



Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής
Σχολή Επιστημών Τροφίμων
Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Η επίδραση της ωρίμανσης στη σύσταση των σκληρών τυριών

English Title

The effects of maturing process on the composition of hard cheeses



ΟΝΟΜΑ ΦΟΙΤΗΤΗ/ NAME OF STUDENT

Παναγιώτα Ράπτη
Panagiota Rapti

ΟΝΟΜΑ ΕΙΣΗΓΗΤΗ/ NAME OF SUPERVISOR

Ευσταθία Τσάκαλη
Efstathia Tsakali

ΑΙΓΑΛΕΩ/AIGALEO 2023

Έγινε δεκτή

Οι υπογράφοντες δηλώνουμε ότι έχουμε εξετάσει τη πτυχιακή εργασία με τίτλο **‘Η επίδραση της ωρίμανσης στη σύσταση των σκληρών τυριών ’** που παρουσιάστηκε από την Ράπη Παναγιώτα και βεβαιώνουμε ότι γίνεται δεκτή.

27/09/2023

Ευσταθία Τσάκαλη
Επίκουρη Καθηγήτρια
Επιβλέπουσα

27/09/2023

Βασιλεία Σινάνογλου
Καθηγήτρια
Μέλος Επιτροπής Αξιολόγησης

27/09/2023

Ειρήνη Στρατή
Επίκουρη Καθηγήτρια
Μέλος Επιτροπής Αξιολόγησης

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Ράπη Παναγιώτα του Ιωάννη, με αριθμό μητρώου 19684077 φοιτήτρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Τεχνολογίας Τροφίμων του Τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων, δηλώνω υπεύθυνα ότι: «Είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής 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»

Ράπη Παναγιώτα



Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαιτέρως την επιβλέπουσα καθηγήτριά μου Επίκουρη Καθηγήτρια του τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων Ευσταθία Τσάκαλη, η οποία με καθοδήγησε άψογα, δίνοντας χρήσιμες συμβουλές και οδηγίες για την εκπόνηση της εργασίας, και ταυτόχρονα την ευχαριστώ που μου μετέδωσε τις γνώσεις της πάνω στην τεχνολογία του γάλακτος και των προϊόντων του. Επίσης ευχαριστώ την Καθηγήτρια Σινάνογλου Βασιλεία, Κοσμήτορα της Σχολής Επιστημών Τροφίμων για τις σημαντικές παρατηρήσεις και συμβουλές της, την Επίκουρη Καθηγήτρια Στρατή Ειρήνη για την καθοδήγηση και τις υποδείξεις κατά τη διάρκεια των πειραμάτων, την υποψήφια Διδάκτορα Σταυροπούλου Ναταλία για την εκπαίδευση στην χρήση του αναλυτή υφής και τον, Καθηγητή Γαλακτοκομίας στο τμήμα Επιστήμης & Διατροφής του Ανθρώπου του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών Θεοφύλακτο Μασούρα για την παραχώρηση του εξοπλισμού του Εργαστηρίου Γαλακτοκομίας για την πραγματοποίηση μέρος των πειραμάτων.

Τέλος, οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένεια μου και στους φίλους μου που στάθηκαν δίπλα μου σε όλο το διάστημα των σπουδών μου.

Περιεχόμενα

Κατάλογος Πινάκων	7
Κατάλογος Διαγραμμάτων	7
Κατάλογος Σχημάτων	8
Κατάλογος εικόνων	8
Περίληψη	9
Abstract.....	11
Εισαγωγή	12
1. Γενικά για το τυρί.....	13
1.1 Ιστορική αναφορά.....	13
1.2 Ορισμοί τυριού	13
1.3 Ταξινόμηση τυριών	14
1.4 Τυριά Προστατευόμενης Ονομασίας Προέλευσης (ΠΟΠ)	16
1.5 Είδη σκληρών τυριών	18
1.5.1 Ελληνικά σκληρά τυριά.....	19
1.5.2 Ξενικής προέλευσης σκληρά τυριά	23
2. Τεχνολογία και παραγωγή τυριών	25
2.1 Σύνθεση γάλακτος	25
2.1.1 Πρωτεΐνες	27
2.1.2 Λακτόζη.....	28
2.1.3 Λιπίδια	29
2.1.4 Άλατα.....	29
2.1.5 Λοιπά συστατικά	30
2.2 Διαδικασία παραγωγής τυριών	32
2.2.1 Τυποποίηση γάλακτος	32
2.2.2 Σχηματισμός τυροπήγατος	33
2.2.3 Μεταχείριση τυροπήγατος.....	35
2.2.4 Ωρίμανση.....	36
2.4 Συνθήκες ωρίμανσης	43
2.5 Επίδραση της ωρίμανσης στη σύσταση του τυριού	44
2.6 Υφή του τυριού.....	46
3. Σκοπός της Εργασίας.....	51
4. Υλικά και Μέθοδοι.....	52
4.1 Μέτρηση φυσικοχημικών παραγόντων	52

4.1.1 Φασματοφωτομετρία Εγγύς Υπερύθρου (NIR)- FoodScan	53
4.1.2 Μέτρηση Χρώματος	54
4.1.3 Ανάλυση προφίλ υφής (Texture Profile Analysis-TPA)	55
4.2 Στατιστική ανάλυση	55
5. Αποτελέσματα και Συζήτηση	56
5.1 Φυσικοχημικές παράμετροι	56
5.1.1 Χρωματικές παράμετροι.....	56
5.1.2 Υγρασία	59
5.1.3 Λίπος.....	60
5.1.4 Πρωτεΐνες	61
5.1.5 Αλάτι.....	63
5.2 Παράμετροι Υφής.....	64
5.2.1 Σκληρότητα (Hardness).....	64
5.2.2 Ελαστικότητα (Springiness)	65
5.2.3 Συνεκτικότητα (Cohesiveness).....	66
5.2.4 Κολλώδες (Adhesivness).....	67
5.2.5 Μασητικότητα (Chewiness)	68
5.3 Συσχετίσεις μεταξύ των φυσικοχημικών και των παραμέτρων υφής	69
6. Συμπεράσματα.....	72
7. Προτάσεις για μελλοντική έρευνα.....	74
Βιβλιογραφία	75
Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία	75
Ελληνική Βιβλιογραφία.....	83
Πηγές εικόνων	83
Παράρτημα	84

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1 Ελληνικά τυριά Προστατευόμενης Ονομασίας Προέλευσης	17
Πίνακας 2 Παραγωγή μαλακών, ημίσκληρων, σκληρών και πολύ σκληρών τυριών από διάφορες χώρες	19
Πίνακας 3 Χαρακτηριστικά διάφορων ελληνικών σκληρών τυριών	22
Πίνακας 4 Σύνθεση τυριών ελληνικής και ξενικής προέλευσης	24
Πίνακας 5 Μέση σύνθεση γίδινου, πρόβειου και αγελαδινού γάλακτος	25
Πίνακας 6 Σημαντικότερα θρεπτικά μακροστοιχεία (mmol/L) σε διάφορα είδη γάλακτος	30
Πίνακας 7 Βασικές παράμετροι κατά την ανάλυση του προφίλ υφής- TPA	48
Πίνακας 8 Τρόπος κωδικοποίησης δειγμάτων Γραβιέρας.	52
Πίνακας 9 Χρωματικοί παράμετροι της Γραβιέρας Κρήτης κατά την ωρίμανση.....	57
Πίνακας 10 Πίνακας συσχέτισης κατά ζεύγη (Pearson's correlation matrix) μεταξύ των φυσικοχημικών ιδιοτήτων και των παραμέτρων υφής της Γραβιέρας.	70

Κατάλογος Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1 Μεταβολή pH σε ημίσκληρα τυριά κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης	46
Διάγραμμα 2 Μεταβολή της aw κατά την ωρίμανση	46
Διάγραμμα 3 Τυπική καμπύλη ανάλυσης υφής για τυρί.....	49
Διάγραμμα 4 Μεταβολή της υγρασίας (%) κατά την ωρίμανση της Γραβιέρας Κρήτης. ..	59
Διάγραμμα 5 Μεταβολή της λιποπεριεκτικότητας (%) της Γραβιέρας κατά την ωρίμανση.	61
Διάγραμμα 6 Μεταβολή της περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη κατά την ωρίμανση.....	62
Διάγραμμα 7 Μεταβολή της αλατοπεριεκτικότητας κατά την ωρίμανση.....	63
Διάγραμμα 8 Μεταβολή της Σκληρότητας (N) κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης.....	64
Διάγραμμα 9 Μεταβολή της Ελαστικότητας (D2/D1) κατά τη διάρκεια ωρίμανσης.	66
Διάγραμμα 10 Μεταβολή της Συνεκτικότητας (A2/A1) με την ωρίμανση.....	67
Διάγραμμα 11 Μεταβολή του Κολλώδους (A3) κατά την ωρίμανση.....	68
Διάγραμμα 12 Μεταβολή της Μασητικότητας κατά την ωρίμανση.	69

