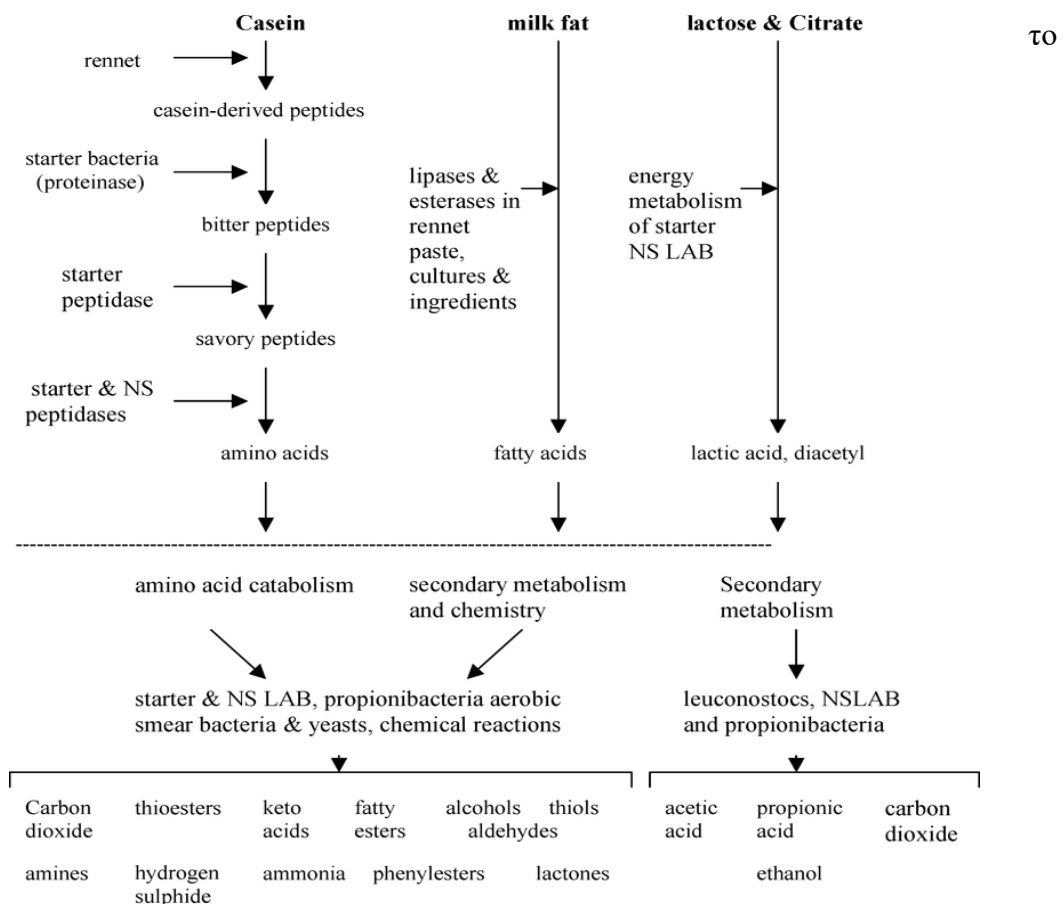
Η ωρίμανση του τυριού είναι ένα σύμπλεγμα πολλαπλών βιοχημικών αντιδράσεων αποικοδόμησης και σύνθεσης. Η έναρξη της ωρίμανσης πραγματοποιείται με την πήξη της πυτιάς, η οποία δίνει χαρακτηριστική γεύση στο τυρί ως αποτέλεσμα της μεταβολικής δραστηριότητας των ζωντανών οργανισμών και των ενζύμων τους (Bozouidi et al., 2016). Τα ελληνικά παραδοσιακά τυριά, όπως το Κεφαλοτύρι που θα συζητηθεί παρακάτω, χαρακτηρίζονται από μικροβιακό πληθυσμό

πλούσιο σε βακτήρια του γαλακτικού οξέος (LAB), όντας η κυρίαρχη μικροβιακή χλωρίδα καθ'όλη τη διάρκεια της ωρίμανσης των τυριών. Η μικροβιακή χλωρίδα, που προέρχεται κυρίως από το γάλα ή ακούσια από το περιβάλλον, όπως αναφέραμε παραπάνω, μπορεί να διαφέρει μεταξύ των τυριών ή του περιβάλλοντος παραγωγής. Τα βακτήρια του γαλακτικού οξέος θεωρούνται οι κύριοι μικροοργανισμοί που εμπλέκονται στο σχηματισμό γεύσης του τυριού και από αυτή την άποψη, ο ρόλος των μη ενεργών γαλακτικών βακτηρίων (NSLAB) θεωρείται πολύ σημαντικός (Bozoudi et al., 2016). Η ωρίμανση επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες όπως, ο τύπος γάλακτος που χρησιμοποιείται για την παρασκευή του τυριού, το λίπος, τους διαφόρους τύπους ενζύμων, την πρωτεΐνη και το αλάτι που περιέχει το τυρί, καθώς και τη τεχνολογία παραγωγής τυριού, το χρόνο και τα υλικά ωρίμανσης. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας σκλήρυνσης, οι εξωτερικές περιβαλλοντικές συνθήκες ελέγχονται ώστε να επιτρέπουν την κατάλληλη ανάπτυξη γεύσης. Οι συνθήκες αυτές ποικίλλουν ευρέως ανάλογα με το είδος του τυριού (Law et al., 2011). Βασικά, η γεύση του τυριού προκύπτει από τη δράση μικροοργανισμών και ενζύμων στη λακτόζη, το λίπος και την πρωτεΐνη του τυριού. Η διάσπαση αυτών των συστατικών σε γαλακτικό οξύ, λιπαρά οξέα και αμινοξέα, αντίστοιχα, έχει ονομαστεί το πρωταρχικό βήμα της ωρίμανσης του τυριού. Με εξαίρεση τα λιπαρά οξέα μικρής αλυσίδας, οι κύριες ενώσεις ωρίμανσης συνεισφέρουν ελάχιστα στη χαρακτηριστική γεύση του τυριού (Papademas et al., 2018). Τέτοια γεύση προκύπτει από την επακόλουθη δράση μικροοργανισμών και ενζύμων στις κύριες ενώσεις ωρίμανσης. Η γλυκόλυση, η λιπόλυση, ο μεταβολισμός

του κίτρικου οξέος και η πρωτεόλυση είναι οι πιο περίπλοκες βιοχημικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα κατά την ωρίμανση του τυριού (Ali Tekin & Zehra Güler, 2019).

1.5.1. Πρωτεόλυση

Η πρωτεόλυση είναι το πιο σύνθετο και κύριο πρωταρχικό γεγονός που λαμβάνει χώρα στο τυρί. Συμβάλλει στην αποσκλήρυνση της υφής του τυριού κατά την ωρίμανση, υδρολύοντας την καζεΐνη και μειώνοντας την υδατική δραστικότητα (a_w) του τυροπήγματος, λόγω των μεταβολών της δέσμευσης νερού από το νέο καρβοξυλικό οξύ και τις αμινομάδες που σχηματίζονται κατά την υδρόλυση (Pagthinathan & Nafees, 2015). Οι πρωτεΐνες και οι πεπτιδάσες που καταλύουν την πρωτεόλυση στο τυρί κατά την ωρίμανση προέρχονται από έξι πρωτογενείς πηγές, δηλαδή το πηκτικό μέσο,



γάλα, τα βακτήρια του γαλακτικού οξέος που ανήκουν στην καλλιέργεια εκκίνησης

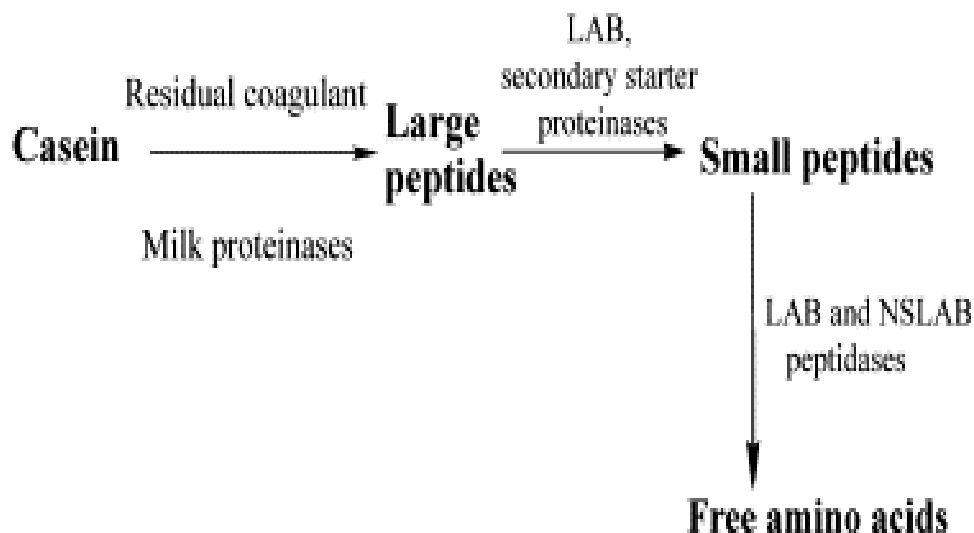
Εικόνα 7. :Βιοχημικές αντιδράσεις κατά την ωρίμανση των τυριών (Law, 2001).

(LAB), τα γαλακτικά βακτήρια που δεν ανήκουν στην καλλιέργεια (NSLAB), τους δευτερογενείς εκκινητές, καθώς και από σύνθετη μικροχλωρίδα θετικών κατά Gram βακτηρίων στην επιφάνεια των τυριών (Fox et al., 2017). Σε ορισμένες περιπτώσεις,

εξωγενείς πρωτεΐνάσες ή πεπτιδάσες μπορεί να προστεθούν στο γάλα ή στο τυρόπηγμα. Τα πρωτεολυτικά ένζυμα σύμφωνα με τον Mcsweeney (2004) που συμμετέχουν στη διαδικασία αυτή είναι η πλασμίνη, η οποία συμβάλλει σημαντικά στη υδρόλυση της καζεΐνης, η χυμοσίνη, η λακτοσεπίνη, ένζυμο του *Lactococcus* καθώς και άλλα ένζυμα των γαλακτικών βακτηρίων, όπως οι ολιγοπεπτιδάσες PepO, PepF και PepE (Mcsweeney, 2004).

Ο κύριος και ουσιαστικός ρόλος του πηκτικού μέσου στην τυροκομία, είναι η ειδική υδρόλυση της κ-καζεΐνης, με αποτέλεσμα να καταστρέφεται η κολλοειδής σταθερότητα των μικκυλίων της καζεΐνης και να επέρχεται πήξη υπό κατάλληλες συνθήκες θερμοκρασίας και συγκέντρωσης ασβεστίου. Το μεγαλύτερο μέρος της πυτιάς που προστίθεται στο τυρόγαλα χάνεται μέσα σε αυτό ή μετουσιώνεται, ως αποτέλεσμα του μαγειρέματος του τυροπήγματος-τυρογάλακτος σε υψηλή θερμοκρασία (Fox et al., 2017).

Ταυτόχρονα, η πρωτεόλυση κατά την ωρίμαση του τυριού παίζει σημαντικό ρόλο στη γεύση, στο άρωμα και την υφή του τυριού. Η πρωτεόλυση επηρεάζει τον σχηματισμό αρωματικών και μη αρωματικών ενώσεων στο τυρί απελευθερώνοντας πεπτίδια και ελεύθερα αμινοξέα που θα μπορούσαν να υποστούν δευτερογενείς αντιδράσεις (Delgado et al., 2011). Επιπλέον, η θραύση του δικτύου πρωτεϊνών προκαλεί δομικές αλλοιώσεις στη μήτρα του τυριού, οι οποίες θα μπορούσαν να επηρεάσουν και τα χαρακτηριστικά της υφής (Mcsweeney, 2004). Αν και μόνο οι μέθοδοι οργάνων δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό της αποδοχής από τους καταναλωτές, η αξία τους έγκειται στην ικανότητά τους να ανιχνεύουν μικρές αλλαγές στα φυσικά χαρακτηριστικά και την αντικειμενικότητά τους (Delgado et al., 2011).



Εικόνα 8.: Πρωτεολυτικοί παράγοντες στα τυριά κατά την διάρκεια ωρίμανσης

1.5.2 Λιπόλυση

Τα λίπη στα τρόφιμα μπορούν να υποστούν υδρολυτική ή οξειδωτική αποικοδόμηση. Ωστόσο, στο τυρί, τα τριγλυκερίδια υφίστανται υδρόλυση από ιθαγενείς, ενδογενείς και εξωγενείς λιπάσες, αποτέλεσμα της απελευθέρωσης λιπαρών οξέων και παραγωγής αρωματικών ενώσεων στο τυρί κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης. Οι λιπολυτικοί παράγοντες στο τυρί προέρχονται από το γάλα, τον πηκτικό παράγοντα και την μικροβιακή χλωρίδα του τυριού (Mcsweeney, 2004).