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 1 Ταξινόμηση των τυριών σύμφωνα με τον τρόπο πήξης, την χαρακτηριστική τεχνολογία παρασκευής και τον τρόπο ωρίμανσης	15
Σχήμα 2 Μεταβολές των συγκεντρώσεων (1) Λακτόζης, (2) Λίπους και (3) Πρωτεϊνών κατά τη γαλακτική περίοδο,	26
Σχήμα 3 Διαδικασία παραγωγής τυριών	32
Σχήμα 4 Μεταβολικές οδοί του γαλακτικού οξέος	38
Σχήμα 5 Πρωτεολυτική διαδικασία κατά την ωρίμανση	41
Σχήμα 6 Μεταβολικές οδοί των ελεύθερων λιπαρών οξέων κατά την ωρίμανση του τυριού	43

Κατάλογος εικόνων

Εικόνα 1 Foss FoodScan Lab	53
Εικόνα 2 Χρωματόμετρο CR400 Konica Minolta	54
Εικόνα 3 Αναλυτής υφής δείγματος (TA-XTplusC, Stable Micro Systems)	55

Περίληψη

Η Γραβιέρα Κρήτης αποτελεί ένα από τα γνωστότερα τυριά ΠΟΠ της Ελλάδας καθώς ξεχωρίζει για τα ιδιαίτερα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά που είναι αποτέλεσμα μίας πολυδιάστατης διαδικασίας, της ωρίμανσης. Κατά την ωρίμανση, συμμετέχουν ποικίλοι μικροοργανισμοί και ένζυμα που συντελούν στον μεταβολισμό της γλυκόζης, των πρωτεϊνών και των λιπιδίων. Τα προϊόντα των βιοχημικών αυτών αντιδράσεων, αποτελούν σημεία κλειδιά για τον σχηματισμό της γεύσης, του αρώματος, του χρώματος και της υφής του τυριού. Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η επίδραση της ωρίμανσης στις φυσικοχημικές ιδιότητες της Γραβιέρας Κρήτης, όπως την υγρασία, τη πρωτεΐνη και τη λιποπεριεκτικότητα, αλλά και ο τρόπος που μέσω αυτών μεταβάλλεται το χρώμα και η υφή του τυριού (Σκληρότητα, Ελαστικότητα, Συνεκτικότητα κλπ.). Με τη βοήθεια του χρωματόμετρου προσδιορίστηκε η μεταβολή του χρώματος. Συγκεκριμένα η φωτεινότητα (L) και η χροιά (h) των τυριών μειώθηκαν με την πάροδο του χρόνου λόγω της απώλειας υγρασίας και της έντονης αφυδάτωσης, με τις πιο έντονες αλλαγές να παρατηρούνται τους τελευταίους μήνες. Επίσης, η παράμετρος a^* αυξήθηκε σημαντικά μεταξύ των μηνών 7-48, προκαλώντας μια αύξηση στο πράσινο χρώμα του τυριού. Ωστόσο, η παράμετρος b^* δεν εμφάνισε σημαντική αλλαγή κατά την ωρίμανση. Η μελέτη των χημικών χαρακτηριστικών έγινε με τη χρήση Φασματοφωτομετρίας Εγγύς Υπερύθρου (NIR) και παρατηρήθηκε μικρός βαθμός πρωτεόλυσης, αύξηση της λιποπεριεκτικότητας και της αλατοπεριεκτικότητας, με ταυτόχρονη ελάττωση της υγρασίας, κυρίως κατά τον 7^ο με 28^ο μήνα. Τέλος, με τη βοήθεια του Αναλυτή Υφής (TPA) παρατηρήθηκε εντονότερα αύξηση στη σκληρότητα του τυριού λόγω αφυδάτωσης, και στη συνέχεια μείωση λόγω πρωτεόλυσης. Μάλιστα εξαιτίας της έντονης αλληλεπίδρασης πρωτεϊνών και λίπους, αρχικά η Ελαστικότητα και η Μασητικότητα αυξήθηκαν και αργότερα μειώθηκαν λόγω της αποδυνάμωσης του πρωτεϊνικού πλέγματος. Ωστόσο, η Συνεκτικότητα και το Κολλώδες δεν παρουσίασαν ομοιόμορφη μεταβολή. Τέλος, παρατηρήθηκε ότι τα δείγματα τυριού που έχουν ωριμάσει τουλάχιστον 3 μήνες συμμορφώνονται με τα πρότυπα υγρασίας και λιπαρών περιεκτικότητων που θέτει ο ΚΤΠ.

Λέξεις - Κλειδιά: Γραβιέρα Κρήτης, ωρίμανση, ιδιότητες υφής, ανάλυση προφίλ υφής, φυσικοχημικές μεταβολές

Abstract

Graviera Kritis is one of the most familiar PDO cheeses in Greece as it stands out for its special organoleptic characteristics which are caused by a multidimensional process called ripening. During ripening, a variety of microorganisms and enzymes are involved in the metabolism of glucose, proteins and lipids. The products of these biochemical reactions are key to the formation of the cheese's flavour, aroma, colour and texture. In the present study, the effect of ripening was examined, on the physicochemical properties of Graviera Kritis, such as moisture, protein and fat content, and the way in which they alter the colour and texture of the cheese (hardness, springiness, cohesiveness, etc.). The change of colour was determined with the colorimeter. Specifically, the cheese's brightness (L) and Hue (h) decreased over time due to moisture loss and severe dehydration, with the strongest changes occurring in the last few months. Also, the parameter a^* increased significantly between months 7-48, causing an increase in the green colour of the cheese. However, the parameter b^* did not show any significant change during ripening. The chemical characteristics were examined using Near Infrared Spectrophotometry (NIR) which indicated a low degree of proteolysis, an increase in fat and salt content, with a simultaneous decrease in moisture content, mainly between months 7 and 28. Moreover, while using the Texture Analyzer (TPA) there was a significant increase in cheese hardness due to dehydration, followed by a decrease caused by proteolysis. In fact, due to the initially strong interaction between proteins and fat, Springiness and Chewiness were increased but later they decreased as the protein matrix got weaker. However, Cohesiveness and Adhesiveness did not show a smooth change. Finally, 3-month-ripened (at least) cheese samples, comply with the moisture and fat content standards set by the FDC.

Keywords: Graviera Kritis, maturation, texture properties, texture profile analysis, physicochemical changes

Εισαγωγή

Η παγκόσμια παραγωγή τυριού αποτελεί ένα μεγάλο μέρος της διεθνής αγοράς και οικονομίας, καθώς σύμφωνα με την Statista για το έτος του 2022 η παγκόσμια παραγωγή τυριού ανήλθε περίπου σε $22,17 \times 10^6$ τόνους, με τις χώρες της Ε.Ε να έρχονται σε πρώτη θέση, με όγκο παραγωγής περίπου $10,55 \times 10^6$ τόνους. Στην Ελλάδα, σύμφωνα με την ΕΛΣΤΑΤ (2019) παρήχθησαν 1.961,9 χιλ. τόνοι γάλακτος και παρασκευάστηκαν 145,5 χιλ. τόνοι μαλακών, σκληρών τυριών και τυριών τυρογάλακτος, με σημαντικότερη παραγωγή αυτή των μαλακών τυριών σε ποσοστό περίπου 70%.

Σύμφωνα με το άρθρο 83 του Κώδικα Τροφίμων και Ποτών, συνολικά 20 τυριά κατατάσσονται στον κατάλογο προϊόντων Προστατευόμενης Ονομασίας (ΠΟΠ), εφόσον όμως ακολουθούν ειδικές προδιαγραφές. Μεταξύ άλλων, η Γραβιέρα Κρήτης αποτελεί τυρί ΠΟΠ, όπου σύμφωνα με το σύστημα γεωγραφικών ενδείξεων της ΕΕ, κάθε μέρος της διαδικασίας παραγωγής, μεταποίησης και παρασκευής πρέπει να πραγματοποιείται στη συγκεκριμένη περιοχή, δηλαδή στη Κρήτη.

Στη παρούσα εργασία μελετήθηκαν οι φυσικοχημικές μεταβολές της σύστασης της των σκληρών τυριών κατά τη διαδικασία της ωρίμανσης, και συγκεκριμένα της Γραβιέρας Κρήτης (ΠΟΠ). Κατά τη διαδικασία αυτή, όπως έχει παρατηρηθεί από τον McSweeney (2004), συμβαίνουν διάφορες μικροβιολογικές και βιοχημικές αντιδράσεις που έχουν σημαντικό αντίκτυπο στη διαμόρφωση της υφής και του flavour του τυριού. Οι κυριότερες βιοχημικές αντιδράσεις που πραγματοποιούνται είναι η λιπόλυση και η πρωτεόλυση, οι οποίες ανήκουν στην κατηγορία των πρωτευνόντων αντιδράσεων. Οι δευτερεύουσες αντιδράσεις, όπως αναφέρονται, περιλαμβάνουν μεταβολικές πορείες που οδηγούν στην παραγωγή πτητικών ενώσεων και άλλων ενώσεων που είναι υπεύθυνες για την διαμόρφωση του flavour, οι οποίες προκύπτουν από τον μεταβολισμό των λιπαρών οξέων και των αμινοξέων. Πολύ σημαντικό ρόλο για την εκκίνηση και την συνέχιση των αντιδράσεων αυτών, έχουν τα πρωτεολυτικά ένζυμα που προστίθενται κατά την τυροκόμιση, και τα βακτήρια του γαλακτικού οξέος (LAB) τα οποία μεταβολίζουν την λακτόζη σε γαλακτικό οξύ.