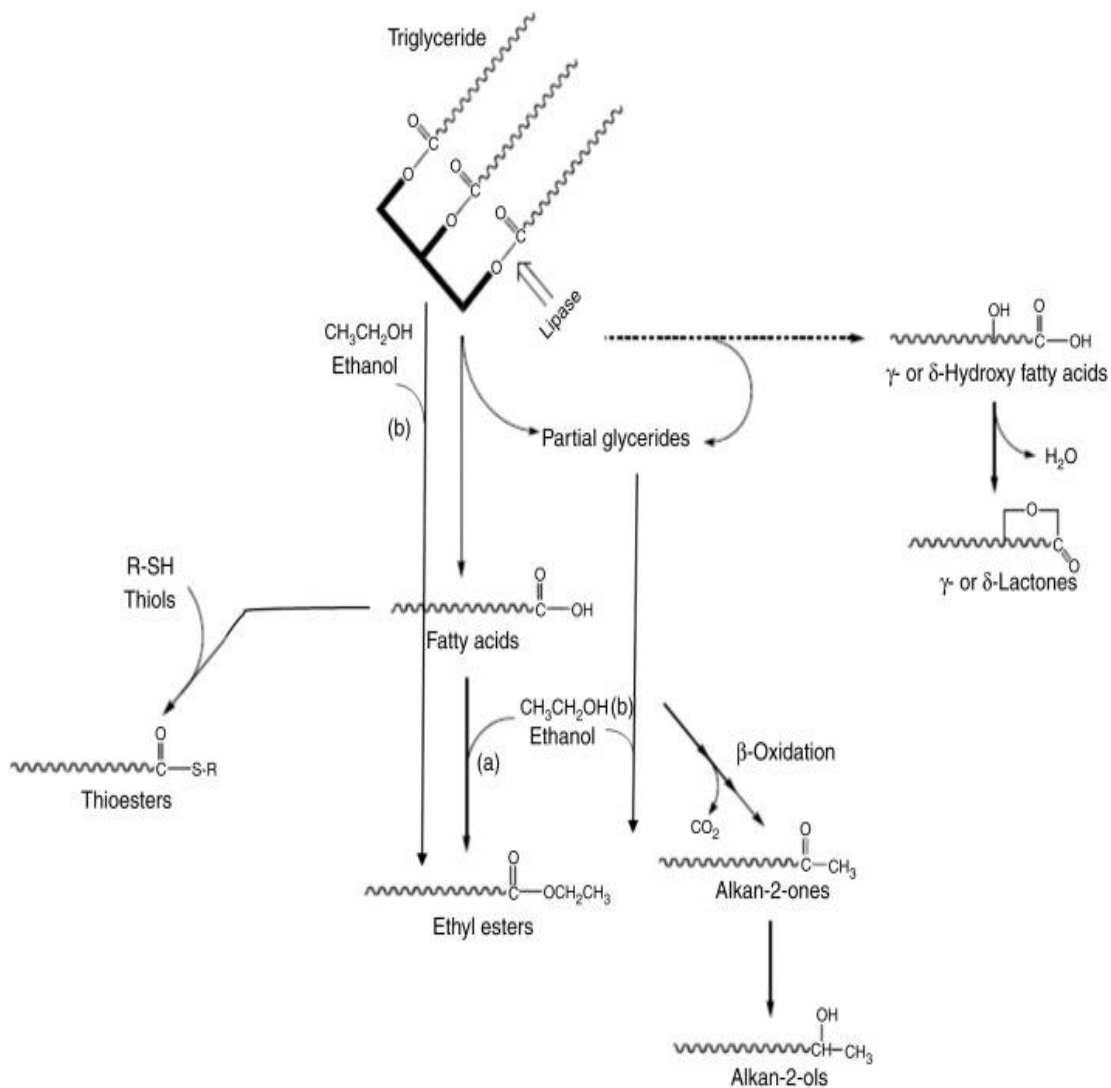
Το γάλα περιέχει μια ισχυρή εγχώρια λιπάση, λιποπρωτεΐνη λιπάσης (LPL). Τα τριγλυκερίδια του λίπους γάλακτος μηρυκαστικών ζώων είναι πλούσια σε λιπαρά οξέα μικρής αλυσίδας που, όταν απελευθερώνονται, συμβάλλουν σημαντικά στη γεύση πολλών ποικιλιών τυριού. Τα επίπεδα της LPL στο γάλα είναι αρκετά για να προκαλέσουν αισθητή ταγγότητα στο γάλα σε περίπου 10 δευτερόλεπτα (Mcsweeney, 2004). Αυτό δεν συμβαίνει κάτω από κανονικές συνθήκες, καθώς το λίπος γάλακτος προστατεύεται από τη δράση του LPL, από τη σφαιρωτή μεμβράνη λίπους γάλακτος (MFGM) και περίπου το 90% του LPL συνδέεται με τα μικύλλια καζεΐνης (Cadwallader & Singh, 2009). Ωστόσο, αν το MFGM υποστεί μηχανική βλάβη, για παράδειγμα με ομογενοποίηση, διέγερση ή αφρισμό, η λιπόλυση μπορεί να συμβεί γρήγορα, με αποτέλεσμα την ανάπτυξη δυστάρεστων οσμών και γεύσεων (off-flavors). Το LPL παρουσιάζει προτίμηση στην υδρόλυση των τριγλυκεριδίων που περιέχουν

λιπαρά οξέα μέσης αλύσου (C6-C12) και ενεργεί κατά προτίμηση στις θέσεις sn-1 και sn-3 των τριγλυκεριδίων (Mcsweeney, 2004). Η δραστηριότητα της LPL είναι σημαντικότερη στα τυριά νωπού γάλακτος, καθώς η διαδικασία της λιπόλυσης είναι πιο έντονη και το ένζυμο αδρανοποιείται σε μεγάλο βαθμό με παστερίωση (Fox et al., 2017). Τα επίπεδα λιπόλυσης στα τυριά στα οποία αναπτύσσεται μια δευτερογενής μικροχλωρίδα συνδέονται συχνά με τη λιπολυτική ικανότητα του βοηθητικού εκκινητή (Mcsweeney, 2004).

Τα εμπορικά εκχυλίσματα πυτιάς που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή των περισσότερων τυριών είναι απαλλαγμένα από τη λιπάση. Ωστόσο, οι πάστες πυτιάς που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή ορισμένων σκληρών ιταλικών τυριών, όπως Provolone και τα διάφορα τυριά Pecorino, και συχνά στην παραδοσιακή ελληνική φέτα, περιέχουν μεγάλη ποσότητα λιπάσης (Mcsweeney, 2004). Οι πάστες πυτιάς παρασκευάζονται, συχνά στο αγρόκτημα, με διαβροχή του στομάχου και των περιεχομένων του νεαρού ζώου γαλακτοπαραγωγής (μοσχάρι, αρνί) σε μια πάστα που περιέχει, εκτός από χυμοσίνη, υψηλά επίπεδα προγαστρικής εστεράσης (PGE), ένα ένζυμο που παράγεται από αδένες στη βάση της γλώσσας και εκπλένεται στο στομάχι με γάλα καθώς το ζώο θηλάζει (Collins et al., 2003). Αν και ο όρος «εστεράση» υποδηλώνει ότι η PGE είναι δραστική μόνο σε διαλυτά υποστρώματα, στην πραγματικότητα είναι μια λιπάση που, ανάλογα με το είδος προέλευσης, είναι ενεργή στους 32-42°C, pH 4,8- 5,5 παρουσία 0,5 mg NaCl. Η PGE είναι ειδική για τα λιπαρά οξέα μικρής αλυσίδας που εστεροποιούνται στη θέση sn-3 των τριγλυκεριδίων και είναι ο παράγοντας που ευθύνεται για τα υψηλά επίπεδα λιπόλυσης σε ορισμένα σκληρά ιταλικά τυριά (Fox et al., 2017).

Πολλές εσωτερικές βακτηριακά ώριμες ποικιλίες (π.χ. Cheddar και Gouda) που παρασκευάζονται από παστεριωμένο γάλα δεν έχουν ισχυρά λιπολυτικό παράγοντα, αν και η λιπόλυση εξελίσσεται κατά τη διάρκεια της ωρίμασης ως αποτέλεσμα της δράσης των ενζύμων από τη μικροχλωρίδα εκκίνησης και μη εκκίνησης (Cadwallader & Singh, 2009). Τα LAB εκκίνησης και τα NSLAB είναι παρόντα σε μεγάλο αριθμό τυριών, τα ένζυμα των οποίων ευθύνονται για την απελευθέρωση σημαντικών επιπέδων λιπαρών οξέων κατά τη μακρά περίοδο ωρίμασης πολλών εσωτερικών, βακτηριακά ωριμασμένων τυριών (Collins et al., 2003). Τα λιπολυτικά ένζυμα από τα γαλακτικά βακτήρια είναι ενδοκυτταρικά και άριστα δραστικά σε pH 7-8,5. Τα λιπολυτικά ένζυμα των LAB έχουν βέλτιστη θερμοκρασία σε περίπου 35°C και είναι πιο δραστικά σε

υποστρώματα που περιέχουν λιπαρά οξέα μικρής αλυσίδας (Fox et al., 2017). Η βακτηριακή επιφάνεια (ή επίχρισμα) σε ώριμες ποικιλίες συχνά χαρακτηρίζεται από υψηλά επίπεδα λιπόλυσης. Τα βακτήρια *coyneform* (π.χ. *Brevibacterium linens*) που συνδέονται με το επίχρισμα είναι αρκετά λιπολυτικά (McSweeney, 2004). Επιπλέον, το *Propionibacterium freudenreichii* είναι το πιο λιπολυτικό από τα LAB και διαθέτει ενδοκυττάρια λιπάση με pH και βέλτιστη θερμοκρασία 7,2 και 47°C, αντίστοιχα, και είναι πιο ενεργό στα τριγλυκερίδια με λιπαρά οξέα μικρής αλυσίδας. Ωστόσο, οι πλέον λιπολυτικοί οργανισμοί που συνδέονται με το τυρί είναι το *Penicillium spp.*, το οποίο αναπτύσσεται σε ποικιλίες ωριμασμένες με μούχλα (McSweeney, 2004).



Εικόνα 9. :Η διαδικασία της λιπόλυσης και ο μεταβολισμός των λιπαρών οξέων (Anne Thierry , Yvonne F. Collins , M.C. Abeijón Mukdsi , Paul L.H. McSweeney, Martin G. Wilkinson, Henri E. Spinnler)

1.5.3 Γλυκόλυση

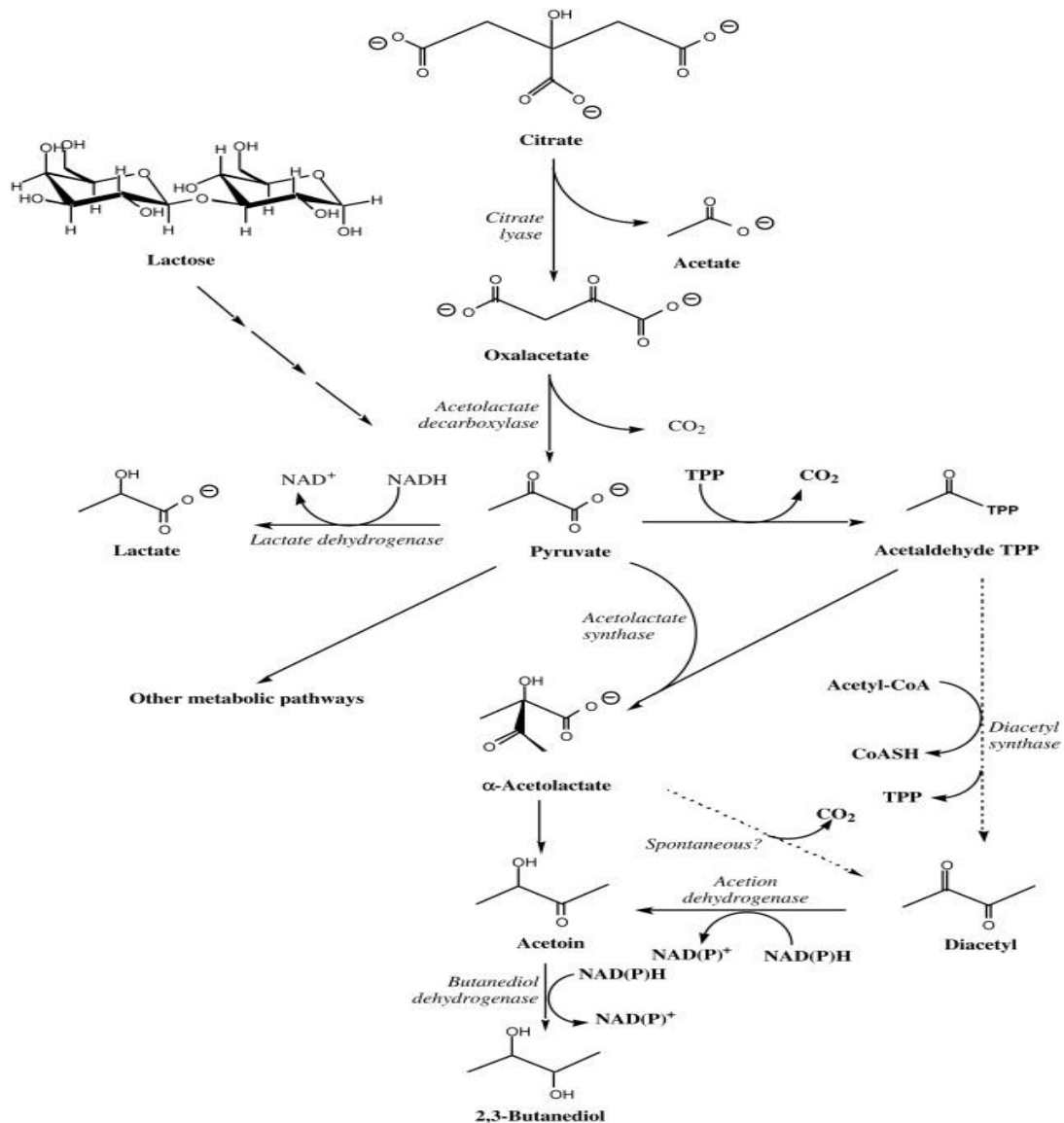
Κατά την τυροκομία το πρωταρχικό γλυκολυτικό γεγονός είναι η μετατροπή της λακτόζης σε γλυκόζη και γαλακτόζη και στη συνέχεια σε γαλακτικό οξύ από επιλεγμένες καλλιέργειες των βακτηρίων του γαλακτικού οξέος, γνωστοί ως εκκινητές. Τα κύρια προϊόντα μεταβολισμού της λακτόζης είναι L- ή D- γαλακτικό οξύ ή μείγμα και των δύο (McSweeney, 2004). Το D-γαλακτικό μπορεί να σχηματιστεί απευθείας από τη λακτόζη με τον *Lactobacilli* ως εκκινητή ή με NSLAB ή με ρακεμοποίηση του L-γαλακτικού σε προϊόντα όπως το οξικό άλας, την αιθανόλη, το μυρμηκικό άλας και το διοξείδιο του άνθρακα. Η αντίδραση αυτή στο τυρί, εξαρτάται από τον πληθυσμό NSLAB και τη διαθεσιμότητα O₂ (Tekin & Güler, 2019). Η λακτόζη και επίσης το γαλακτικό οξύ είναι υδατοδιαλυτές ενώσεις, έτσι ώστε να μπορούν να απομακρυνθούν μαζί με τον ορό γάλακτος κατά τη διάρκεια της πίεσης του τυροπήγματος (McSweeney & Sousa, 2000). Παρ'όλα αυτά, η περιεκτικότητα υγρασίας, η ηλικία του τυριού, η έκταση της ζύμωσης, η τυροκομική διαδικασία και τα υλικά ωρίμανσης ή συσκευασίας που χρησιμοποιούνται, μπορούν να επηρεάσουν την υπολειπόμενη λακτόζη ή τη γαλακτική ουσία του τυριού (Fox et al., 2017). Με την πρόοδο της περιόδου ωρίμανσης, η υπολειμματική λακτόζη συνήθως δεν παρατηρείται στο τυρί, ενώ το γαλακτικό οξύ και τα άλλα οργανικά οξέα όπως το οξικό, το μυρμηκικό, το προπιονικό οξύ μπορούν να παρατηρηθούν. Αυτά τα οργανικά οξέα δεν συμβάλλουν μόνο στη όξινη γεύση του τυριού, αλλά χρησιμεύουν επίσης ως ένα φυσικό συντηρητικό (McSweeney & Sousa, 2000).

1.5.4. Μεταβολισμός του Κιτρικού Οξέος

Τα επίπεδα κιτρικού οξέος στο τυρόπηγμα είναι περίπου τρεις φορές υψηλότερα από ό,τι στον ορό γάλακτος, πιθανώς λόγω της συγκέντρωσης του κολλοειδούς κιτρικού άλατος. Το κιτρικό οξύ είναι μια σημαντική ουσία για αρωματικές ενώσεις σε ορισμένες ποικιλίες τυριού που γίνονται με τη χρήση μεσοφιλικού πληθυσμού μικροοργανισμών (McSweeney & Sousa, 2000). Το κιτρικό άλας μεταβολίζεται από μεσόφιλους μικροοργανισμούς που είναι θετικοί στο κιτρικό οξύ (Cit⁺) όπως, *Streptococcus diacetylactis*, *Lactococcus lactisa sp. Lactis biovar diacetylactis*, *Leuconostoc mesenteroides ssp. cremoris* και *Ln. lactis*. Το κιτρικό άλας δεν μεταβολίζεται από άλλα LAB που χρησιμοποιούνται ως εκκινητές (π.χ. θερμόφιλα γαλακτοβακίλια, *Sc. thermophilus* και τα περισσότερα στελέχη των γαλακτοκόκκων). Το κιτρικό άλας μεταβολίζεται με ζυμώσιμο υδαάνθρακα από θετικούς στο κιτρικό

άλας (Cit⁺) λακτόκοκκους και *Leuconostoc spp* (McSweeney, 2004). Τα προϊόντα του μεταβολισμού του κιτρικού άλατος περιλαμβάνουν CO₂, το οποίο είναι υπεύθυνο για το σχηματισμό μικρών οπών, και σημαντικές ενώσεις, ιδίως το διακετύλιο, που συμβάλλουν στη γεύση αυτών των τυριών. Τέλος, το κιτρικό οξύ μπορεί επίσης να μεταβολίζεται μέσω των NSLAB σε ακετόνη, οξικό άλας και πιθανώς διακετύλιο (McSweeney, 2004).

Εικόνα 10. :Μεταβολισμός Κιτρικού οξέος (McSweeney)



1.5.5 Επίδραση Ωρίμανσης στα Χαρακτηριστικά του Τυριού

Η ωρίμανση είναι μια κρίσιμη διαδικασία στην παραγωγή τυριού που επηρεάζει σημαντικά τα χαρακτηριστικά του, όπως η γεύση, η υφή, το άρωμα και η εμφάνισή καταναλωτή (Álvarez & Fresno, 2020). Κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης, ένας

συνδυασμός βιολογικών, βιοχημικών και φυσικών αλλαγών λαμβάνει χώρα, επιρεάζοντας σημαντικά και την ποιότητά του.

Η υφή του τυριού αλλάζει κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης. Τα φρέσκα τυριά είναι συνήθως μαλακά και κρεμώδη, αλλά καθώς ωριμάζουν, γίνονται πιο σκληρά και πιο εύθρυπτα. Αυτό οφείλεται στη διάσπαση των πρωτεϊνών και των λιπών, οι οποίες δημιουργούν μια πυκνότερη δομή και δίνουν στο τυρί μια πιο ξηρή υφή (Fox et al., 2017). Με άλλα λόγια, η υφή αλλάζει κατά την ωρίμανση λόγω της διαλυτοποίησης του φωσφορικού ασβεστίου και την απώλεια υγρασίας μέσω της εξάτμισης. Η υγρασία στο τυρί παίζει σημαντικό ρόλο για το πήγμα και τον βακτηριακό μεταβολισμό. Η επίδραση της περιεκτικότητας σε νερό και της ενεργότητας νερού στην ποιότητα του τυριού είναι πολύ πολύπλοκη (Papademas et al., 2018). Οι μεταβολές αυτές οφείλονται επίσης, στην δράση ενζύμων της πυτιάς ή ενζύμων που προέρχονται από το γάλα (πρωτεϊνάσες, λιπάσες) ή από ένζυμα μικροοργανισμών, καθώς και στις αλλαγές στην ισορροπία των μετάλλων μεταξύ του ορού και του παρακαζεϊνικού πλέγματος (Ταστάνη & Τσίγκα, 2018). Ο προσδιορισμός των τιμών της ενεργότητας του νερού, του pH και της περιεκτικότητας σε αλάτι ανήκουν στα σχετικά δεδομένα που είναι απαραίτητα για την αξιολόγηση της υγιεινής ασφάλειας και της ποιότητας του τυριού (Kasapian et al., 2015). Το pH μετατρέπει την υφή του τυριού πιο σκληρή, λόγω παραγωγής γαλακτικού οξέος από τα βακτήρια κατά το στάδιο της γλυκόλυσης (Nedomová et al., 2017). Η μεγαλύτερη αλλαγή στις ιδιότητες της υφής εμφανίζεται στις πρώτες δύο ημέρες, αλλά η στερεοποίηση λαμβάνει χώρα και συνεχίζεται μόνο για λίγες εβδομάδες για να ισορροπήσει (Foegeding & Drake, 2007). Ένα επιπλέον χαρακτηριστικό είναι το άρωμα του τυριού, το οποίο είναι αποτέλεσμα της δράσης των βακτηρίων κατά το στάδιο της ωρίμανσης. Οι μικροοργανισμοί αυτοί παράγουν πτητικές ενώσεις που δίνουν στο τυρί τη χαρακτηριστική του μυρωδιά. Καθώς το τυρί ωριμάζει, το άρωμα γίνεται πιο έντονο και σύνθετο. Η γεύση του τυριού μεταβάλλεται λόγω των βακτηρίων, τα οποία είναι είναι *Lactococcus spp.*, *Lactobacillus spp.*, *Leuconostoc spp.* και *Enterococcus spp* (McSweeney, 2004). Ένα άλλο χαρακτηριστικό που αλλάζει κατά την ωρίμανση είναι το χρώμα, το οποίο καθορίζει την ποιότητα του προϊόντος και είναι αυτό που επηρεάζει περισσότερο την επιλογή του καταναλωτή (Álvarez & Fresno, 2020). Το φυσικό χρώμα των τυριών διαφέρει για κάθε είδος γάλακτος. Τα τυριά που προέρχονται από αγελάδες που βόσκουν σε ανοιχτό βοσκότοπο, τείνουν να είναι πιο κίτρινα από τα τυριά που παρασκευάζονται από

χειμερινό γάλα λόγω της β-καροτίνης. Η β-καροτίνη είναι μια λιποδιαλυτή κίτρινη χρωστική ουσία που περιέχεται στο γρασίδι. Μερικά τυριά που παρασκευάζονται από πρόβειο ή κατσικίσιο γάλα είναι λευκά, επειδή δεν αποθηκεύουν το β-καροτένιο στο λίπος τους, όπως οι αγελάδες, αλλά το μετατρέπουν σε άχρωμο, δηλαδή σε βιταμίνη Α (Kasarian et al., 2015). Από όλες τις αισθητηριακές ιδιότητες που παρουσιάζει ένα τρόφιμο, το χρώμα μπορεί μερικές φορές να τροποποιήσει υποκειμενικά ακόμη και άλλες αισθητηριακές αντιλήψεις, όπως η οσμή και η γεύση (Álvarez & Fresno, 2020). Τα παραπάνω χαρακτηριστικά μπορούν να μετρηθούν και να αξιολογηθούν με διάφορους τρόπους, αλλά η διαδικασία αυτή είναι απαιτητική. Στη συγκεκριμένη εργασία, θα αναλυθούν μέθοδοι που στόχο έχουν την ενόργανη χημική ανάλυση των τυριών ωρίμανσης και συγκεκριμένα του Κεφαλοτυριού.

1.6 Κεφαλοτύρι

1.6.1 Χαρακτηριστικά Κεφαλοτυριού

Ένα ακόμη τυρί, το οποίο χρονολογείται από την βυζαντινή εποχή και θεωρείται ο πρόγονος των περισσότερων σκληρών ελληνικών τυριών, είναι το Κεφαλοτύρι. Πριν από τον εικοστό αιώνα, όλα τα σκληρά τυριά που παράγονταν στην Ελλάδα από πρόβειο ή κατσικίσιο γάλα ονομάζονταν Κεφαλοτύρι. Το



Εικόνα 11: Ωριμασμένο kefari

χειροποίητο Κεφαλοτύρι παρασκευάζεται ακόμη παραδοσιακά στα βουνά της Πίνδου, χωρίς την προσθήκη καλλιεργειών εκκίνησης, κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Το Κεφαλοτύρι δεν αναγνωρίζεται ως προϊόν ΠΟΠ και για την παρασκευή του Κεφαλοτυριού, το γάλα που χρησιμοποιείται μπορεί να είναι νωπό ή παστεριωμένο (Pappa et al., 2021). Είναι ένα σκληρό τυρί με υψηλή συγκέντρωση άλατος (3,5%-5%), ποσοστό υγρασίας περίπου 38%, ποσοστό λίπους μέχρι 35,7% και τιμές οξύτητας 5,0-5,7. Παρασκευάζεται σύμφωνα με την παράδοση από πρόβειο ή κατσικίσιο γάλα ή μείγμα και των δύο, σε πολλές περιοχές της Ελλάδας, με τεχνολογίες που διαφέρουν

από μέρος σε μέρος, δίνοντας έτσι μια εξαιρετική ποικιλία στις οργανολιπτικές του ιδιότητες (Govari et al., 2022). Το Κεφαλοτύρι έχει σχήμα τροχού και μπορεί να βρεθεί στην αγορά σε διάφορα μεγέθη. Μπορεί να καταναλωθεί τηγανιτό ή ψητό, αλλά κυρίως χρησιμοποιείται τρυμμένο. Το Κεφαλοτύρι έχει σκληρό σώμα με ακανόνιστες οπές, αλμυρή γεύση καθώς και πολύ έντονο άρωμα (Hartmann et al., 2018). Το χρώμα του είναι συνδυασμός λευκής και κίτρινης απόχρωσης με τελική σύνθεση υγρασίας, λίπους και αλατιού 36%, 28% και 4% αντίστοιχα (Pappa et al., 2021).

1.6.2 Τεχνολογία Παραγωγής Κεφαλοτυριού

Αρχικά, γίνεται η χρήση νοπού ή παστεριωμένου γάλακτος με ποσοστό λίπους 5.8-6.0%. Το νοπό γάλα ωριμάζει ταχύτερα και προσδίδει καλύτερη γεύση. Για την παραγωγή του Κεφαλοτυριού γίνεται χρήση θερμοφίλων ή μεσόφιλων εκκινητών όπως (*S. thermophiles*, *Lb. ssp. delbrueckii bulgaricus*, *Lb. helveticus*, *Lc. lactis ssp. lactis* και *Lc. lactis ssp. cremoris*). Η τυτιά πραγματοποιείται στους 35°C–36°C. Όταν απαιτείται έντονη πικάντικη γεύση, χρησιμοποιείται παραδοσιακή τυτιά ή μείγμα κλασικής και παραδοσιακής τυτιάς. Όταν το πήγμα αποκτά τη σωστή σφριγηλότητα, κόβεται σε μικρά σωματίδια. Το τυρόπηγμα θερμαίνεται σταδιακά στους 43°C-45°C υπό συνεχή ανάδευση. Το πήγμα στη συνέχεια μεταφέρεται σε καλούπια. Η πίεση πραγματοποιείται κατά τη διάρκεια της νύχτας στους 14°C–16°C. Οι τροχοί τυριού αφού παραμείνουν σε καλούπια, μεταφέρονται στην αίθουσα ωρίμανσης και την επόμενη μέρα βυθίζονται σε άλμη 18°Be–20°Be για 1-2 ημέρες, με τελική τιμή pH 4,8 (Παππά & Κονδύλη, 2023). Το Κεφαλοτύρι ωριμάζει στους 14°C–16°C για 90 ημέρες. Κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης, πραγματοποιούνται 20-25 ξηρές αλατίσεις, με επακόλουθες αντίστοιχες αναστροφές τυριού. Το τελικό τυρί πλένεται με άλμη και μεταφέρεται σε κρύο χώρο στους 2°C-4°C και σχετική υγρασία 85%, για να ολοκληρωθεί η διαδικασία ωρίμανσης (Hartmann et al., 2018).

1.7 Ενόργανες μέθοδοι χημικής ανάλυσης

Η σύγχρονη αναλυτική χημεία, σύμφωνα με τους Mehta και Cheung (2015) είναι "ο ποιοτικός και ποσοτικός χαρακτηρισμός της ύλης", ο οποίος απαιτεί γενικά ένα μικρό δείγμα με τη χρήση διαφόρων οργάνων. Ποιοτική ανάλυση είναι η ταυτοποίηση ενός ή περισσότερων χημικών ειδών που υπάρχουν σε ένα υλικό, ενώ η ποσοτική

ανάλυση είναι ο προσδιορισμός της ακριβούς ποσότητας ενός χημικού είδους που υπάρχει σε ένα δείγμα (Mehta & Cheung, 2015). Οι διαχωρισμοί μπορούν να επιτευχθούν με επιλεκτικές ποιοτικές και ποσοτικές μεθόδους. Οι ενόργανες μέθοδοι είναι ένα ευρύ φάσμα αναλυτικών τεχνικών που διεξάγονται μέσω ειδικά σχεδιασμένων ηλεκτρονικών οργάνων που ελέγχονται από ηλεκτρονικά λογισμικά και χρησιμοποιούνται για την αλληλεπίδραση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και της ύλης, τον προσδιορισμό των ορισμένων φυσικών, χημικών και βιολογικών του προς ανάλυση δείγματος (Subramanian & Rodriguez-Saona, 2010). Τα όργανα αυτά διαθέτουν αυτοματοποιημένη εισαγωγή δείγματος, αυτοματοποιημένη λήψη και ανάλυση δεδομένων και αυτοματοποιημένη προετοιμασία του δείγματος. Ο τύπος οργάνου που θα χρησιμοποιηθεί εξαρτάται από τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά της έρευνας που επρόκειτο να πραγματοποιηθεί (Mehta & Cheung, 2015). Στα τρόφιμα, ο ακριβής προσδιορισμός των συστατικών, των υπολειμμάτων και των μολυσματικών ουσιών είναι σημαντικός για τη διασφάλιση τόσο της ποιότητας όσο και της ασφάλειας των προϊόντων για τους καταναλωτές. Τα προϊόντα διατροφής είναι πολύπλοκα μείγματα βιταμινών, σακχάρων, πρωτεϊνών και λιπιδίων, ινών, αρωμάτων, χρωστικών ουσιών, αντιοξειδωτικών και άλλων οργανικών και ανόργανων ενώσεων. Ένα από αυτά τα τρόφιμα είναι το τυρί, και συγκεκριμένα το τυρί που έχει υποστεί ωρίμανση, δημιουργώντας μεγάλο ενδιαφέρον για την μελέτη και την ανάλυση του. Οι ενόργανες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται στα τρόφιμα έχουν ταξινομηθεί ως εξής:

1. *Φασματοσκοπικές μέθοδοι:* Οι φασματοσκοπικές τεχνικές περιλαμβάνουν την ορατή περιοχή (Vis), την υπεριώδη (UV) περιοχή, την περιοχή πλησίον του υπέρυθρου (NIR), την περιοχή του μέσου υπέρυθρου (MIR), την φασματοσκοπία υπέρυθρου μετασχηματισμού Fourier (FT-IR), την ατομική φασματοσκοπία και άλλες. Το εύρος των μηκών κύματος από 350 έως 700 nm είναι γνωστό ως η ορατή περιοχή του φάσματος. Ενώ η υπεριώδης ακτινοβολία ορίζεται από τα 200 έως τα 350 nm, η περιοχή του υπέρυθρου φωτός αρχίζει αμέσως στα 750 nm και εκτείνεται έως τα 2.500 nm. Η κλασική υπέρυθρη (IR) εκτείνεται από τα 2.500 έως τα 50.000 nm. Οι ενέργειες της υπέρυθρης ακτινοβολίας δεν είναι επαρκείς για να προκαλέσουν μεταπτώσεις ηλεκτρονίων, αλλά προκαλούν δονητικές μεταβολές μέσα στα μόρια (Subramanian & Rodriguez-Saona, 2010).