1. Γενικά για το τυρί

1.1 Ιστορική αναφορά

Η διαδικασία παραγωγής τυριών από πρόβειο ή κατσικίσιο γάλα είναι γνωστή από τις εποχές της Νεολιθικής Εποχής. Συγκεκριμένα, οι πρώτοι νομάδες που έκτρεφαν πρόβατα και κατσίκες φαίνεται να ήταν στις κοιλάδες του άνω Ευφράτη και του ποταμού Τίγρη, στη Νοτιοδυτική Ασία (Vigne & Helmer, 2007). Μάλιστα, σύμφωνα με τον Sherratt, (1981, 1983) αρχικά η παραγωγή αφορούσε κυρίως κρέας, δέρμα και άλλα παράγωγα που προέκυπταν από την σφαγή των ζώων. Ωστόσο κατά την 8^η χιλιετία π.Χ, όπου οι βοσκοί της Νοτιοδυτικής Ασίας ξεκίνησαν να μεταναστεύουν μαζί με τα ζώα που έκτρεφαν σε άλλες περιοχές, όπως την Κύπρο και περιοχές της κεντρικής και δυτικής Ανατολής, ξεκίνησε και ταυτόχρονα η παραγωγή γάλακτος και τυριών (Vigne et al., 2011). Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός πως στην Ελλάδα γινόταν ήδη αναφορά στο τυρί στην Οδύσσεια του Ομήρου (710 π.Χ), κατά την οποία ο Πολύφημος, ο γνωστός Κύκλωπας, άρμεγε τα ερίφια και τα πρόβατά του και στη συνέχεια έπηξε το γάλα προκειμένου να φτιάξει τυρί, το οποίο ωρίμαζε στην σπηλιά του.

1.2 Ορισμοί τυριού

Σύμφωνα με το γενικό Standard που έχει ορίσει ο Codex Alimentarius, «*Τυρί είναι το ώριμο ή μη ώριμο μαλακό, ημίσκληρο, σκληρό ή πολύ σκληρό προϊόν, το οποίο μπορεί να είναι επικαλυμμένο, και στο οποίο η αναλογία πρωτεΐνης ορού γάλακτος/καζεΐνης δεν υπερβαίνει αυτή του γάλακτος*». Επιπλέον προσθέτει, πως κατά την πήξη, με τη χρήση πυτιάς ή άλλων κατάλληλων πηκτικών παραγόντων, εξ ολοκλήρου ή εν μέρη της πρωτεΐνης του γάλακτος που μπορεί να είναι είτε αποβουτυρωμένο ή μερικώς αποβουτυρωμένο γάλα, βουτυρόγαλα, ορός γάλακτος ή συνδυασμός των προηγούμενων, θα πρέπει η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη, κυρίως της καζεΐνης, του τυριού να είναι σαφώς υψηλότερη από το επίπεδο πρωτεΐνης των παραπάνω υλικών που απαιτήθηκαν για την παρασκευή του. Επίσης απαιτείται, οι τεχνικές πήξης των πρωτεϊνών του γάλακτος ή/και τα προϊόντα που λαμβάνονται από το γάλα, να δίνουν ένα τελικό προϊόν με παρόμοια φυσικοχημικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά με αυτά της έννοιας που ορίστηκε αρχικώς.

Σύμφωνα με το άρθρο 83 του Ελληνικού Κώδικα Τροφίμων και Ποτών, γίνεται κατηγοριοποίηση του τυριού σε 3 περιπτώσεις:

1. Τυρί από γάλα, με ωρίμανση
2. Τυρί, από γάλα, χωρίς ωρίμανση
3. Τυρί, από τυρόγαλα, με ή χωρίς ωρίμανση

Στην πρώτη κατηγορία, το τυρί ορίζεται ως « το προϊόν ωρίμανσης του πήγματος που είναι απαλλαγμένο από το τυρόγαλα στον επιθυμητό κάθε φορά βαθμό και το οποίο παρασκευάστηκε, με την χρήση πυτιάς ή άλλων ενζύμων που δρουν ανάλογα σε γάλα (νωπό ή παστεριωμένο, αγελάδος, προβάτου, κασίικας, βουβάλου και μίγματα αυτών) ή σε μερικός αποβουτυρωμένο γάλα ή σε μίγμα αυτών ή/και σε μίγματα αυτών με κρέμα γάλακτος (αφρόγαλα)».

Για τα τυριά της δεύτερης κατηγορίας ισχύει πως, λόγω του ότι δεν υφίστανται την διαδικασία της ωρίμανσης, καταναλώνονται φρέσκα έχοντας ταυτόχρονα μεγάλη υγρασία, η οποία δεν υπερβαίνει το 75%. Παρασκευάζονται με την προσθήκη οξυγαλακτικών βακτηρίων σε παστεριωμένο ή μη γάλα, ενώ σαν χαρακτηριστικό έχουν την αλοιφώδη υφή.

Η τρίτη κατηγορία αναφέρεται σε τυριά τυρογάλακτος, με ή χωρίς ωρίμανση. Τα τυριά αυτά λοιπόν, παράγονται με την ισχυρή θέρμανση του οξινισμένου ή μη τυρογάλακτος στο οποίο γίνεται προσθήκη ή μη προσγάλακτος, γάλακτος, κρέμας γάλακτος και αλατιού. Τα συγκεκριμένα τυριά μπορούν να διατεθούν είτε φρέσκα, είτε αφυδατωμένα ή πιο ώριμα, ενώ η υγρασία δεν θα πρέπει να ξεπερνά το 70%.

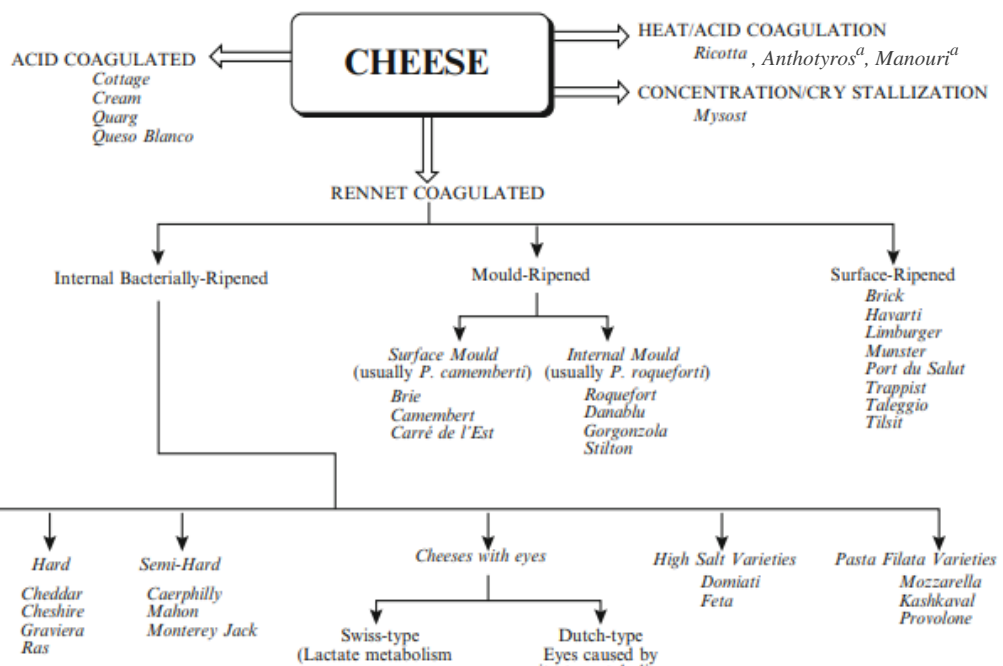
1.3 Ταξινόμηση τυριών

Ο αριθμός των ειδών του τυριού είναι αρκετά μεγάλος και συγκεκριμένα φτάνει τις 1500 διαφορετικές ποικιλίες τυριού, ακόμη και αν η διαδικασία παραγωγής τυριού ξεκινάει από συγκεκριμένες πρώτες ύλες όπως το αγελαδινό, πρόβειο, γίδινο ή και βουβαλίσιο γάλα, η μέθοδος τυροκόμησης και η διαδικασία της ωρίμανσης παίζουν καθοριστικό ρόλο για την παρασκευή τυριών με ιδιάζοντα οργανοληπτικά, μικροβιολογικά και φυσικά χαρακτηριστικά (Fox et al., 2017). Όπως έχει αναφέρει και ο Olson (1990), “Υπάρχει ένα τυρί για κάθε γευστική προτίμηση, και για κάθε γευστική προτίμηση υπάρχει ένα τυρί”.