2. *Χρωματογραφικές μέθοδοι:* Η χρωματογραφία είναι ουσιαστικά μια φυσική μέθοδος διαχωρισμού. Ο διαχωρισμός των συστατικών κατανέμεται μεταξύ δύο φάσεων δηλαδή, της σταθερής φάσης και της κινητής φάσης (Mehta & Cheung, 2015). Οι χρωματογραφικοί διαχωρισμοί έχουν τρία χαρακτηριστικά: είναι φυσικοί μέθοδοι διαχωρισμού, εμπλέκονται δύο διαφορετικές φάσεις στη διαδικασία και ο διαχωρισμός πραγματοποιείται με διαφορές στις σταθερές κατανομής των επιμέρους συστατικών του δείγματος μεταξύ των δύο φάσεων. Οι τεχνικές διαχωρισμού είναι γνωστές ως χρωματογραφία αέριου-στερεού (GSC) ή χρωματογραφία αερίου-υγρού (GLC), αντίστοιχα.

3. *Ηλεκτροφορητικές μέθοδοι:* Οι μέθοδοι αυτοί ταξινομούνται ως συμβατικές και τριχοειδείς ηλεκτροφορήσεις (CE). Η ηλεκτροφόρηση βασίζεται στη διαφορική μετανάστευση φορτισμένων συστατικών σε ένα ηλεκτρικό πεδίο. Οι βασικές απαιτήσεις της ηλεκτροφόρησης είναι ένα ημιαγώγιμο μέσο και ένα ηλεκτρικό πεδίο. Το ημιαγώγιμο μέσο μπορεί να είναι ένα χαρτί εμποτισμένο σε έναν ηλεκτρολύτη ή μια πηκτή τοποθετημένη σε έναν ηλεκτρολύτη (Mehta & Cheung, 2015).

Οι αναλύσεις που πραγματοποιούνται στο τυρί περιλαμβάνουν ανάλυση σύνθεσης, μικροβιολογική αξιολόγηση και την ανάλυση των προϊόντων ωρίμανσης με στόχο την αξιολόγηση της ποιότητας και της αποδοχής του προϊόντος. Η υφή και το χρώμα είναι χαρακτηριστικά που συμβάλλουν στην αξιολόγηση της ποιότητας του τυριού. Τα χαρακτηριστικά υφής των τροφίμων προσδιορίζονται με αισθητηριακή και ενόργανη ανάλυση. Πρόσφατα, η ενόργανη ανάλυση πραγματοποιείται για την αξιολόγηση των ιδιοτήτων υφής, καθώς παρέχει αντικειμενικά αποτελέσματα και επαναληψιμότητα. Οι ενόργανες ιδιότητες υφής του προϊόντος είναι σημαντικές για την ποιότητα. Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία τροφίμων για τον προσδιορισμό της υφής. Η ανάλυση του προφίλ υφής είναι μία από τις μεθόδους που εκτελούνται ευρέως για τον προσδιορισμό της σκληρότητας, κολλητικότητας, ελαστικότητας, συνεκτικότητας και μασητικότητας (Eroglu et al., 2015)

2. Σκοπός της Μελέτης

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε ελληνικό σκληρό τυρί (Κεφαλοτύρι) σε διαφορετικούς χρόνους ωρίμανσης με σκοπό τη συγκριτική μελέτη τους, μέσω διαφόρων ενόργανων μεθόδων. Προς επίτευξη του ανωτέρου στόχου κρίθηκε αναγκαία η εφαρμογή αρκετών μεθόδων έτσι ώστε να υπάρξει πληθώρα αποτελεσμάτων για την ανάλυση διαφόρων χαρακτηριστικών των τυριών ωρίμανσης, στοχεύοντας στην καλύτερη απόδοση της έρευνας. Όπως αναφέραμε, κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης, λαμβάνουν χώρα δομικές αλλαγές στα συστατικά και τα χαρακτηριστικά του τυριού όπως η περιεκτικότητα σε υγρασία, το ποσοστό άλατος, λίπους και πρωτεΐνης, το χρώμα, η υφή του τυριού και η οξύτητά του.

Οι αναλύσεις που επιλέχθηκαν να πραγματοποιηθούν, συνοψίζονται ως εξής:

1. Ανάλυση του προφίλ υφής (Texture Analyzer)
2. Μέτρηση Χρώματος (CIE L*,a* ,b* ,h). Το χρώμα του τυριού αποτελεί από τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά διότι σχετίζεται και με την αποδοχή του καταναλωτή αλλά και με τον βαθμό ωρίμανσης.
3. Ανάλυση σύστασης των συστατικών του τυριού με το όργανο Food Scan dairy. Με το συγκεκριμένο όργανο αναλύθηκε η σύσταση των δειγμάτων όπως το λίπος, η υγρασία, τα ολικά στερεά, η πρωτεΐνη και το αλάτι συμμετέχοντας σημαντικά στην ωρίμανση καθώς και στην τελική ποιότητα του προϊόντος.

3.Υλικά και Μέθοδοι

Η προμήθεια των δειγμάτων Κεφαλοτυριού έγινε στον Σεπτέμβριο του 2022 και το καθένα από αυτά παρελήφθη σε συσκευασία κενού. Το Κεφαλοτύρι που χρησιμοποιήθηκε για την διεξαγωγή των πειραμάτων της παρούσας εργασίας παρασκευάστηκε στο τυροκομείο Νιώτικο στην Ίο. Το Κεφαλοτύρι Νιώτικο παράγεται από αίγαιο γάλα 80% και πρόβειο γάλα 20% και ωριμάζει τουλάχιστον τρεις μήνες σε κατάλληλες συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας. Το γάλα προέρχεται από πρόβατα που βοσκούν ελεύθερα σε ορεινά βοσκοτόπια. Τα δείγματα Κεφαλοτυριού ήταν 4, το καθένα σε διαφορετικούς χρόνους ωρίμανσης και παρέμειναν υπό ψύξη πριν την εκτέλεση κάθε πειράματος.

Τα δείγματα προσφέρθηκαν ευγενώς από το τυροκομείο και τα στοιχεία τους αναφέρονται στον Πίνακα 3:

ΚΩΔΙΚΟΣ/ ΜΗΝΕΣ ΩΡΙΜΑΝΣΗΣ	ΕΙΔΟΣ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
N1 / 20 μηνών	ΚΕΦΑΛΟΤΥΡΙ(ΝΙΩΤΙΚΟ)	8/4/2021
N2 / 17 μηνών	ΚΕΦΑΛΟΤΥΡΙ(ΝΙΩΤΙΚΟ)	8/7/2021
N3 / 10 μηνών	ΚΕΦΑΛΟΤΥΡΙ(ΝΙΩΤΙΚΟ)	14/2/2022
N4 /6 μηνών	ΚΕΦΑΛΟΤΥΡΙ(ΝΙΩΤΙΚΟ)	2/6/2022

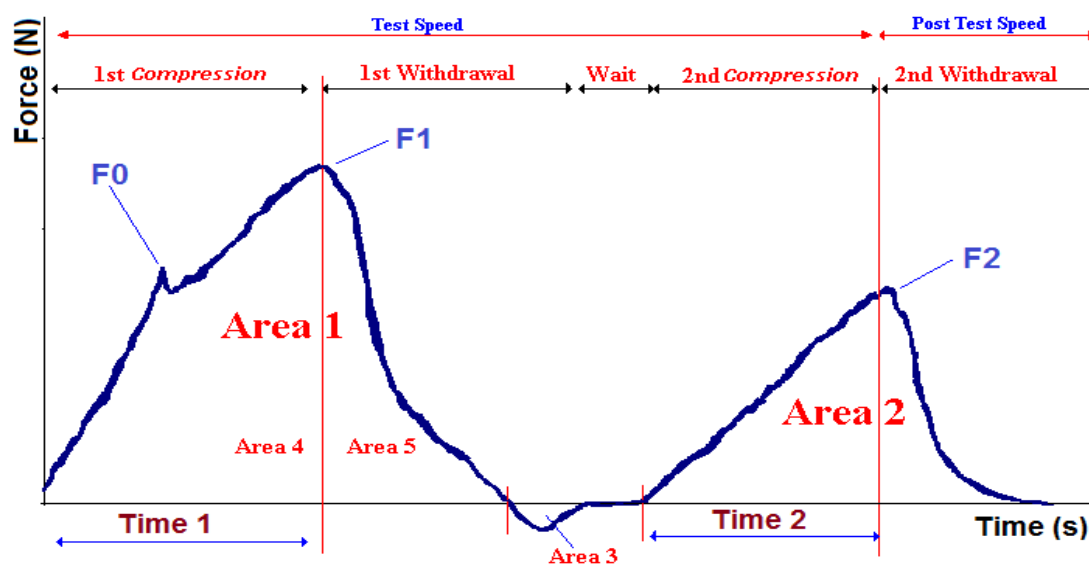
Πίνακας 3.: Δείγματα από το τυρί Κεφαλοτύρι

3.1 Ανάλυση Προφίλ Υφής (TPA Test)

Για την ανάλυση της υφής χρησιμοποιήθηκε ο αναλυτής υφής (TA-XTplusC, Stable Micro Systems, Godalming, UK) σε συνδυασμό με κατάλληλο λογισμικό μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή. Το κάθε δείγμα με διάμετρο 2,5mm x 3,0mm, υποβλήθηκε σε διπλή επαναλαμβανόμενη συμπίεση, η οποία προσομοιάζει τη διαδικασία της μάσησης (Texture Profile Analysis-TPA Test) με κύλινδρο διαμέτρου 6 mm. Στο λογισμικό καθορίστηκαν όλες οι παράμετροι όπως η ταχύτητα καθόδου του κυλίνδρου, το βάθος διείσδυσης από την επιφάνεια του δείγματος, ο αριθμός επαναλήψεων και άλλα χαρακτηριστικά. Το βάθος διείσδυσης ρυθμίστηκε στο



Εικόνα 12.: Αναλυτής υφής



Εικόνα 13.: Πρότυπο διάγραμμα ανάλυσης υφής (Guiné et al., 2016)

ήμισυ της διαμέτρου του κάθε δείγματος, ενώ η ταχύτητα της κεφαλής που κινήθηκε προς το δείγμα ρυθμίστηκε σε 0,33 mm/s.

Από τη μέτρηση της υφής προκύπτει διάγραμμα παρόμοιο με αυτό που απεικονίζεται παραπάνω.

Από το γράφημα του αναλυτή υφής προσδιορίζονται οι παρακάτω ιδιότητες για τα δείγματα σύμφωνα με τους Peleg et al. (2019):

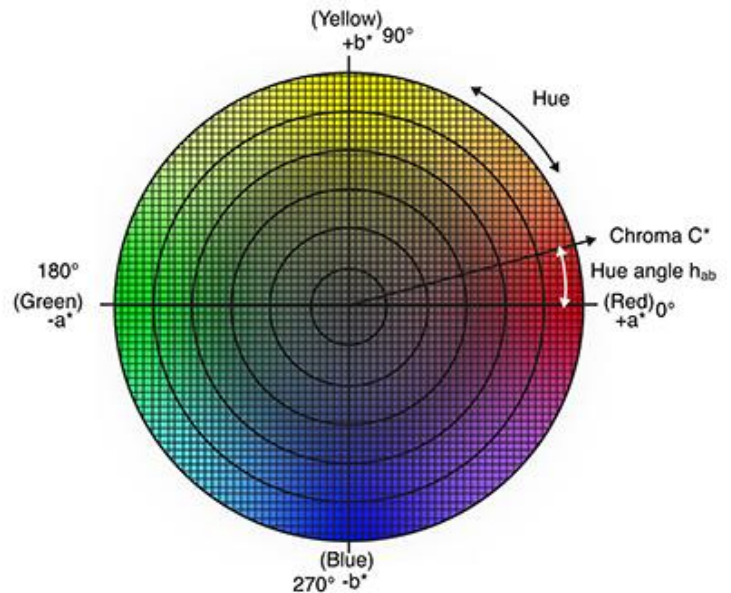
- Σκληρότητα (Hardness): Η απαιτούμενη δύναμη για να συμπιεστεί ένα τρόφιμο μεταξύ των γομφίων του στόματος. Η σκληρότητα υπολογίζεται από τη μέγιστη δύναμη που εμφανίζεται κατά τον πρώτο κύκλο μάσησης (F1)
- Συνεκτικότητα (Cohesiveness): Η δύναμη των δεσμών που συγκρατούν το τρόφιμο. Το συγκεκριμένο μέγεθος προσδιορίζεται ως ο λόγος των επιφανειών $Area\ 2/Area\ 1$ όπως φαίνεται στο παραπάτω σχήμα.
- Κολλητικότητα (Adhesiveness): Συνδέεται με την ενέργεια που απαιτείται για να γίνουν τα ημιστερεά τρόφιμα έτοιμα για κατάποση, και ισχύει μόνο για αυτά. Υπολογίζεται από το γινόμενο της σκληρότητας επί την συνεκτικότητα.
- Ελαστικότητα (Springiness): Ο βαθμός επαναφοράς ενός συμπιεσμένου τροφίμου στην αρχική του κατάσταση όταν πάψει να υφίσταται το φορτίο. Η ελαστικότητα δίνεται από το λόγο της μέγιστης δύναμης που εμφανίζεται στον δεύτερο κύκλο μάσησης προς την αντίστοιχη δύναμη του πρώτου κύκλου (Time 2 /Time 1)
- Μασητικότητα (Chewiness): Είναι η ενέργεια που απαιτείται για να γίνουν τα στερεά τρόφιμα έτοιμα για κατάποση. Αντιστοιχεί στον απαιτούμενο αριθμό μασημάτων που χρειάζεται ένα δείγμα καθώς και στη σταθερή μείωση της δύναμης με συνέπεια την κατάποση. Ισχύει μόνο για τα στερεά προϊόντα και υπολογίζεται ως η κολλητικότητα (σκληρότητα επί συνεκτικότητα) επί την ελαστικότητα.

3.2 Μέτρηση Χρώματος

Οι παράμετροι του χρώματος μετρήθηκαν με το χρωματόμετρο τριπλής διέγερσης (CR-400 Konica Minolta Inc.,Tokyo, Japan). Το χρωματόμετρο αποτελείται από μία ελαφριά λαβή στό άκρο της οποίας βρίσκεται κεφαλή μέτρησης διαμέτρου 8 mm και ένας επεξεργαστής δεδομένων με μνήμη 300 μετρήσεων. Το χρωματόμετρο χρησιμοποιεί φωτισμό διάχυσης και έχει οπτική γωνία 0° για ακριβείς μετρήσεις μεγάλης ποικιλίας αντικειμένων. Κάθε φορά ,το χρωματόμετρο πριν τη χρήση του βαθμονομείται με χρήση της πρότυπης λευκής κεραμικής πλάκας με ($L^*=97,83$, $a^*=-0,45$ και $b^*=1,88$) (Guiné et al., 2017).

Οι μετρήσεις ελήφθησαν σε διαφορετικά σημεία των δειγμάτων Κεφαλοτυριού.

Πραγματοποιήθηκαν 9 μετρήσεις για κάθε ένα από τα δείγματα. Για την αξιολόγηση των συντεταγμένων του χρωματικού χώρου χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο CIELab με τιμές παραμέτρων L^* , a^* και b^* . Το σύστημα αυτό προτείνεται από τους Mendoza et al. (2013) ως ο καταλληλότερος χρωματικός χώρος για την



Εικόνα 14: Συντεταγμένες του μοντέλου CIELab

ποσοτικοποίηση σε τρόφιμα με καμπύλες επιφάνειες.

Οι συντεταγμένες που μετρήθηκαν ήταν :

- η φωτεινότητα L^* , η οποία κυμαίνεται από 0 έως 100 (τιμές που αντιστοιχούν στο μαύρο και το λευκό)
- το a^* λαμβάνει αρνητικές τιμές για το πράσινο και θετικές τιμές για το κόκκινο
- το b^* που λαμβάνει αρνητικές τιμές για το μπλε και θετικές για το κίτρινο
- το h (hue angle) που αντιπροσωπεύει τη γωνία απόχρωσης, μετρείται σε μοίρες λαμβάνοντας τιμές 0° για το κόκκινο-πορφυρό, 90° για το κίτρινο, 180° για το γαλαζοπράσινο και 270° για το μπλε.
- το C^* (Chroma) είναι η χρωματική απόχρωση. Προσδιορίζει την ένταση ή την καθαρότητα του χρώματος. Ο παράγοντας C^* υπολογίζεται από την εξίσωση:
$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$$
 (Berns, 2014).

3.3 Ανάλυση Σύστασης τυριών με το FoodScan (Dairy Analyzer)

Η ανάλυση της σύστασης του Κεφαλοτυριού έγινε με το όργανο FoodScan™ Dairy Analyzer, τοποθετώντας πολύ μικρή ποσότητα δείγματος σε εύθρυπτη μορφή μέσα σε τρυβλίο petri. Το FoodScan™ Dairy Analyzer είναι ένα γρήγορο, ακριβές και εύχρηστο όργανο για την ανάλυση ρουτίνας των τυριών και γενικά γαλακτοκομικών προϊόντων. Χρησιμοποιώντας την τεχνολογία μετάδοσης NIR (εγγύς υπέρυθη ακτινοβολία) μετρά μια ποικιλία παραμέτρων και παρέχει αποτελέσματα σε μόλις 50 δευτερόλεπτα. Η φασματοσκοπία NIR, όπου το φως μεταδίδεται μέσω του δείγματος, είναι ένας από τους κύριους λόγους για την επιτυχία του FoodScan. Η φασματοσκοπική τεχνική NIR εξασφαλίζει υψηλό επίπεδο ακρίβειας, σε σύγκριση με άλλες μεθόδους, όπου το αποτέλεσμα βασίζεται σε φως που αντανακλάται από την επιφάνεια του δείγματος. Τα δεδομένα (απορροφητικότητα σε διάφορα μήκη κύματος) που παράγονται από το FoodScan υποβάλλονται σε μια μαθηματική συνάρτηση, ένα μοντέλο βαθμονόμησης, προκειμένου να υπολογιστεί η προβλεπόμενη τιμή. Οι παράμετροι που υπολογίζονται είναι η υγρασία, η λιποπεριεκτικότητα, τα ολικά στερεά, η πρωτεΐνη και το αλάτι που περιέχονται στο τυρί.



Εικόνα 15.: Όργανο ανάλυσης σύστασης γαλακτοκομικών προϊόντων FoodScan

4. Αποτελέσματα – Συζήτηση

Κατά την περίοδο της ωρίμανσης του Κεφαλοτυριού μια σειρά φυσικοχημικών παραμέτρων που επηρεάζουν την ποιότητα του τυριού μεταβάλλονται, όπως το χρώμα, η υγρασία, το λίπος, το αλάτι, οι πρωτεΐνες και οι παράμετροι της υφής. Στη συνέχεια παραθέτονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων με βάση τα πειράματα που πραγματοποιήθηκαν.

4.1 Ανάλυση Χρώματος Κεφαλοτυριού

Για τη μέτρηση του χρώματος υπολογίστηκαν οι παράμετροι L^* (φωτεινότητα), a^* (κόκκινη απόχρωση), b^* (κίτρινη απόχρωση) και h (γωνία απόχρωσης) των τεσσάρων δειγμάτων Κεφαλοτυριού σύμφωνα με την ωρίμανση 6, 10, 17 και 20 μηνών και παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.

Πίνακας 4.: Παράμετροι χρώματος (L^* , a^* , b^* , h) δειγμάτων Κεφαλοτυριού.

Κωδικός δείγματος/Μήνες ωρίμανσης	L^*	a^*	b^*	hue
Δείγμα N4/6 μήνες	74,74±1,65a	-3,39±0,44a	10,62±1,21a	107,69±0,99c
Δείγμα N3/10 μήνες	76,91±1,78c	-3,62±0,08a	13,03±0,36b	105,53±0,36a
Δείγμα N2/17 μήνες	72,19±1,52b	-3,36±0,43a	12,39±0,66b	105,16±1,39a
Δείγμα N4/20 μήνες	74,25±1,31a	-2,50±0,28b	11,16±0,27a	102,61±1,51b

Τα αποτελέσματα αφορούν τον μέσο όρο±τυπική απόκλιση (n=9). Τα διαφορετικά γράμματα δίπλα από κάθε τιμή κατά μήκος της ίδιας στήλης, δηλώνουν στατιστικά σημαντική διαφορά ($P < 0,05$) των τιμών, σύμφωνα με το Tukey test.

Σύμφωνα με τον Πίνακα 4, η φωτεινότητα (L^*), η οποία λαμβάνει τιμές από 0 έως 100, σε όλα τα εξεταζόμενα δείγματα τυριού διαφορετικής παλαιώσης βρέθηκε να κυμαίνεται μεταξύ 72,19 και 76,91. Η φωτεινότητα L^* εμφάνισε στατιστικά ($P < 0,05$) σημαντική αύξηση της τιμής μεταξύ των 6 και 10 μηνών ωρίμανσης, ενώ στατιστικά ($P < 0,05$) σημαντική μείωση της τιμής της παρατηρήθηκε στους 17 μήνες ωρίμανσης.

Τέλος, στο πλέον ώριμο δείγμα τυριού (20 μήνες ωρίμανση) διαπιστώθηκε ότι η τιμή της φωτεινότητας L^* του δείγματος Κεφαλοτυριού δεν επηρεάστηκε από την ωρίμανση. Οι τιμές της παραμέτρου a^* (κόκκινη απόχρωση με αρνητικές τιμές για το πράσινο και θετικές τιμές για το κόκκινο), κυμάνθηκαν από -3,62 έως -2,50 σε όλα τα δείγματα Κεφαλοτυριού. Η παράμετρος a^* εμφάνισε στατιστικά ($P < 0,05$) σημαντική αύξηση στον 20ο μήνα ωρίμανσης, υποδηλώνοντας ότι με την αύξηση του χρόνου ωρίμανσης πραγματοποιείται μετατόπιση προς την κόκκινη απόχρωση. Οι τιμές της παραμέτρου b^* (μπλε απόχρωση που λαμβάνει αρνητικές τιμές για το μπλε και θετικές για το κίτρινο), κυμάνθηκαν από 10,62 μέχρι και 13,03 σε όλα τα δείγματα Κεφαλοτυριού. Συγκεκριμένα, στις τιμές της παραμέτρου b^* παρατηρήθηκε στατιστικά ($P < 0,05$) σημαντική αύξηση στους ενδιάμεσους μήνες ωρίμανσης (10 και 17), αλλά τελικά μετά τους 20 μήνες ωρίμανσης η τιμή b^* φάνηκε ότι δεν είχε στατιστικά ($P < 0,05$) σημαντική διαφορά σε σχέση με το δείγμα των 6 μηνών ωρίμανσης. Η γωνία απόχρωσης h κυμάνθηκε σε όλα τα δείγματα από 102,61 έως 107,69 μοίρες, δηλώνοντας στατιστικά ($P < 0,05$) σημαντική μείωση της απόχρωσης μετά τους 20 μήνες ωρίμανσης. Η αυξομείωση των τιμών L^* , b^* , h μπορεί να οφείλεται σε εποχιακές διακυμάνσεις στο χρώμα του τυριού λόγω της διαφορετικής ποσότητας καροτενοειδών στο χορτάρι ή της συμπλήρωσης της διατροφής με σιλό ή συνολικό μικτό σιτηρέσιο. Η απόχρωση των τυριών αποδίδεται σε ενώσεις που προέρχονται από τη διατροφή των ζώων, ιδίως στο β -καροτένιο (Sharma et al., 2020). Το λευκό χρώμα των τυροκομικών προϊόντων από αιγοπρόβατα οφείλεται κυρίως στην περιεκτικότητα σε βιταμίνη Α και στα μικκύλια της καζεΐνης, σε αντίθεση με το χρώμα των τυροκομικών προϊόντων από βοοειδή που εξαρτάται από τα καροτένια του γάλακτος και ιδίως από το β -καροτένιο που περιέχεται στο γάλα τους (Govari et al., 2023). Η βιταμίνη Α στο πρόβειο γάλα προέρχεται από το β -καροτένιο που μετατρέπεται σε αυτή, στο πεπτικό σύστημα των προβάτων. Το τυρί Κεφαλοτύρι έχει επίσης αυξημένη περιεκτικότητα σε αλάτι, η οποία έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της λευκότητας λόγω της απώλειας του νερού που απορροφάται από την καζεΐνη και την ανάδειξη της ανακλαστικότητας (Govari et al., 2023).

Στην παρούσα βιβλιογραφία δεν γίνονται αναφορές για το χρώμα του Κεφαλοτυριού, ειδικά αν το τυρί έχει ωριμάσει πάνω από τρεις μήνες, επειδή το Κεφαλοτύρι βρίσκεται στην αγορά ως τυρί τριών μηνών ωρίμανσης. Σύμφωνα με τους Kasapian et al. (2015), από ανάλυση που πραγματοποιήθηκε σε δείγματα τυριών, μεταξύ των οποίων και στο

Ηπειρώτικο Κεφαλοτύρι τριών μηνών ωρίμανσης, αναφέρθηκε ότι, το χρώμα του τυριού εξαρτάται από το είδος γάλακτος και το ποσοστό λίπους που περιέχει. Οι παράμετροι του χρώματος L^* , a^* και b^* παρουσίασαν μεγαλύτερες τιμές ενώ, η γωνία απόχρωσης h παρουσίασε μείωση σε σχέση με τις μετρήσεις της παρούσας έρευνας. Με την ωρίμανση η φωτεινότητα μειώνεται και γίνεται πιο έντονη η παρουσία κίτρινης απόχρωσης (Kasarian et al., 2015). Οι Govari et al. (2023) μελέτησαν την οξείδωση του Κεφαλοτυριού κάτω από αερόβια αποθήκευση στο σκοτάδι και στο φως φθορισμού. Μετρώντας το χρώμα του τυριού, διαπίστωσαν ότι τα δείγματα που είχαν αποθηκευτεί υπό φθορίζοντα φθορισμό παρουσίασαν αυξημένο αποχρωματισμό του λευκού και του κίτρινου χρώματος, καθώς και αυξημένο κόκκινο χρώμα. Τέλος τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας έρχονται σε συμφωνία με την έρευνα των Pinho et al. (2004), οι οποίοι μελέτησαν τα φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά του πρόβειου τυριού Terrincho σε διαφορετικούς χρόνους ωρίμανσης. Από την έρευνά τους παρατηρήθηκε, αύξηση την κόκκινης απόχρωσης a^* και της κίτρινης απόχρωσης b^* με ταυτόχρονη μείωση της φωτεινότητας L^* κατά τη διάρκεια του χρόνου ωρίμανσης.

4.2 Ανάλυση σύστασης

Με τη βοήθεια του οργάνου FoodScan Diary έγινε η μελέτη στη σύσταση των δειγμάτων Κεφαλοτυριού διαφορετικού χρόνου ωρίμανσης. Συγκεκριμένα προσδιορίστηκαν το λίπος, η πρωτεΐνη, το αλάτι και τα ολικά στερεά και τα αποτελέσματα των μετρήσεων παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.

Πίνακας 5: Αποτελέσματα μετρήσεων για τη σύσταση των δειγμάτων Κεφαλοτυριού εκφρασμένα σε εκατοστιαία περιεκτικότητα (% w/w)

ΔΕΙΓΜΑΤΑ	20 μηνών	17 μηνών	10 μηνών	6 μηνών
Λίπος	34,94	35,57	32,65	32,7
Πρωτεΐνη	31,59	29,08	29,43	28,42
Υγρασία	30,9	30,57	33,32	34,64
Αλάτι	2,04	2,2	1,62	1,78
Ολικά Στερεά	69,1	69,43	66,68	65,36

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του Πίνακα 5, στο ποσοστό λίπους και πρωτεΐνης παρατηρήθηκε αύξηση (από 32,7 σε 34,94% και από 28,42 σε 31,59%, αντίστοιχα) κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης, ενώ αντιθέτως το ποσοστό υγρασίας μειώθηκε από 34,64 σε 30,9% στο αντίστοιχο διάστημα. Επιπροσθέτως, τόσο η % περιεκτικότητα σε άλας όσο και τα ολικά στερεά στα δείγματα Κεφαλοτυριού αυξήθηκαν κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης από 1,78 έως 2,04% και από 65,36 έως 69,1% αντίστοιχα. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, έχουν γίνει αρκετές μελέτες για τη μεταβολή της σύστασης του Κεφαλοτυριού κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης του, αλλά μόνο για τυρί ωριμασμένο στο διάστημα τριών μηνών.

Στη συγκεκριμένη έρευνα των Pappa et al. (2023), πραγματοποιήθηκαν αναλύσεις σε Κεφαλοτύρι μετά από τρεις μήνες ωρίμανσης, συγκρίνοντας τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του τυριού που παρασκευάστηκε τον Δεκέμβριο και τον Απρίλιο. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν, ότι δεν υπήρχε μεταβολή στα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του Κεφαλοτυριού που παρασκευάστηκε τον Δεκέμβριο σε σχέση με αυτό του Απριλίου, εκτός από το ποσοστό λίπους που ήταν υψηλότερο τον Δεκέμβριο. Παράλληλα έφτασαν στο συμπέρασμα ότι, επειδή η υγρασία ξεπερνούσε το όριο για τα σκληρά τυριά (38%), δεν εφαρμόστηκε σωστή πίεση για να βοηθήσει στην αποστράγγιση. Επιπλέον, μια ακόμη έρευνα που έγινε από τους Kondyli et al. (2023) και μελέτησε τη σύσταση του Κεφαλοτυριού (ωριμασμένο κατά τρεις μήνες) που υπάρχει στην Ελληνική αγορά, έρχεται σε συμφωνία με τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας. Οι τιμές που κατέγραψαν για την υγρασία, το λίπος και την πρωτεΐνη σε Κεφαλοτύρι τριών μηνών ήταν αντίστοιχα, 36.8%, 31.1%, 24.8%, γεγονός που δικαιολογεί τις τιμές των 6, 10, 17 και 20 μηνών ωρίμανσης της παρούσας έρευνας. Αυτό συμβαίνει επειδή με την πάροδο της ωρίμανσης παρατηρείται αύξηση της ποσοστιαίας τιμής λίπους και πρωτεΐνης (Πίνακας 5). Επιπροσθέτως, οι τιμές του άλατος είναι αυτές που διαφέρουν μεταξύ τους, γεγονός που μπορεί να οφείλεται στην διαχείριση της διαδικασίας παρασκευής και προετοιμασίας. Οι τιμές των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών του κάθε τυριού αποτελούν δείκτη ποιότητας και προτίμησης για τον καταναλωτή, με το Κεφαλοτύρι να βρίσκεται στα τυριά με την υψηλότερη προτίμηση. Το πρόβειο γάλα είναι ευρέως αρεστό στην τυροκομία, λόγω της υψηλής ποσότητας πρωτεΐνης, λίπους και ολικών στερεών σε σύγκριση με το αγελαδινό (Kondyli et al., 2023). Η έρευνα των Kondyli et al. (2023) συμφωνεί επίσης και με τα αποτελέσματα των Andrikopoulos et al. (2003), σε έρευνα που εξήχθησαν

για το επίπεδο χοληστερόλης και άλλων συστατικών σε διάφορα είδη Ελληνικών τυριών. Οι Pappa et al. (2021) μελέτησαν τα βιοχημικά χαρακτηριστικά Ορεινού Κεφαλοτυριού έως και έξι μηνών ωρίμανσης. Τα αποτελέσματα της μελέτης δεν συμφωνούν με τις προδιαγραφές που ορίζονται για τα σκληρά τυριά καθώς η υγρασία και το αλάτι είναι υψηλό. Αυτό μπορεί να οφείλεται όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, σε διαφορετικές διαδικασίες που έγιναν κατά τη παρασκευή του Κεφαλοτυριού αλλά και στη διαφορετική σύνθεση του γάλακτος που χρησιμοποιήθηκε. Τέλος, οι Papetti και Carelli (2013), κάτω από έρευνα που εξήχθησαν για την ανάλυση της σύστασης και της ποιότητας ιταλικού τυριού σε καθορισμένους μήνες ωρίμανσης (0, 3, 6, 9 μήνες), έδειξε την μείωση της υγρασίας και την αύξηση του λίπους κατά την διάρκεια της ωρίμανσης του τυριού. Η μείωση των τιμών υγρασίας οφείλεται, στην εξάτμισή της κατά την περίοδο της αποθήκευσης αλλά, θα μπορούσε να αποδοθεί και στην αποικοδόμηση των πρωτεϊνών και των λιπών (Papetti & Carelli, 2013). Η παραπάνω έρευνα έρχεται σε συμφωνία με την παρούσα έρευνα, για το πως μεταβάλλονται η υγρασία και το λίπος σε σχέση με τον χρόνο ωρίμανσης.