Όλα αυτά τα χρόνια έχουν γίνει πολλές προσπάθειες να ταξινομηθούν τα τυριά, αρχικά με βάση της ρεολογικής τους συμπεριφοράς. Ωστόσο, το κριτήριο αυτό αποδεικνύεται πως είναι μειονεκτικό καθώς, σύμφωνα με τους McSweeney et al. (2004), κάποια τυριά όπως το Cheddar, Parmesan και Emmental λόγω της παρόμοιας τους ρεολογικής συμπεριφοράς κατατάσσονταν στην ίδια κατηγορία τυριών, ασχέτως από το αν

διαφέρουν γευστικά ή παράγονται με διαφορετικό τρόπο. Υπάρχουν αρκετοί τρόποι ταξινόμησης των τυριών και ένας από αυτούς είναι αυτός του Ottogalli (1998 , 2000a , b , 2001), ο οποίος κατατάσσει τα τυριά σε τρεις κύριες κατηγορίες. Στην πρώτη κατηγορία, με την λατινική λέξη “*Lacticinia*”, ανήκουν τα τυριά που παρασκευάζονται από γάλα, κρέμα, τυρόγαλα ή βουτυρόγαλα και που έχουν πήξει με την χρήση γαλακτικού ή κιτρικού οξέος. Στην δεύτερη κατηγορία, “*Formatica*”, ανήκουν οι περισσότερες ποικιλίες τυριών όπου η πήξη γίνεται με την χρήση πυτιάς. Ενώ στην τρίτη κατηγορία, “*Miscellanea*”, ανήκει μία πληθώρα τυριών που είναι επεξεργασμένα, καπνιστά ή τριμμένα. Κατά τη προσέγγιση της Noël (2002) για την ταξινόμηση των τυριών, αναφέρεται το σύστημα ταξινόμησης των Lenoir et al. (1985) κατά το οποίο τα γαλλικά τυριά συγκεκριμένα, ταξινομούνται κυρίως λόγω των βασικών διαφορών στα στάδια επεξεργασίας, όπως αυτό της πήξης, της αποστράγγισης και της ωρίμανσης. Τα στάδια αυτά, αποτελούν σημεία κλειδιά για την διαμόρφωση της διαφορετικότητας των τυριών και συνδέονται στενά μεταξύ τους.

Άλλο ένα πολύ βοηθητικό σχήμα ταξινόμησης αποτελεί αυτό των Fox (1993a) και McSweeney et al. (2004), κατά το οποίο όλα τα τυριά ταξινομούνται σε 13 κατηγορίες ανάλογα με την μέθοδο της πήξης, την χαρακτηριστική τεχνολογία παρασκευής και τον τρόπο ωρίμανσης.



Σχήμα 1 Ταξινόμηση των τυριών σύμφωνα με τον τρόπο πήξης, την χαρακτηριστική τεχνολογία παρασκευής και τον τρόπο ωρίμανσης (Fox et al., 2017)

^a Parademas και Bintsis (2018)

Τα προαναφερθέντα μοντέλα ταξινόμησης αλληλοσυμπληρώνονται μεταξύ τους, συμβάλλοντας στη ταξινόμηση των τυριών ενώ ταυτόχρονα βοηθούν στην κατανόηση των διαφορών των τυριών (Almena-Aliste & Green, 2014). Ωστόσο, σύμφωνα με το γενικό Standard του Codex Alimentarius, τα τυριά ταξινομούνται επίσημα με κριτήριο:

A) Τη σκληρότητα ,σύμφωνα με την % περιεκτικότητα σε υγρασία:

- Πολύ σκληρό (<51%)
- Σκληρό (49-56%)
- Ημισκληρο (54-69%)
- Μαλακό (>67%)

B) Τη λιπαρότητα, σύμφωνα με την % περιεκτικότητα σε λιπαρά:

- Πολύ λιπαρό ($\geq 60\%$)
- Πλήρους λιπαρότητας ($\geq 45\%$ και $\leq 60\%$)
- Μέσης λιπαρότητας ($\geq 25\%$ και $\leq 45\%$)
- Μερικώς αποβουτυρωμένο ($\geq 10\%$ και $\leq 25\%$)
- Αποβουτυρωμένο ($\leq 10\%$)

Γ) Τον τρόπο ωρίμανσης:

- Ωριμανσθέν
- Ωριμανσθέν με μύκητες
- Μη ωριμανσθέν/φρέσκο
- Σε άλμη/ ωρίμανση και συντήρηση σε άλμη

1.4 Τυριά Προστατευόμενης Ονομασίας Προέλευσης (ΠΟΠ)

Τα τελευταία χρόνια υπάρχει η τάση των καταναλωτών να επιλέγουν και να υποστηρίζουν γαλακτομικά προϊόντα και συγκεκριμένα τυριά που παρασκευάζονται με παραδοσιακές τεχνικές και συνδέονται στενά με τον τόπο καταγωγής και παρασκευής τους (Aquilanti et al., 2013, Di Cagno et al., 2007). Έτσι με αυτόν τον τρόπο προκύπτει η ανάγκη να προστατευτούν τα γεωργικά προϊόντα και τα ειδικά τους χαρακτηριστικά που έχουν να κάνουν άμεσα με την γεωγραφική τους προέλευση (European parliament and Council of the European Union, 2012). Η προστασία λοιπόν των γεωργικών προϊόντων επιτυγχάνεται από τα συστήματα ποιότητας της ΕΕ, με τους σχετικούς κανονισμούς (ΕΚ) αριθ. 2081/1992 και (ΕΚ) αριθ. 2082/1992, προκειμένου να δώσουν την δυνατότητα στους παραγωγούς να προστατέψουν την ονομασία του προϊόντος τους και παράλληλα να προσφέρουν στους καταναλωτές πληροφορίες σχετικά με την προέλευση και την ειδική σχέση του τόπου

καταγωγής με τα μοναδικά χαρακτηριστικά του προϊόντος (Velčovská & Sadílek, 2015). Στην ειδική περίπτωση των μικρών τυροκομείων, η κίνηση αυτή βοηθά τους παραγωγούς να παραμείνουν στον τόπο τους και να αξιοποιήσουν το πλεονέκτημα αυτό εξασφαλίζοντας καλύτερες και συμφέρουσες τιμές για το προϊόν τους (Κεχαγιάς & Τσάκαλη, 2020).

Έτσι με βάση τον Κανονισμό (ΕΕ) 1151/2012 που ουσιαστικά αποτελεί ένα ενιαίο νομοθετικό πλαίσιο των προαναφερθέντων κανονισμών, προκύπτουν οι ακόλουθες γεωγραφικές ενδείξεις.

1. Προστατευόμενη Ονομασία Προέλευσης (ΠΟΠ), μέσω της οποίας ταυτοποιεί το προϊόν που:
 - (α) κατάγεται από συγκεκριμένη περιοχή, τόπο ή ακόμα και χώρα
 - (β) η ποιότητά του ή τα χαρακτηριστικά του οφείλονται κυρίως ή αποκλειστικά στο ιδιαίτερο γεωγραφικό περιβάλλον μαζί με τους εγγενείς φυσικούς και ανθρώπινους παράγοντες, και
 - (γ) τα στάδια παραγωγής του πραγματοποιούνται όλα εντός της οριοθετημένης γεωγραφικής περιοχής.

2. Προστατευόμενη Γεωγραφική Ένδειξη (ΠΓΕ), μέσω της οποίας ταυτοποιεί το προϊόν που:
 - (α) κατάγεται από συγκεκριμένη περιοχή, τόπο ή χώρα
 - (β) η ποιότητα, η φήμη ή άλλα χαρακτηριστικά που διαθέτει μπορούν να αποδοθούν κυρίως στη γεωγραφική του προέλευση, και
 - (γ) τουλάχιστον ένα από τα στάδια παραγωγής πραγματοποιείται στην οριοθετημένη γεωγραφική περιοχή.