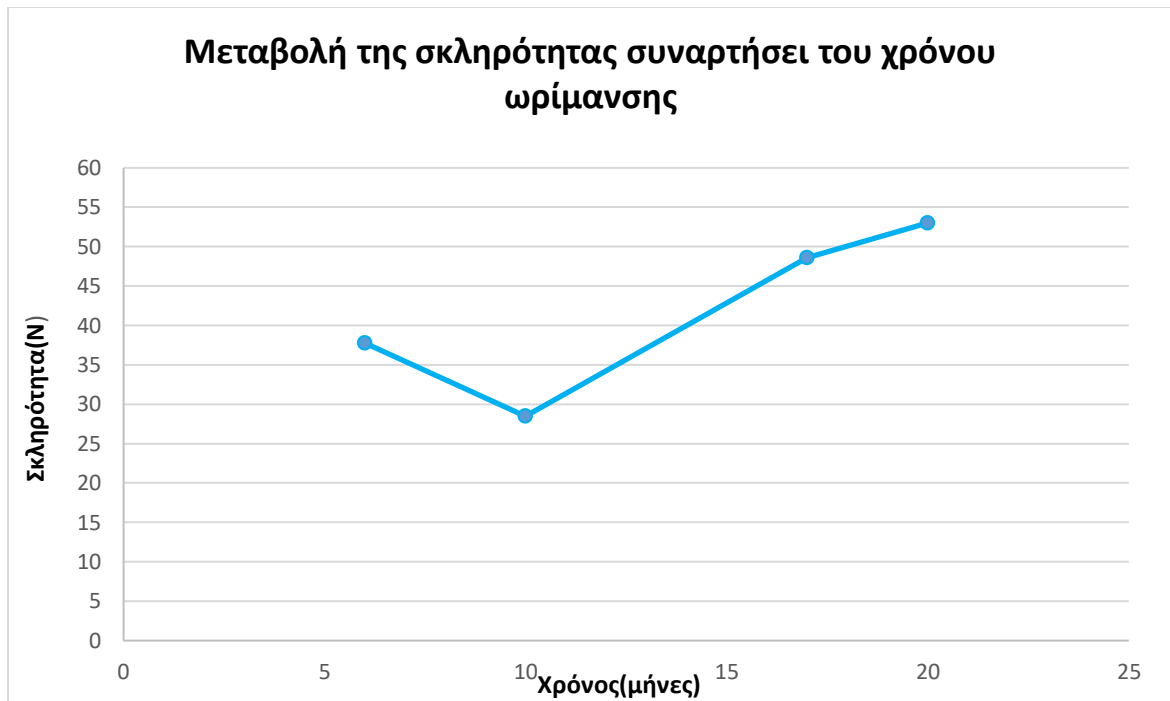
4.3 Ανάλυσης παραμέτρων υφής τυριών

Η υφή του τυριού εξαρτάται από πλήθος παραγόντων όπως είναι, το λίπος, η πρωτεΐνη και κυρίως το ποσοστό καζεΐνης, το αλάτι αλλά και από το χρόνο ωρίμανσης. Με την βοήθεια του οργάνου Texture Analyzer υπολογίστηκαν οι παράμετροι της υφής: Σκληρότητα, Ελαστικότητα, Κολλητικότητα, Μασητικότητα και Συνεκτικότητα στα δείγματα Κεφαλοτυριού, διαφορετικών χρόνων ωρίμανσης. Παρακάτω παρουσιάζονται τα διαγράμματα των παραμέτρων υφής σε σχέση με τους μήνες ωρίμανσης.

4.3.1 Σκληρότητα

Σκληρότητα (Firmness) είναι η δύναμη που χρειάζεται για να επιτευχθεί μια καθορισμένη παραμόρφωση. Στο Διάγραμμα 1 απεικονίζεται η μεταβολή της Σκληρότητας σε σχέση με την ωρίμανση του Κεφαλοτυριού. Η σκληρότητα σε ωριμασμένο Κεφαλοτύρι 10 μηνών εμφανίζει μικρότερες τιμές σε σχέση με το Κεφαλοτύρι των 6 μηνών, αλλά στη συνέχεια παρουσιάζεται αύξηση μέχρι και τους 20 μήνες ωρίμανσης. Αυτό θα μπορούσε να οφείλεται κυρίως στην πρωτεολυτική

δραστηριότητα κατά την ωρίμανση, η οποία διασπά την καζεΐνη, με αποτέλεσμα το τυρί να είναι πιο μαλακό με πιο λείο σώμα στο αρχικό στάδιο της ωρίμανσης. Η σκληρότητα σε αυτό το στάδιο μειώνεται και στη συνέχεια, απομακρύνεται η υγρασία μέσω τη εξάτμισης (Abbas et al., 2017 & Lawrence et al., 1987). Σύμφωνα με τους Lawrence et al. (1987), η σκληρότητα επηρεάζεται αισθητά από σχετικά μικρές διακυμάνσεις της υγρασίας. Ταυτόχρονα, ο ρυθμός αποικοδόμησης της καζεΐνης είναι ταχύτερος στο εσωτερικό κατά τον 1ο ή 2ο μήνα, αλλά τα πρωτεολυτικά προϊόντα είναι τα ίδια. Ωστόσο, κατά μία έννοια, το τυρί που έχει αλατιστεί με άλμη μπορεί να ειπωθεί ότι, ωριμάζει από το εσωτερικό του τυριού προς το εξωτερικό. Τα ωριμασμένα τυριά τείνουν να αυξάνονται σε σκληρότητα κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης, καθώς η απώλεια υγρασίας μέσω του φλοιού έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της αναλογίας καζεΐνης προς υγρασία (Lawrence et al., 1987). Αυτό δικαιολογεί και τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας, όπως βλέπουμε και στο Διάγραμμα 1. Αν και στην παρούσα βιβλιογραφία δεν γίνονται αναφορές σχετικά με την μελέτη υφής του Κεφαλοτυριού, έχει γίνει ανάλυση σε σκληρά τυριά ωρίμανσης που είναι παρόμοια με το Κεφαλοτύρι. Σύμφωνα με τους Abbas et al. (2017) μελετήθηκε η υφή στο Αιγυπτιακό τυρί Ras, το οποίο εμφανίζει παρόμοια χαρακτηριστικά με το Κεφαλοτύρι. Τα δείγματα που μελετήθηκαν είχαν ωριμάσει για 30, 60 και 90 μέρες. Η έρευνα των Abbas et al. (2017) έρχεται σε συμφωνία με την παρούσα έρευνα, καθώς παρατηρείται τελική αύξηση της σκληρότητας. Επιπλέον, η έρευνα των Τασάνη και Τσίγκα (2018) έρχεται σε αντίθεση με την συγκεκριμένη έρευνα. Οι Τασάνη και Τσίγκα (2018) μελέτησαν την ρεολογία και τα χαρακτηριστικά της Γραβιέρας Κρήτης και του Λαδοτυριού. Η Γραβιέρα Κρήτης, όπως και το τυρί Ras είναι παρόμοια σε υφή και χαρακτηριστικά με το Κεφαλοτύρι. Στη συγκεκριμένη έρευνα η Σκληρότητα της Γραβιέρας Κρήτης παρουσιάζει μέγιστη τιμή στους 3 μήνες ωρίμανσης και μετά μείωση έως και τους 6 μήνες. Οι Rinaldi et al. (2010) μελέτησαν το τυρί Pecorino σε διαφόρους χρόνους ωρίμανσης, υπολογίζοντας τις παραμέτρους της υφής, και διαπίστωσαν ότι η σκληρότητα αυξήθηκε με τον χρόνο ωρίμανσης, αποτέλεσμα που συμφωνεί με την παρούσα έρευνα.



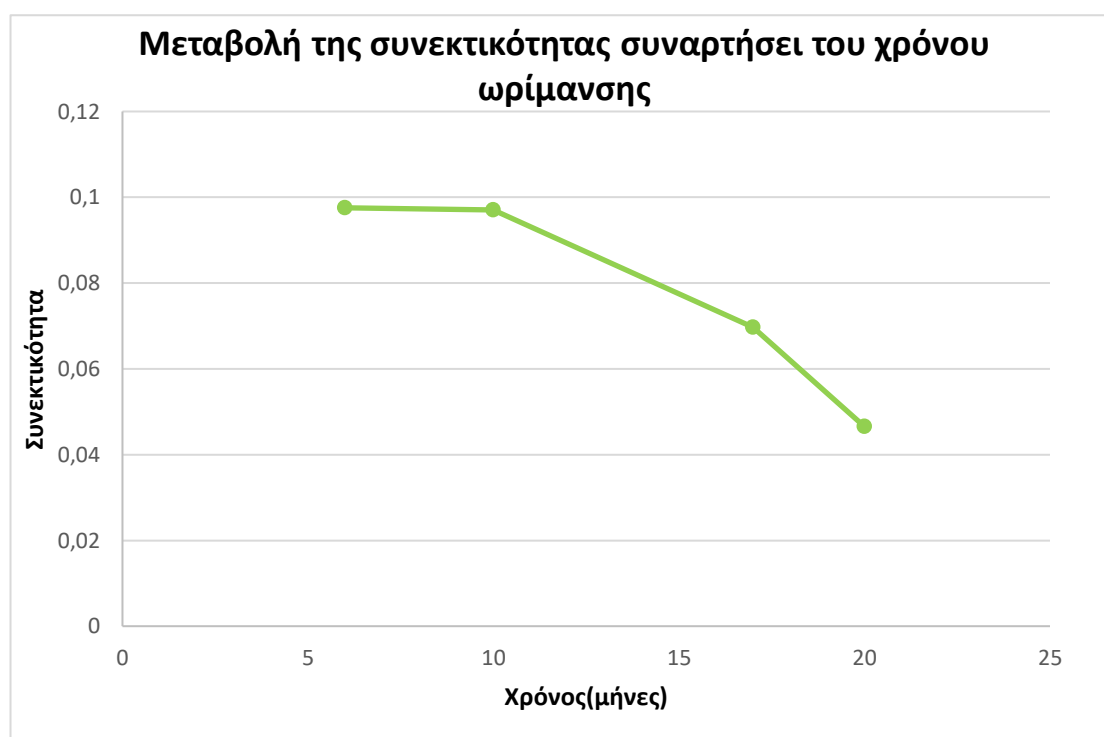
Διάγραμμα 1.: Μεταβολή της Σκληρότητας συναρτήσει του χρόνου ωρίμανσης

4.3.2 Συνεκτικότητα

Η Συνεκτικότητα (Cohesiveness) ορίζεται ως το μήκος των εσωτερικών δεσμών του τροφίμου. Δηλαδή, σύμφωνα με τους Fox et al. (2017), είναι η αντοχή των εσωτερικών δεσμών που συνθέτουν το σώμα του προϊόντος και η τάση του τυριού να παραμένει ενωμένο, και να αντιστέκεται στο σπάσιμο σε διάφορα κομμάτια, κατά τη διάρκεια συμπίεσης. Στο Διάγραμμα 2, εμφανίζεται η μεταβολή της Συνεκτικότητας συναρτήσει του χρόνου ωρίμανσης του Κεφαλοτυριού. Η συνεκτικότητα στο Κεφαλοτύρι παραμένει σταθερή τους πρώτους 10 μήνες ωρίμανσης και ύστερα παρουσιάζεται μείωση έως και τους 20 μήνες ωρίμανσης. Σύμφωνα με τους Abbas et al. (2017), όπως αναφέρθηκε παραπάνω, στη μελέτη που έγινε για το Αιγυπτιακό τυρί Ras, η συνεκτικότητα μεταβλήθηκε με παρόμοιο τρόπο, όπως την παρούσα έρευνα. Η μείωση της Συνεκτικότητας κατά τον χρόνο ωρίμανσης μπορεί να οφείλεται στην πρωτεολυτική δραστηριότητα, η οποία μειώνει τη δομική σταθερότητα της πρωτεϊνικής μήτρας (Abbas et al., 2017). Οι Τασάνη και Τσίγκα (2018), παρατήρησαν ότι, στη Γραβιέρα η συνεκτικότητα παρόλο που παρουσιάζει ξανά μια αύξηση στους τρεις μήνες ωρίμανσης, στη συνέχεια μειώνεται. Η μείωση της συνεκτικότητας

των δειγμάτων, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, μπορεί να αποδοθεί στη διάσπαση των καζεϊνών, δηλαδή στη καταστροφή του πρωτεϊνικού πλέγματος κατά την πρωτεόλυση. Με αυτόν τον τρόπο μειώνεται η συνοχή του πρωτεϊνικού πλέγματος, επομένως παρατηρείται μειωμένη συνεκτικότητα. Τα αποτελέσματα έρχονται σε συμφωνία με την έρευνα των Rinaldi et al. (2010), όπου παρατήρησαν την μείωση της συνεκτικότητας κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης στο τυρί Pecorino.