Πίνακας 1 Ελληνικά τυριά Προστατευόμενης Ονομασίας Προέλευσης (ΚΤΠ, 2014)

Ονομασία τυριού	Κατηγορία τυριού	Τρόπος ωρίμανσης
<i>Γραβιέρα Αγράφων</i>	Σκληρό	Σε θάλαμο
<i>Γραβιέρα Νάξου</i>	Σκληρό	Σε θάλαμο
<i>Γραβιέρα Κρήτης</i>	Σκληρό	Σε θάλαμο
<i>Κεφαλογραβιέρα</i>	Σκληρό	Σε θάλαμο
<i>Λαδοτόρι Μυτιλήνης</i>	Σκληρό	Σε θάλαμο
<i>Μπάτζος</i>	Ημίσκληρο	Σε άλμη
<i>Φορμαέλα Αράχωβας Παρνασσού</i>	Ημίσκληρο	Σε θάλαμο

Πίνακας 1. Ελληνικά τυριά Προστατευόμενης Ονομασίας Προέλευσης (συνέχεια)

Ονομασία τυριού	Κατηγορία τυριού	Τρόπος ωρίμανσης
<i>Κασέρι</i>	Ημίσκληρο	Σε θάλαμο
<i>Σφέλα</i>	Ημίσκληρο	Σε άλμη
<i>Σαν Μιχάλη</i>	Σκληρό	Σε άλμη και μετά σε θάλαμο
<i>Μετσοβόνε</i>	Ημίσκληρο	Σε θάλαμο
<i>Φέτα</i>	Μαλακό	Σε άλμη
<i>Κοπανιστή</i>	Μαλακό	Φρέσκο
<i>Καλαθάκι Λήμνου</i>	Μαλακό	Σε άλμη και μετά σε θάλαμο
<i>Γαλοτύρι</i>	Μαλακό	Σε ειδικό περιέκτη σε θάλαμο
<i>Ανεβατό</i>	Μαλακό	Σε θάλαμο
<i>Κατίκι Δομοκού</i>	Μαλακό	Φρέσκο
<i>Πηχτόγαλο Χανιών</i>	Μαλακό	Φρέσκο
<i>Μανούρι</i>	Τυρογάλακτος	Φρέσκο
<i>Ξυνομυζήθρα Κρήτης</i>	Τυρογάλακτος	Σε ειδικά βαρέλια σε θαλάμους

1.5 Είδη σκληρών τυριών

Γενικότερα τα σκληρά τυριά, όπως αναφέρεται και από τους Kongo και Malcata (2016), για να ωριμάσουν χρειάζονται περιόδους μεγαλύτερες από 9 μήνες. Γι' αυτό το λόγο παρασκευάζονται σε σχήμα ρόδας, μεγάλου μεγέθους για να επιτρέπεται η ωρίμανση με αργό και σταθερό ρυθμό. Επειδή η περίοδος ωρίμανσης είναι μεγάλη, τα σκληρά τυριά σε σύγκριση με τις άλλες κατηγορίες τυριών, έχουν πολύ χαμηλή περιεκτικότητα σε νερό και συγκεκριμένα σύμφωνα με το γενικό Standard του Codex Alimentarius, υπολογίζεται ότι περιέχουν από 49 έως 56% υγρασία, ενώ με βάση το άρθρο 83 του ΚΤΠ ως μέγιστη υγρασία ορίζεται το 38%. Σημαντικό χαρακτηριστικό των τυριών αυτών είναι το δυνατό άρωμα και η έντονη γεύση συνοδευόμενη από ξηρή και εύθρυπτη υφή, χαρακτηριστικά που καθιστούν τα τυριά αυτά κατάλληλα για τρίψιμο.

Σύμφωνα με τη Eurostat για το έτος του 2019, η παραγωγή του σκληρού και ημίσκληρου τυριού ήταν αρκετά μεγαλύτερη σε σύγκριση με άλλες κατηγορίες τυριού για χώρες εντός και εκτός Ευρώπης . Μεταξύ άλλων η Ιταλία είναι η πρώτη σε παραγωγή σκληρών τυριών με παραγωγή $460,07 \times 10^3$ τόνων. Ακολουθεί το Ηνωμένο Βασίλειο με νούμερα που αγγίζουν τους $356,15 \times 10^3$ τόνους, και τη τρίτη θέση τη κατέχει η Γαλλία με παραγωγή $344,70 \times 10^3$ τόνους. Όσον αφορά την Ελλάδα, η παραγωγή σκληρού τυριού για το έτος 2019 ήταν $19,18 \times 10^3$ τόνους, με την ίδια φυσικά να εστιάζει στη παραγωγή της κατηγορίας των μαλακών τυριών, κυρίως της φέτας, με παραγωγή $150,50 \times 10^3$ τόνους. Ταυτόχρονα, η Ιρλανδία όσον αφορά τη παραγωγή σκληρών τυριών, παρουσιάζει αύξηση της παραγωγής από το 2017 έως το 2019 με ποσοστό έως και 27,1%.

Πίνακας 2 Παραγωγή μαλακών, ημίσκληρων, σκληρών και πολύ σκληρών τυριών από διάφορες χώρες (Eurostat, 2019).

Σε χιλιάδες τόνους

Χώρες	Κατηγορία τυριών			
	Μαλακό	Ημίσκληρο	Σκληρό	Πολύ σκληρό
Ιταλία	146,33	99,38	460,07	27,81
Γαλλία	555,37	-	344,70	-
Γερμανία	145,05	719,31	151,02	-
Ελλάδα	150,50	12,78	19,18	-
Ισπανία	50,86	95,92	77,79	4,87
Δανία	77,00	247,00	4,00	-
Ελβετία	7,54	939,13	5,50	-
Πολωνία	26,04	178,54	159,77	30,45
Ιρλανδία	3,30	27,30	247,80	-
Ηνωμένο Βασίλειο	-	24,33	356,15	-

- :δεν αναφέρονται τιμές

1.5.1 Ελληνικά σκληρά τυριά

A) Γραβιέρα ΠΟΠ – Αγράφων, Κρήτης και Νάξου

Όπως επισημαίνεται και από τους Litoroulou-Tzanetaki και Tzanetakis (2011), η Ελληνική Γραβιέρα αποτελεί ένα από τα σπουδαιότερα τυριά στη κατηγορία του. Πρόκειται για ένα

σκληρό τυρί που πρώτη φορά, κατασκευάστηκε με βάση τη συνταγή του ελβετικού τυριού Gruyère, με τη διαφορά να έγκειται στο είδος του γάλακτος, καθώς αντί για αγελαδινό γάλα χρησιμοποιήθηκε μείγμα πρόβειου και γίδινου (Vatavali et al., 2020). Γενικά η ελληνική Γραβιέρα χαρακτηρίζεται από ευχάριστο και ελαφρύ άρωμα προπιονικής ζύμωσης, συνοδευόμενη από μία αλμυρή, ημίγλυκη και πικάντικη γεύση. Όσον αφορά την υφή της, αυτή είναι σκληρή με μικρές τρύπες που κατανέμονται σε όλο το προϊόν και έχει ανοιχτό κίτρινο χρώμα (Litoroulou-Tzanetaki & Tzanetakis, 2011).

Σημαντική λεπτομέρεια για την ανάπτυξη των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών, αποτελεί το είδος και η αναλογία γάλακτος που χρησιμοποιείται για την παραγωγή του τυριού και που διαφοροποιούνται ανάλογα τον τύπο της Γραβιέρας. Για παράδειγμα, όπως αναφέρεται στο άρθρο 83 του Κώδικα Τροφίμων και Ποτών, για την παραγωγή Γραβιέρας Αγράφων- ΠΟΠ χρησιμοποιείται πρόβειο γάλα ή μείγμα αυτού με κατσικίσιο, με το τελευταίο να μην ξεπερνά σε ποσότητα το 30%. Από την άλλη πλευρά, η Γραβιέρα Κρήτης- ΠΟΠ μπορεί να παραχθεί από γάλα πρόβειο, ή μείγμα αυτού με γίδινο χωρίς αυτό υπερβαίνει το 20% κατά βάρος. Ενώ στην περίπτωση της Γραβιέρας Νάξου- ΠΟΠ, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και αγελαδινό γάλα ή μείγματα αυτού με πρόβειο και γίδινο, όπου η αναλογία των τελευταίων να μην ξεπερνά το 20% κατά βάρος.

Η τεχνολογία παρασκευής της Γραβιέρας είναι πολύ συγκεκριμένη καθώς αποτελεί τυρί ΠΟΠ. Όπως έχει αναφερθεί η Γραβιέρα Κρήτης παράγεται αυστηρά από γάλα εντός οριοθετημένων περιοχών της Κρήτης και αποτελείται από γάλα πρόβειο, ή μίγμα αυτού με γίδινο. Μετά την παστερίωση του γάλακτος, χρησιμοποιείται πυτιά, χλωριούχο ασβέστιο (10g/100kg γάλακτος) και οξυγαλακτικές καλλιέργειες που συνήθως είναι ο *Streptococcus lactis* και *Streptococcus cremoris* σε αναλογία 1%, αλλά και ο *Streptococcus thermophilus* με τον *Lactobacillus helveticus* σε αναλογία 0,1% (Ανυφαντάκης, 2004). Στη συνέχεια, ακολουθεί η πήξη του γάλακτος στους 34-36 °C για περίπου 30-35 λεπτά. Όταν πιά το τυρόπηγμα έχει λάβει την κατάλληλη συνοχή, τότε τεμαχίζεται σε κομμάτια μεγέθους μισού εκατοστού μέσα σε 5 λεπτά και αφήνεται σε ηρεμία για λίγο χρόνο. Στο επόμενο στάδιο γίνεται αναθέρμανση του πήγματος στους 48-52°C, υπό συνεχή ανάδευση και για περίπου 5-10 λεπτά, ώστε να λάβει την επιθυμητή σκληρότητα. Μετά από λίγο, το τυρόπηγμα μεταφέρεται σε ειδικό καλούπι που περιέχει ένα τουλπάνι και πιέζεται αρχικά πρώτα με το χέρι και στη συνέχεια στο πιεστήριο. Την επόμενη ημέρα, τα τυριά μεταφέρονται σε ειδικούς χώρους πάνω σε ράφια όπου και παραμένουν για δύο ημέρες περίπου, με τις βέλτιστες συνθήκες θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας να είναι 14-18 °C και 85-90% αντίστοιχα. Επόμενο βήμα είναι η βύθιση του τυριού σε άλμη 18-20 Be, όπου και παραμένει

βυθισμένο για άλλες δύο ημέρες. Τέλος, το τυρί ωριμάζει στους ειδικούς χώρους που αναφέρθηκαν για τουλάχιστον 3 μήνες και περνά από 20-30 κύκλους ξηρών αλατισμάτων (Ανυφαντάκης 1998, Κ.Τ.Π άρθρο 83). Όσον αφορά τη συσκευασία του, γίνεται εμβάπτιση σε παραφίνη και συσκευάζεται υπό κενό σε σακούλες πολυαιθυλενίου.

Β) Λαδοτύρι Μυτιλήνης- ΠΟΠ

Στο νησί της Λέσβου, παράγεται ένα σκληρό τυρί ΠΟΠ που ονομάζεται Λαδοτύρι Μυτιλήνης. Το τυρί αυτό παράγεται από ντόπιο πρόβειο γάλα ή από μείγμα πρόβειου γάλακτος και γίδινου, όπου το τελευταίο δεν υπερβαίνει το 30% κ.β (Vakoufaris, 2020). Είναι ένα είδος κεφαλοτυριού πολύ καλής ποιότητας, με ιδιαίτερο χαρακτηριστικό τη διατήρησή του σε ελαιόλαδο (λάδι+τυρί), ενώ στην περίπτωση όπου η περιεκτικότητα σε υγρασία είναι μικρότερη από 40% μπορεί να γίνει επικάλυψη με παραφίνη (Tsiboukas et al., 2022, Stalkos et al., 2023).

Γ) Κεφαλοτύρι

Το Κεφαλοτύρι, σύμφωνα με τους Litopoulou-Tzanetaki και Tzanetakis (2011), έχει Ιταλικές ρίζες και εισήχθη στην Ελλάδα πριν από αρκετούς αιώνες. Παράγεται σε πολλές περιοχές της Ελλάδας με διαφορετικές πρακτικές ανά περιοχή και επομένως παρουσιάζει ποικίλα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά. Παράγεται από γάλα πρόβειο, γίδινο ή μείγματα αυτών, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις χρησιμοποιείται και αγελαδινό. Το τελικό προϊόν 3μηνης ωρίμανσης, χαρακτηρίζεται από σκληρό σώμα με ακανόνιστες τρύπες, έχοντας αλμυρή γεύση και δυνατό flavour (Papademas και Bintsis, 2018).

Δ) Κασέρι- ΠΟΠ

Το Κασέρι αποτελεί παραδοσιακό ελληνικό τυρί ΠΟΠ, τύπου pasta filata ή πλαθόμενου τυριού και έχει ευχάριστη γεύση. Όπως αναφέρεται από τους Litopoulou-Tzanetaki και Tzanetakis (2014), το τυρί αυτό εισήχθη στην Ελλάδα από τις γειτονικές χώρες, αρχικά στη Θεσσαλία, την κεντρική Ελλάδα και η παραγωγή του εξαπλώθηκε σε άλλες περιοχές της χώρας. Πλέον αποτελεί τυρί ΠΟΠ που παράγεται από πρόβειο ή μίγμα πρόβειου και γίδινου γάλακτος σε ποσοστό έως 20% και προέρχεται αποκλειστικά από περιοχές της Μακεδονίας, Θεσσαλίας και Νομών Λέσβου και Ξάνθης (ΚΤΠ, 2014).

Πίνακας 3 Χαρακτηριστικά διάφορων ελληνικών σκληρών τυριών (ΚΤΠ,2014)

^a Parademas και Bitsis (2018)

Όνομασία τυριού	Μέγιστη υγρασία (%)	Ελάχιστη λιποπεριεκτικότητα επί ξηρού (%)	Χαρακτηριστικά
Γραβιέρα Αγράφων-ΠΟΠ	38	40	Υφή: σκληρή, συμπαγής, ελαστική, με διάσπαρτες οπές Γεύση: ευχάριστη, υπόγλυκη και πλούσιο άρωμα Χρώμα: λευκοκίτρινο Χρόνος ωρίμανσης: 3 μήνες
Γραβιέρα Κρήτης-ΠΟΠ	38	40	Υφή: σκληρή, συμπαγής, ελαστική, με διάσπαρτες οπές Γεύση: ευχάριστη, υπόγλυκη και πλούσιο άρωμα Χρώμα: λευκοκίτρινο Χρόνος ωρίμανσης: 3 μήνες
Γραβιέρα Νάξου-ΠΟΠ	38	40	Υφή: σκληρή, ελαστική, με διάσπαρτες οπές και ενίοτε ρωγμές Γεύση: ευχάριστη και ελαφρύ άρωμα προπιονικής ζύμωσης Χρώμα: υποκίτρινο Χρόνος ωρίμανσης: 70-80 ημέρες
Λαδοτύρι Μυτιλήνης-ΠΟΠ	38	40	Υφή: σκληρή με μικρές οπές διασκορπισμένες σε όλη τη μάζα του Γεύση: αλμυρή και ευχάριστο άρωμα Χρώμα: λευκό έως λευκοκίτρινο Χρόνος ωρίμανσης: 3 μήνες
Κεφαλοτύρι^a	38	40	Υφή: σκληρό σώμα με ακανόνιστες τρύπες Γεύση: πολύ έντονη και αλμυρή Χρώμα: λευκοκίτρινο Χρόνος ωρίμανσης: 90 ημέρες
Κασέρι-ΠΟΠ	45	40	Υφή: ημίσκληρη και συνεκτική, με ελάχιστες έως καθόλου οπές Γεύση: ευχάριστη με πλούσιο άρωμα Χρώμα: λευκοκίτρινο Χρόνος ωρίμανσης: 3 μήνες

1.5.2 Ξενικής προέλευσης σκληρά τυριά

A) Cheddar- Ηνωμένο Βασίλειο

Αποτελεί ένα από τα πιο γνωστά τυροκομικά προϊόντα παγκοσμίως, και χαρακτηρίζεται ως ένα από τα τυριά με την μεγαλύτερη κατανάλωση. Παράγεται από αγελαδινό γάλα νωπό ή παστεριωμένο και πρόκειται για ένα σκληρό τυρί που προέρχεται από την κομητεία του Somerset, στη Νοτιοδυτική Αγγλία. Το γνωστό αυτό όνομα το έχει λάβει από την ομώνυμη σπηλιά Cheddar, όπου και συνήθιζε να αποθηκευόταν, αλλά και από το ξεχωριστό βήμα κατά την παρασκευή του γνωστή ως Cheddaring, κατά την οποία τα τεμάχια τυριού που στοιβάζονται το ένα πάνω στο άλλο και περιστρέφονται με σκοπό να γίνει η αποστράγγιση του τυρογάλακτος (Papademas και Bitsis, 2018). Το τελικό προϊόν που προκύπτει μετά από 9-36 μήνες ωρίμανσης, χαρακτηρίζεται από ανοιχτό κίτρινο ή συνήθως πορτοκαλί χρώμα και έχει σκληρή υφή, μάλιστα το σώμα του τυριού συνήθως δεν διαθέτει τρύπες, επειδή γίνεται χρήση ομοζυμωτικών καλλιεργείων (Salek et al., 2020).

B) Emmentaler PDO – Ελβετία

Το τυρί Emmentaler ή πιο γνωστό ως Emmental, βρίσκεται ανάμεσα στα τρία τυριά με την μεγαλύτερη κατανάλωση στην Ελβετία. Έχει υψηλή περιεκτικότητα σε λίπος και το κύριο χαρακτηριστικό του είναι οι τρύπες που προκύπτουν κατά την προπιονική ζύμωση. Το τυρί αυτό παράγεται μόνο από νωπό αγελαδινό γάλα γι' αυτό και διαθέτει το ανοιχτό κίτρινο χρώμα (Papademas και Bitsis, 2018). Ύστερα από τουλάχιστον 4 μήνες ωρίμανσης το Emmental, εκτός από τις ιδιαίτερες τρύπες, διαθέτει ελαστική υφή και γευστικά χαρακτηρίζεται ως όξινο, λόγω της προπιονικής ζύμωσης, γλυκό, λίγο αλμυρό και πικάντικο. Τέλος, το λίπος επί ξηρού είναι 45-50% με την μέγιστη υγρασία να αγγίζει το 38% (Bisig et al., 2010).

Γ) Pecorino Romano PDO- Ιταλία

Ανήκει στην κατηγορία των σκληρών τυριών και θεωρείται ένα από τα πιο γνωστά ιταλικά τυριά που παράγεται εξ ολοκλήρου από νωπό ή παστεριωμένο πρόβειο γάλα, έχοντας λίπος επί ξηρού όχι λιγότερο από 36%. Το Pecorino Romano ωριμάζει για τουλάχιστον 5 μήνες και διαθέτει χρώμα μεταξύ λευκού και αχυρένιου. Ενώ από

οργανοληπτικής άποψης, είναι ιδιαίτερα αρωματικό με ελαφρώς πικάντικη γεύση (European Commission, 2009).