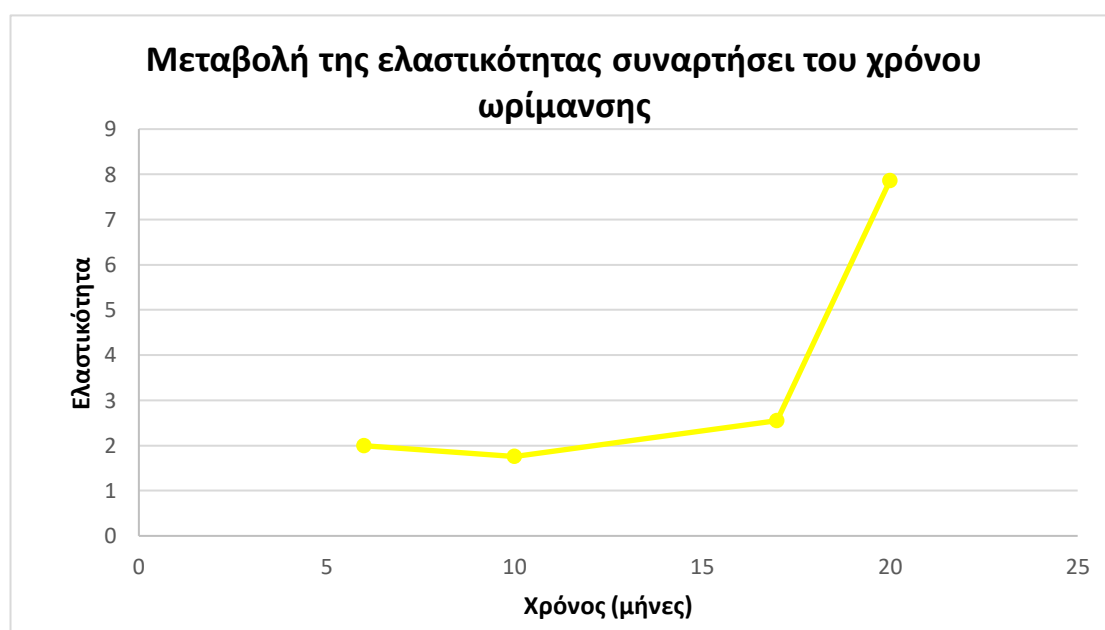
Διάγραμμα 2: Μεταβολή της Συνεκτικότητας συναρτήσει του χρόνου ωρίμανσης



4.3.3 Ελαστικότητα

Ως Ελαστικότητα (Springiness) ορίζεται ο ρυθμός με τον οποίο ένα παραμορφωμένο υλικό επιστρέφει στις αρχικές του διαστάσεις μετά την παραμόρφωση, όταν η δύναμη αφαιρεθεί, καθώς και το ύψος που ανακτά το τυρί κατά τη διάρκεια του χρόνου που μεσολαβεί μεταξύ του τέλους της πρώτης συμπίεσης και της έναρξης της δεύτερης συμπίεσης (Fox et al., 2017). Στο Διάγραμμα 3 παρατηρούμε ότι, η Ελαστικότητα παρουσιάζει μια ανοδική πορεία κατά την διάρκεια της ωρίμανσης του Κεφαλοτυριού. Οι Lawrence et al. (1987) ανέφεραν ότι, η πρωτεόλυση συμβάλλει σημαντικά στην ελαστικότητα του τυριού έχοντας αρνητικό αντίκτυπο λόγω της μαλάκυνσης του

τυριού καθώς η πρωτεϊνική μήτρα διασπάται. Αυτό έρχεται σε αντίθεση, με το παρακάτω διάγραμμα, καθώς υπάρχει θετική συσχέτιση μεταξύ ελαστικότητας και χρόνου ωρίμανσης. Οι Abbas et al., (2017) υποστήριξαν ότι, στο τυρί Ras η ελαστικότητα μειώθηκε κατά την περίοδο ωρίμανσης. Έτσι, με τη μείωση της ελαστικότητας παρατείνεται η περίοδος ωρίμανσης. Αυτό μπορεί να οφείλεται στην απελευθέρωση ιόντων που είναι υπεύθυνα για την ελαστικότητα του τυριού κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης. Τα αποτελέσματα δεν συμπίπτουν με αυτά των Ταστάνη και Τσίγκα (2018). Το παρακάτω διάγραμμα μπορεί να δικαιολογηθεί με το γεγονός της κακής λειτουργίας των πρωτεολυτικών ενζύμων. Η πρωτεόλυση με τη διάσπαση του δικτύου πρωτεϊνών προκαλεί μείωση της ελαστικότητας. Αν η βιοχημική αυτή διαδικασία δεν λειτουργήσει, το τυρί τείνει να αποκτήσει περισσότερη ελαστικότητα. Οι Rinaldi et al. (2010), στην έρευνα για το τυρί Pecorino υποστήριξαν ότι, η ελαστικότητα δεν μεταβλήθηκε. Ο σχηματισμός ιοντικών ομάδων που δημιουργούνται από τη διάσπαση των πεπτιδικών δεσμών που θα μπορούσαν να ανταγωνιστούν την

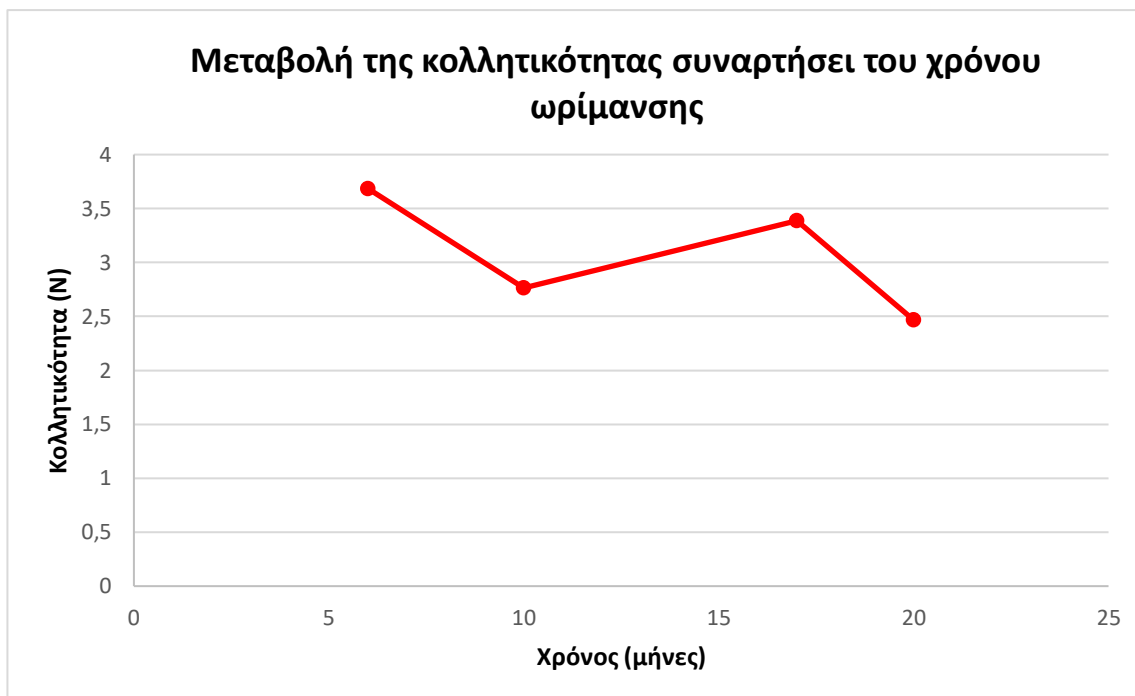


Διάγραμμα 3: Μεταβολή της Ελαστικότητας συναρτήσει του χρόνου ωρίμανσης

πρωτεΐνη για τη σύνδεση διαθέσιμου νερού, σχετίζεται με την αύξηση τόσο της σκλήρυνσης του τυριού όσο και της αντίστασης στην παραμόρφωση κατά την ωρίμανση (Rinaldi et al., 2010).

4.3.4 Κολλητικότητα

Με τον όρο Κολλητικότητα (Adhesiveness) εννοούμε, το έργο/η δύναμη που απαιτείται για να ξεπεραστούν οι ελκτικές δυνάμεις μεταξύ της επιφάνειας του προϊόντος και της επιφάνειας του υλικού (του ανιχνευτή) με το οποίο έρχεται σε επαφή το προϊόν (Fox et al., 2017). Στο Διαγραμμα 4 παρατηρείται μια αυξομείωση της



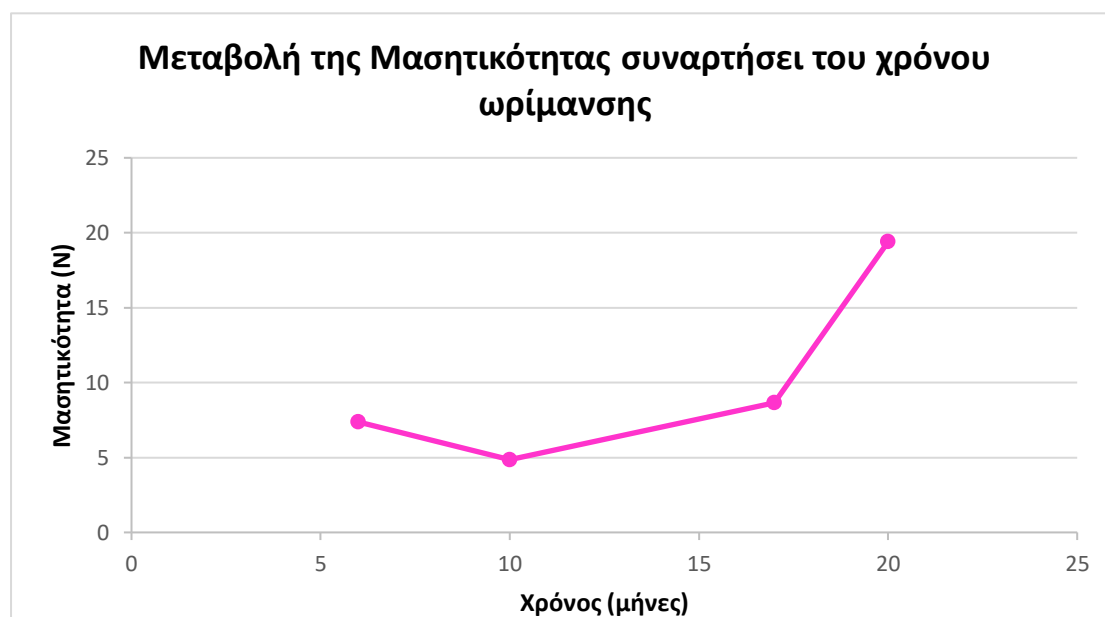
Διάγραμμα 4: Μεταβολή της Κολλητικότητας συναρτήσει του χρόνου ωρίμανσης

Κολλητικότητας κατά την περίοδο ωρίμανσης. Η Κολλητικότητα μειώνεται στους 10 μήνες, ύστερα αυξάνεται στους 17 και τέλος στους 20 μήνες παίρνει την μικρότερη τιμή. Η κολλητικότητα επηρεάζεται αρκετά από το ποσοστό λίπους του τυριού. Διαφορετικό ποσοστό λίπους στα στάδια ωρίμανσης, έχει ως αποτέλεσμα διαφορετικές τιμές Κολλητικότητας. Το ποσοστό λίπους δεν μπορεί να είναι σταθερό, καθώς το Κεφαλοτύρι μπορεί να έχει παρασκευαστεί από πρόβειο γάλα διαφορετικής περιόδου, με πιθανότητα αλλαγής σύστασης (Ενότητα 4.2). Στην έρευνα των Abbas et al. (2017), η Κολλητικότητα στο τυρί Ras παρουσίασε μείωση, πράγμα που διαφέρει από το παρόν αποτέλεσμα. Οι Rinaldi et al. (2010) δεν παρατήρησαν κάποια ουσιαστική μεταβολή πάνω σε έρευνα που εξήχθησαν για το Pecorino, όσον αφορά την Κολλητικότητα.

4.3.5 Μασητικότητα

Η Μασητικότητα δηλώνει την προσπάθεια που χρειάζεται για να μασηθεί ένα στερεό τρόφιμο σε μια κατάσταση έτοιμη για κατάποση. Στο Διάγραμμα 5, παρατηρείται η μεταβολή της Μασητικότητας σε σχέση με τον χρόνο ωρίμανσης. Οι τιμές της Μασητικότητας αυξάνονται ουσιαστικά με την πάροδο της ωρίμανσης. Όπως αναφέρθηκε και στην ενότητα 2 της παρούσας εργασίας, η Μασητικότητα είναι αποτέλεσμα της Κολλητικότητας και της Ελαστικότητας. Έτσι, επηρεάζεται εξίσου από τις μεταβολές που δέχεται η Ελαστικότητα και η Κολλητικότητα.

Στην βιβλιογραφία δεν γίνονται αρκετές αναφορές για την παράμετρο της Μασητικότητας. Οι Rinaldi et al. (2010) στη έρευνα που έκαναν για το τυρί Pecorino έδειξε ότι, η παράμετρος της Μασητικότητας αυξήθηκε με την πάροδο της ωρίμανσης, αποτέλεσμα που συμφωνεί με την παρούσα έρευνα του Κεφαλοτυριού. Τέλος, οι Abbas et al. (2017), στην έρευνα που πραγματοποίησαν για το Αιγυπτιακό τυρί Ras παρατήρησαν αύξηση της μασητικότητας κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης, γεγονός που έρχεται σε συμφωνία με τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας.



Διάγραμμα 6: Μεταβολή της Μασητικότητας συναρτήσει του χρόνου ωρίμανσης

5. Συμπέρασμα

Ως απόρροια όλων όσων προαναφέρθηκαν γίνεται αντιληπτό πως, η ωρίμανση είναι ένα κρίσιμο στάδιο στη διαδικασία παραγωγής τυριών και έχει σημαντική επίδραση στα χαρακτηριστικά του τελικού προϊόντος. Κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης, το τυρί υπόκειται σε διάφορες φυσικές, χημικές και βιολογικές αλληλεπιδράσεις που επηρεάζουν τη γεύση, το άρωμα, την υφή και την ως εκ τούτου ποιότητα του.

Κατά την διάρκεια της ωρίμανσης, συμβαίνουν αλλαγές στο χρώμα, τη σύσταση και την υφή του τυριού και προκειμένου να γίνει έρευνα πάνω στην επίδραση της ωρίμανσης στα χαρακτηριστικά του τυριού και συγκεκριμένα στο Κεφαλοτύρι, πραγματοποιήθηκαν διάφορες ενόργανες μέθοδοι που ανέλυσαν τις μεταβολές αυτές. Ως ενόργανες μεθόδους αναφέρονται αναλυτικές τεχνικές που περιλαμβάνουν τη χρήση εξειδικευμένων οργάνων και εξοπλισμού για την ανάλυση και το χαρακτηρισμό των ουσιών. Η μελέτη του χρώματος με τη χρήση του χρωματομέτρου Konica Minolta, η ανάλυση σύστασης με τη χρήση οργάνου FoodScan και η ανάλυση των παραμέτρων υφής, είναι οι ενόργανες μέθοδοι που έλαβαν μέρος στην παρούσα έρευνα.