Πίνακας 4 Σύνθεση τυριών ελληνικής και ξενικής προέλευσης (Κεχαγιάς & Τσάκαλη, 2020)

Είδη τυριών	Υγρασία (%)	Λίπος (%)	Λίπος επί ξηρού (%)	Πρωτεΐνη (%)	NaCl (%)	Ca mg/100g	pH
Γραβιέρα ^a	35,1	35,4	54,5	15,2	1,3	914	5,8
Γραβιέρα Κρήτης ^b	33,8	34,7	52,4	27,0	1,8	963	5,6
Γραβιέρα Νάξου ^b	35,8	32,3	49,8	27,3	1,5	839	5,5
Λαδοτύρι Μυτιλήνης ^b	32,6	35,6	53,2	26,6	3,9	791	5,1
Κασέρι ^a	42,2	25,2	43,6	25,8	3,1	841	5,7
Cheddar ^a	37,0	32,4	51,4	25,4	1,5	760	5,5
Emmental ^a	35,5	30,5	47,3	27,5	1,2	1080	5,6
Pecorino Romano ^a	29,5	32,6	46,2	26,6	4,7	-	5,4

-: δεν αναφέρονται τιμές

^a Ανυφαντάκης (2004)

^b Νέγκα (2009)

2. Τεχνολογία και παραγωγή τυριών

2.1 Σύνθεση γάλακτος

Όπως αναφέρεται και από τους Bintsis και Papademas (2018), ο σημαντικότερος παράγοντας για την παραγωγή τυριού είναι η χημική σύνθεση του γάλακτος. Η συγκέντρωση των χημικών συστατικών του τυριού εξαρτάται από πέντε βασικά στάδια της τυροκόμησης: 1) την προσθήκη καλλιέργειας, 2) την πήξη, με την προσθήκη πυτιάς 3) την αφυδάτωση που περιλαμβάνει τα στάδια της διαίρεσης, της ανάδευσης και της αναθέρμανσης του τυροπήγματος 4) την μορφοποίηση και την πίεση του τυροπήγματος και 5) την αλάτιση. Επίσης πολύ σημαντικό στάδιο για την χημική σύνθεση του τυριού, μετά την παρασκευή του, αποτελεί η ωρίμανση, κατά την οποία μέσω των βιοχημικών μεταβολών που πραγματοποιούνται σχηματίζεται η χαρακτηριστική γεύση, υφή και το άρωμα του τυριού. Ωστόσο, όπως τονίζεται και από τους Κεχαγιάς και Τσάκαλη (2020), η σύνθεση και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του τυριού εξαρτώνται όχι μόνο από τον τρόπο παραγωγής του τυριού, αλλά πολύ περισσότερο από το γάλα που παράγεται το τυρί και συγκεκριμένα από:

α) Το είδος και την φυλή του ζώου, για παράδειγμα το πρόβειο γάλα σε σύγκριση με το αγελαδινό και το κατσικίσιο έχει μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε λίπος, γεγονός που το κάνει ιδανικό για την παραγωγή τυριού. Από την άλλη πλευρά το αγελαδινό γάλα, έχει αυξημένη ποσότητα καροτενίων προσίδοντας στα τυριά ένα κιτρινωπό χρώμα. Πολλές φορές για την παραγωγή λευκών τυριών από αγελαδινό γάλα πραγματοποιούνται απαραίτητες διαδικασίες για την εξουδετέρωση των καροτενίων (Κεχαγιάς & Τσάκαλη, 2020).

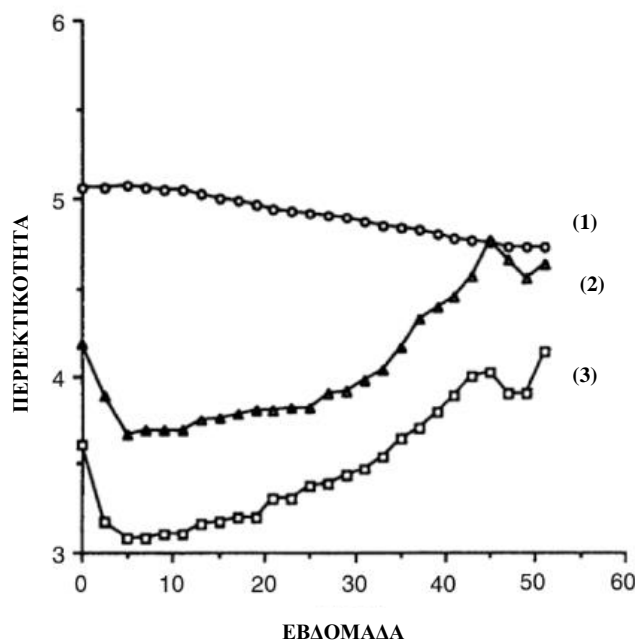
Πίνακας 5 Μέση σύνθεση γίδινου, πρόβειου και αγελαδινού γάλακτος (Park et al., 2007; Κεχαγιάς & Τσάκαλη, 2020)

Σύνθεση	Γίδινο	Πρόβειο	Αγελαδινό
Λίπος (%)	3,8	7,9	3,6
Στερεά χωρίς λίπος (%)	8,9	12,0	9,0
Ολικές πρωτεΐνες (%)	3,4	6,2	3,2
Καζεΐνη (%)	2,4	4,2	2,6
Υδατοδιαλυτές πρωτεΐνες (%)	0,6	1,0	0,6
Λακτόζη (%)	4,1	4,9	4,7
Τέφρα (%)	0,8	0,9	0,7

Μη πρωτεϊνικό άζωτο (%)	0,4	0,8	0,2
Θερμίδες/100ml	70,0	105,0	69,0

β) Τη διατροφή του ζώου, όπως διαπιστώθηκε και από την διατροφή έρευνα των Min et al. (2005) που βασίστηκε στην εκτροφή τεσσάρων ομάδων αίγων του ίδιου είδους, αλλά κάθε ομάδα λάμβανε διαφορετική τροφή. Κατέληξαν στο συμπέρασμα πως οι αίγες που εκτός από την βοσκή λάμβαναν και συμπληρώματα, είχαν μεγαλύτερη απόδοση γάλακτος και παρόμοια ποιοτικά χαρακτηριστικά συγκριτικά με το γάλα που λήφθηκε από τις αίγες που απλά τρέφονταν με γρασίδι.

γ) Τη γαλακτική περίοδο, δηλαδή από την περίοδο του τοκετού έως την διακοπή της γαλακτοπαραγωγής. Συγκεκριμένα, όπως φαίνεται και στο παρακάτω διάγραμμα, κατά τη διάρκεια της γαλακτικής περιόδου (≈ 50 εβδομάδες) η ποσότητα γάλακτος αυξάνεται κατά τους πρώτους μήνες και στη συνέχεια ελαττώνεται. Η περιεκτικότητα σε λίπος και πρωτεΐνη για τις 4-8 πρώτες εβδομάδες είναι αρκετά μειωμένη και στη συνέχεια της γαλακτικής περιόδου αυξάνονται σημαντικά. Από την άλλη μεριά, η περιεκτικότητα του γάλακτος σε λακτόζη είναι ιδιαίτερα υψηλή, σε σύγκριση με τα υπόλοιπα συστατικά που αναφέρθηκαν, και διατηρείται σε σταθερή ποσότητα με μικρές μεταβολές κατά τη διάρκεια της γαλακτικής περιόδου (Fox & McSweeney, 1998; Κεχαγιάς & Τσάκαλη, 2020).



Σχήμα 2 Μεταβολές των συγκεντρώσεων (1) Λακτόζης, (2) Λίπους και (3) Πρωτεϊνών κατά τη γαλακτική περίοδο, (Fox & McSweeney, 1998).

Όπως αναφέρεται και από τον Jensen (1995), το γάλα περιέχει ως επί το πλείστον τα θρεπτικά συστατικά που απαιτούνται για την ανάπτυξη του νεογνού. Όλα τα είδη γάλακτος περιέχουν συγκεκριμένες πρωτεΐνες, λίπη -σχεδιασμένα ώστε να είναι εύκολα αφομοιώσιμα- λακτόζη, μέταλλα, βιταμίνες και άλλα συστατικά που ενδεχομένως έχουν σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη του οργανισμού. Συνοπτικά, τα συστατικά αυτά οργανώνονται ως εξής: τα λιπίδια εντοπίζονται σε γαλακτωματοποιημένα σφαιρίδια επικαλυμμένα με μεμβράνη, οι πρωτεΐνες και συγκεκριμένα οι καζεΐνες είναι ενωμένες μεταξύ τους με τη μορφή κολλοειδών διασπαρμένων σωματιδίων που ονομάζονται μικέλλες. Ενώ τα περισσότερα μέταλλα και η λακτόζη εντοπίζονται ελεύθερα μέσα στο διάλυμα.