Όσον αφορά το χρώμα του Κεφαλοτυριού, παρατηρήθηκε αύξηση της φωτεινότητας μέχρι και τους 10 μήνες ωρίμανσης και στη συνέχεια μείωση της παραμέτρου στους 17 μήνες. Στο πιο ώριμο δείγμα τυριού (20 μηνών) δεν παρουσιάστηκε κάποια ουσιαστική μεταβολή της φωτεινότητας κατά την πάροδο της ωρίμανσης, αλλά υπήρχε αύξηση της κόκκινης απόχρωσης, με την κίτρινη απόχρωση να μην παρουσιάζει μεγάλη μεταβολή στο τέλος της ωρίμανσης, παρά μόνο στους ενδιάμεσους μήνες (10 και 17). Η απόχρωση των τυριών αποδίδεται στα καροτενοειδή του γάλακτος και ιδίως στο β -καροτένιο, μέσω της διατροφής των ζώων. Ωστόσο, οι διακυμάνσεις των τιμών L^* , b^* και h μπορεί να οφείλονται στο γάλα που χρησιμοποιήθηκε στην παρασκευή του κάθε δείγματος Κεφαλοτυριού, το οποίο πιθανώς να προήλθε από διαφορετικά αιγοπρόβατα της ίδιας εκτροφής, με διαφορετική ποσότητα λίπους.

Η μελέτη της σύστασης του Κεφαλοτυριού έδειξε την αύξηση του λίπους, της πρωτεΐνης, του αλατιού και των ολικών στερεών με ταυτόχρονη μείωση της υγρασίας. Αυτό αποδίδεται κυρίως, στην πρωτεολυτική και λιπολυτική δραστηριότητα των ενζύμων, διασπώντας τις πρωτεΐνες σε ολιγοπεπτίδια και τα λίπη σε λιπαρά οξέα, κατά

την ωρίμανση του τυριού. Με την αποικοδόμηση των πρωτεϊνών και των λιπών πραγματοποιείται ταυτόχρονη αποβολή υγρασίας, προκαλώντας στο Κεφαλοτύρι αφυδάτωση. Τέλος, το Κεφαλοτύρι όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, ανήκει στην κατηγορία των σκληρών τυριών, γεγονός που το ποσοστό υγρασίας δεν πρέπει να υπερβαίνει το 38%. Οι τιμές της υγρασίας του δείγματος Κεφαλοτυριού συμφωνούν με το Άρθρο 83 του Κώδικα Τροφίμων και δεν υπερβαίνουν το 38%.

Και τέλος, η ανάλυση του προφίλ υφής του Κεφαλοτυριού έδειξε αύξηση της Σκληρότητας και της Ελαστικότητας, με ταυτόχρονη μείωση της Συνεκτικότητας. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η διάσπαση της πρωτεϊνικής μήτρας στο αρχικό στάδιο της ωρίμανσης μετατρέπει το σώμα του τυριού μαλακό και λείο και στη συνέχεια με την απομάκρυνση της υγρασίας η υφή του τυριού γίνεται πιο σκληρή. Με τη αποικοδόμηση της καζεΐνης, η ελαστικότητα μειώνεται με την πάροδο της ωρίμανσης, όπως και η συνεκτικότητα, καθώς καταστρέφεται η συνοχή του πρωτεϊνικού πλέγματος. Στην παρούσα έρευνα, η αύξηση της ελαστικότητας μπορεί να αποδοθεί στην κακή δράση των πρωτεολυτικών ενζύμων αλλά και στην πειραματική διαδικασία, καθώς δεν είναι γνωστές και οι συνθήκες αποθήκευσης του Κεφαλοτυριού.

Σύμφωνα με τα παραπάνω αποτελέσματα, συμπεραίνουμε ότι, το 20 μηνών ωρίμανσης Κεφαλοτύρι παρουσίασε πιο έντονη την κόκκινη και κίτρινη αποχρώση, γεγονός που μπορεί να δικαιολογηθεί από την μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε λίπος σε σύγκριση με το Κεφαλοτύρι 6 μηνών ωρίμανσης. Σε συνδυασμό με τα αποτελέσματα της ανάλυσης παραμέτρων υφής, το Κεφαλοτύρι 20 μηνών ωρίμανσης είχε την πιο σκληρή υφή, λόγω αρκετά χαμηλού ποσοστού υγρασίας και αυξημένης ποσότητας πρωτεΐνης.

Λαμβάνοντας υπ' όψιν όλα αυτά τα ευρήματα, γίνεται αντιληπτή η ανάγκη για ακόμη εκτενέστερη μελέτη της ωρίμανσης του Κεφαλοτυριού με σκοπό την απόκτηση περαιτέρω πληροφοριών και γνώσεων. Η μελέτη των φυσικοχημικών και ρεολογικών ιδιοτήτων του Κεφαλοτυριού σε διαφορετικές συνθήκες αποθήκευσης κατά την περίοδο ωρίμανσης, θα παρουσίαζε ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Η έρευνα με αντικείμενο τη δράση των πρωτεολυτικών και λιπολυτικών ενζύμων σε διάφορες περιόδους ωρίμανσης του Κεφαλοτυριού, θα αποτελούσε τρόπο για την βαθύτερη κατανόηση της διαδικασίας ωρίμανσης. Τέλος, οργανοληπτική αξιολόγηση του Κεφαλοτυριού και συσχέτιση των αποτελεσμάτων με αυτά των ενόργανων μεθόδων θα αποτελούσε ενδιαφέρον θέμα για περαιτέρω έρευνα.

6.Βιβλιογραφία

1. Abbas, K. A., Agamy, A. A., & Metry, W. A. (2017). Evaluation of Changes of the Chemical, Rheological and Organoleptic Characteristics of Ras Cheese during Ripening. *Journal of Food and Dairy Sciences*, 8(9), 391-394.
2. Álvarez, S., & Fresno, M. (2020). Effect of the ripening period and intravarietal comparison on chemical, textural and sensorial characteristics of Palmero (PDO) goat cheese. *Animals*, 11(1), 58.
3. Andrikopoulos, N. K., Kalogeropoulos, N., Zerva, A., Zerva, U., Hassapidou, M., & Kapoulas, V. M. (2003). Evaluation of cholesterol and other nutrient parameters of Greek cheese varieties. *Journal of food composition and analysis*, 16(2), 155-167.
4. Arvanitoyannis, I. S., & Mavropoulos, A. A. (2000). Implementation of the hazard analysis critical control point (HACCP) system to Kasseri/Kefalotiri and Anevato cheese production lines. *Food Control*, 11(1), 31-40.
5. Berns, R. S. (2014). Extending CIELAB: Vividness, depth, and clarity. *Color Research & Application*, 39(4), 322-330.
6. Bozoudi, D., Pavlidou, S., Kotzamanidis, C., Georgakopoulos, P., Torriani, S., Kondyli, E., ... & Litopoulou-Tzanetaki, E. (2016). Graviera Naxou and Graviera Kritis Greek PDO cheeses: Discrimination based on microbiological and physicochemical criteria and volatile organic compounds profile. *Small Ruminant Research*, 136, 161-172.
7. Cadwallader, K. R., & Singh, T. K. (2009). Flavours and off-flavours in milk and dairy products. *Advanced dairy chemistry: Volume 3: Lactose, water, salts and minor constituents*, 631-690.
8. Cheung, P. C. K., & Mehta, B. M. (Eds.). (2015). *Handbook of food chemistry* (Vol. 11). Springer Berlin Heidelberg.
9. Chia, J., Burrow, K., Carne, A., McConnell, M., Samuelsson, L., Day, L., ... & Bekhit, A. E. D. A. (2017). Minerals in sheep milk. In *Nutrients in Dairy and their Implications on Health and Disease* (pp. 345-362). Academic Press.

10. Collins, Y. F., McSweeney, P. L., & Wilkinson, M. G. (2003). Lipolysis and free fatty acid catabolism in cheese: a review of current knowledge. *International Dairy Journal*, *13*(11), 841-866.
11. Costa, J. B., de Paula, N. T., da Silva, P. A., de Souza, G. C., Paim, A. P. S., & Lavorante, A. F. (2019). A spectrophotometric procedure for sialic acid determination in milk employing a flow-batch analysis system with direct heating. *Microchemical Journal*, *147*, 782-788.
12. Eroglu, A., Dogan, M., Toker, O. S., & Yilmaz, M. T. (2015). Classification of Kashar cheeses based on their chemical, color and instrumental textural characteristics using principal component and hierarchical cluster analysis. *International Journal of Food Properties*, *18*(4), 909-921.
13. Foegeding, E. A., & Drake, M. A. (2007). Invited review: Sensory and mechanical properties of cheese texture. *Journal of dairy science*, *90*(4), 1611-1624.
14. Fox, P. F., Guinee, T. P., Cogan, T. M., & McSweeney, P. L. (2017). *Fundamentals of cheese science* (Vol. 1, p. 271). Boston, MA, USA:: Springer.
15. Govari, M., Iliadis, S., Papageorgiou, D., & Fletouris, D. (2020). Seasonal changes in fatty acid and conjugated linoleic acid contents of ovine milk and kefalotyri cheese during ripening. *International Dairy Journal*, *109*, 104775.
16. Govari, M., Iliadis, S., Papageorgiou, D., & Fletouris, D. (2022). Lipid and protein oxidation of grated Kefalotyri cheese packaged in vacuum or modified atmosphere and stored under retail display conditions. *International Dairy Journal*, *131*, 105369.
17. Govari, M., Iliadis, S., Papageorgiou, D., & Fletouris, D. (2023). Oxidative status of Kefalotyri cheese during aerobic storage in the dark or under fluorescent light. *International Journal of Dairy Technology*, *76*(1), 187-199.
18. Guiné, R., Leitão, S., Gonçalves, F., & Correia, P. (2017). Evaluation of colour in a newly developed food product: fresh cheese with red fruits. *Journal of Scientific and Engineering Research*, *4*(7), 108-115.
19. Guiné, R., Roque, A. R. F., Seiça, F. F., & Batista, C. E. (2016). Effect of chemical pretreatments on the physical properties of kiwi. *International Journal of Food Engineering*, *2*(2), 90-95.

20. Hartmann, K., Licitra, G., Eugster-Meier, E., Fröhlich-Wyder, M. T., Jakob, E., Wechsler, D., ... & Ardö, Y. (2017). Hard cheeses. *Global Cheesemaking Technology: Cheese Quality and Characteristics*, 204-246.
21. Høier, E., Janzen, T., Rattray, F., Sørensen, K., Børsting, M. W., Brockmann, E., & Johansen, E. (2010). The production, application and action of lactic cheese starter cultures. *Technology of cheesemaking*, 166-192.
22. Kasapian, M., Dičáková, Z., & Dudriková, E. (2015). DETERMINATION OF PHYSICAL AND PHYSICO-CHEMICAL PARAMETERS IN GREEK CHEESES. *FOLIA*, 59(2), 106-110.
23. Kasapian, M., Dičáková, Z., Dudriková, E., & Bystrický, P. (2014). Physical and physico-chemical parameters of Greek cheeses. *Bulg Chem Commun*, 46(2), 68-72.
24. Law, B. A., & Tamime, A. Y. (Eds.). (2011). *Technology of cheesemaking*. John Wiley & Sons.
25. Lawrence, R. C., Creamer, L. K., & Gilles, J. (1987). Texture development during cheese ripening. *Journal of Dairy Science*, 70(8), 1748-1760.
26. McSweeney, P. L. (2004). Biochemistry of cheese ripening. *International journal of dairy technology*, 57(2-3), 127-144.
27. McSweeney, P. L. (Ed.). (2007). *Cheese problems solved*. Elsevier.
28. McSweeney, P. L., & Sousa, M. J. (2000). Biochemical pathways for the production of flavour compounds in cheeses during ripening: A review. *Le Lait*, 80(3), 293-324.
29. Nedomová, Š., Kilián, L., Pytel, R., & Kumbár, V. (2017). Effect of ripening time on colour and texture properties in cheese. *Potravinárstvo*.
30. Nudda, A., McGuire, M. A., Battacone, G., & Pulina, G. (2005). Seasonal variation in conjugated linoleic acid and vaccenic acid in milk fat of sheep and its transfer to cheese and ricotta. *Journal of Dairy Science*, 88(4), 1311-1319.
31. Pagthinathan, M., & Nafees, M. S. M. (2015). Biochemistry of cheese ripening. *AGRIEAST Journal of Agricultural Sciences*, 10, 16-26.
- Delgado, F. J., González-Crespo, J., Cava, R., & Ramírez, R. (2011). Proteolysis, texture and colour of a raw goat milk cheese throughout the maturation. *European Food Research and Technology*, 233, 483-488.
32. Papademas, P., & Bintsis, T. (2018). Global cheesemaking technology. *Nueva York, Estados Unidos: Wiley*.

33. Papetti, P., & Carelli, A. (2013). Composition and sensory analysis for quality evaluation of a typical Italian cheese: Influence of ripening period. *Czech Journal of Food Sciences*, 31(5), 438-444.
34. Pappa, E. C., & Kondyli, E. (2023). Descriptive characteristics and cheesemaking technology of Greek cheeses not listed in the EU geographical indications registers. *Dairy*, 4(1), 43-67.
35. Pappa, E. C., Kondyli, E., Pappas, A. C., Giamouri, E., Sarri, A., Mavrommatis, A., ... & Georgiou, C. A. (2023). Compositional Differences of Greek Cheeses of Limited Production. *Foods*, 12(12), 2426.
36. Pappa, E. C., Kondyli, E., Vlachou, A. M., Kakouri, A., & Malamou, E. (2021). Evolution of the biochemical and microbiological characteristics of mountainous Kefalotyri cheese during ripening and storage. *Food Res*, 5, 254-259.
37. Peleg, M. (2019). The instrumental texture profile analysis revisited. *Journal of Texture Studies*, 50(5), 362-368.
38. Rinaldi, M., Chiavaro, E., & Massini, R. (2010). Pecorino of appennino reggiano cheese: Evaluation of ripening time using selected physical properties. *Italian Journal of Food Science*, 22(1), 54.
39. Sáez, A., Mendoza, C. S., Acha, B., & Serrano, C. (2013). Development and evaluation of perceptually adapted colour gradients. *IET Image Processing*, 7(4), 355-363.
40. Sharma, P., Segat, A., Kelly, A. L., & Sheehan, J. J. (2020). Colorants in cheese manufacture: Production, chemistry, interactions, and regulation. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(4), 1220-1242.
41. Skotniczny, M., & Satora, P. (2021). Sheep's milk cheeses as a source of bioactive compounds. *Acta Universitatis Cibiniensis. Series E: Food Technology*, 25(2), 167-184.
42. Subramanian, A., & Rodriguez-Saona, L. (2010). Chemical and instrumental approaches to cheese analysis. *Advances in food and nutrition research*, 59, 167-213.
43. Tekin, A., & Güler, Z. (2019). Glycolysis, lipolysis and proteolysis in raw sheep milk Tulum cheese during production and ripening: Effect of ripening materials. *Food chemistry*, 286, 160-169.

44. Zamberlin, Š., Antunac, N., Havranek, J., & Samaržija, D. (2012). Mineral elements in milk and dairy products. *Mljekarstvo: časopis za unaprjeđenje proizvodnje i prerade mlijeka*, 62(2), 111-125.
45. Ταστάνη, Π., & Τσίγκα, Μ. Μελέτη των φυσικοχημικών και ρεολογικών χαρακτηριστικών Λαδοτυριού και Γραβιέρας Μυτιλήνης κατά την ωρίμανση.
46. Τσάκαλη, Ε., & Κεχαγιάς, Χ., Επιστήμη και τεχνολογία γάλακτος γαλακτοκιμικών προϊόντων, 2^η Έκδοση
47. Pinho, O., Mendes, E., Alves, M. M., & Ferreira, I. M. P. L. V. O. (2004). Chemical, physical, and sensorial characteristics of “Terrincho” ewe cheese: changes during ripening and intravarietal comparison. *Journal of Dairy science*, 87(2), 249-257.