2.1.1 Πρωτεΐνες

A) Οι καζεΐνες είναι οι κυριότερες αζωτούχες ενώσεις που εντοπίζονται σε όλα τα είδη γάλακτος (π.χ αγελαδινό, πρόβειο, κατσικίσιο και βουβαλίσιο γάλα), με το πρόβειο γάλα να περιέχει την μεγαλύτερη ποσότητα καζεΐνης και συγκεκριμένα 4,2% (βλ. **Error! Reference source not found.**). Υπάρχουν τέσσερα είδη καζεϊνών: α_{s1} -, α_{s2} -, β - και κ -καζεΐνη. Γενικά είναι γνωστό πως η καζεΐνη υπάρχει στο γάλα με τη μορφή μικκυλίων, τα οποία με τη σειρά τους αποτελούνται από έναν αριθμό υπομικκυλίων που συνδέονται μεταξύ τους με κολλοειδές φωσφορικό ασβέστιο, το οποίο είναι και υπεύθυνο για σταθερότητα του μορίου κατά τη θερμική επεξεργασία (Papademas & Bintsis, 2018 , Κεχαγιάς & Τσάκαλη, 2020). Οι Guinee και O'Brien (2010) περιγράφουν πως η κ -καζεΐνη εντοπίζεται στην επιφάνεια των μικκυλίων με την προεξέχουσα αλυσίδα του υδρόφιλου τμήματος του μορίου να σταθεροποιεί το σύστημα. Ενώ στο εσωτερικό μέρος του μικκυλίου, εντοπίζονται οι υδρόφοβες και φωσφορυλιωμένες στο ασβέστιο καζεΐνες, συγκεκριμένα η α_{s1} -, α_{s2} - και β -καζεΐνη. Σημαντικό ρόλο, όσον αφορά το τεχνολογικό κομμάτι της παραγωγής τυριού, έχει η αποσταθεροποίηση του μικκυλίου της καζεΐνης με την διαδικασία της οξίνισης ή την προσθήκη πυτιάς, η οποία θα προκαλέσει τη ζελατινοποίηση του γάλακτος και τον σχηματισμό του τυροπήγματος (Papademas & Bintsis, 2018). Σε σύγκριση με τις άλλες πρωτεΐνες στο γάλα, οι καζεΐνες είναι πιο θερμοάντοχες καθώς όπως αναφέρεται από τους Belitz et al. (2012) οι συγκεκριμένες δεν διαθέτουν τριτοταγή δομή.

B) Οι πρωτεΐνες του ορού σε σύγκριση με τις καζεΐνες δεν έχουν στο μόριό τους φώσφορο και γενικότερα θεωρούνται πολύ πιο ευαίσθητες όταν η θερμοκρασία ξεπερνά τους 60°C (Κεχαγιάς & Τσάκαλη, 2020). Επίσης, οι πρωτεΐνες ορού γάλακτος διαθέτουν υψηλά επίπεδα δευτεροταγών, τριτοταγών και τεταρτοταγών δομών. Η β -γαλακτογλοβουλίνη και η α -γαλακταλβουμίνη είναι οι κυριότερες πρωτεΐνες ορού, ενώ

ακόμη υπάρχουν οι ανοσογλοβουλίνες και η αλβουμίνη ορού που μαζί με τις προαναφερθείσες, ανήκουν στην κατηγορία των διαλυτών σφαιρικών πρωτεϊνών (Law & Tamime, 2010). Γενικά χαρακτηρίζονται από τους Law και Tamime (2010), πως οι συγκεκριμένες πρωτεΐνες διαθέτουν υψηλό αριθμό ενδομοριακών δισουλφιδικών δεσμών, οι οποίοι σταθεροποιούν τη δομή των πρωτεϊνών. Συγκεκριμένα, η β-γαλακτογλοβουλίνη περιέχει μια σουλφιδρική ομάδα η οποία κάτω από ορισμένες συνθήκες μπορεί να μετατραπεί σε δεσμό σουλφιδριλίου με δισουλφίδιο με άλλες πρωτεΐνες. Η πιο σημαντική περίπτωση τέτοιου δεσμού είναι αυτή μαζί με την κ-καζεΐνη που συμβαίνει περίπου στους 75°C x 15s, η οποία βλάπτει σημαντικά την πυτιά και τις ιδιότητες πήξης του γάλακτος μεταβάλλοντας τις ρεολογικές ιδιότητες των γαλακτομικών προϊόντων (Fox et al., 2017).

2.1.2 Λακτόζη

Η λακτόζη αποτελεί το κυριότερο υδατάνθρακα στο γάλα των περισσότερων θηλαστικών, τα οποία αποτελούν και μοναδική πηγή πρόσληψης. Σχετικά με την δομή, η λακτόζη είναι ένας δισακχαρίτης που αποτελείται από δύο μονομερή σακχάρων, της γαλακτόζης και της γλυκόζης που συνδέονται μεταξύ τους με β1-4 γλυκοζιτικούς δεσμούς. Η περιεκτικότητα της στο γάλα ποικίλει ανάλογα με το είδος του ζώου, συγκεκριμένα σύμφωνα με τους Fox και McSweeney (1998), μεταξύ του αγελαδινού, πρόβειου και του γίδινου, τα δύο πρώτα έχουν παρόμοιες τιμές λακτόζης με τιμή 4,8 %, σε αντίθεση με το γίδινο που έχει σχετικά λιγότερη περιεκτικότητα και συγκεκριμένα 4,1%. Όπως τονίζεται από τους Fox et al. (2017), η λακτόζη παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στο γάλα και στα προϊόντα του και συγκεκριμένα ,

- στην παραγωγή ζυμώμενων γαλακτομικών προϊόντων, συμπεριλαμβανομένου μεταξύ άλλων και του τυριού.
- συμβάλλει στην θρεπτική αξία του γάλακτος, ωστόσο κάποιοι άνθρωποι και συνήθως αυτοί της μέσης ή μεγαλύτερης ηλικίας, παρουσιάζουν προβλήματα δυσανεξίας της λακτόζης. Για την περίπτωση αυτή, ιδανικά για κατανάλωση είναι τα προϊόντα προχωρημένης ζύμωσης όπως τα γιαούρτια και τα τυριά ωρίμανσης.
- επηρεάζει την υφή συγκεκριμένων συμπυκνωμένων και κατεψυγμένων προϊόντων.
- εμπλέκεται σε μεταβολές χρώματος και γεύσης κατά τη θέρμανση του γάλακτος.
- σε συνδυασμό με τα διαλυτά ανόργανα ιόντα , όπως Na⁺, K⁺ και Cl⁻ είναι υπεύθυνα για την ωσμωτική πίεση του γάλακτος.

2.1.3 Λιπίδια

Το λίπος, στο μεγαλύτερό του ποσοστό (98%), αποτελείται από τριγλυκερίδια ενώ το υπόλοιπο 2% αφορά διγλυκερίδια, μονογλυκερίδια, λιπαρά οξέα, φωσφολιπίδια, στερόλες (χοληστερόλη) και ίχνη λιποδιαλυτών βιταμινών όπως A,D,E και K (Papademas & Bintsis, 2018). Σύμφωνα με τους Fox et al. (2017), η ποσότητα του λίπους στο γάλα εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Αρχικά το είδος του γάλακτος έχει καθοριστική σημασία και συγκεκριμένα μεταξύ του αγελαδινού, του γίδινου και του πρόβειου, το τελευταίο είναι αυτό με την μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε λίπος με τιμές που κυμαίνονται από 40-99 g/L. Ενώ το αγελαδινό και το γίδινο παρουσιάζουν τιμές λίπους 33-47 g/L και 41-45 g/L αντιστοίχως. Δεύτερος παράγοντας που επηρεάζει την ποσότητα λίπους είναι η ράτσα του ζώου. Για παράδειγμα, στην περίπτωση του αγελαδινού γάλακτος, οι πιο γνωστές ράτσες κατά φθίνουσα σειρά λιποπεριεκτικότητας είναι η Ayrshire ($\approx 4,3\%$), η Brown Swiss ($\approx 4,2\%$), η Jersey ($\approx 4,1\%$), η Montbéliarde ($\approx 3,7\%$) και τέλος η Holstein ($\approx 3,3\%$) (Samková et al., 2012). Άλλοι σημαντικοί παράγοντες είναι το στάδιο της γαλακτικής περιόδου, η υγεία του ζώου, η διατροφή του ακόμη και το χρονικό διάστημα μεταξύ της άμελξης (Fox et al., 2017).

Πολύ ιδιαίτερο ρόλο στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του γάλακτος και εν συνεχεία του παραγόμενου τυριού, έχει η ποιοτική σύσταση του λίπους, δηλαδή το είδος των λιπαρών οξέων που περιέχονται, με πιο σημαντικά λιπαρά οξέα να είναι αυτά της μικρής αλυσίδας. Για παράδειγμα, το καπρυλικό οξύ (C8) και το καπρικό οξύ (C10) βρίσκονται στο πρόβειο και στο γίδινο σε ποσότητες διπλάσιες και τριπλάσιες φορές αντίστοιχα από το αγελαδινό. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, στην περίπτωση του γίδινου γάλακτος, την παρουσία χαρακτηριστικής οσμής και γεύσης (Papademas & Bintsis, 2018).

Γενικότερα, τα λιπίδια του γάλακτος είναι εξαιρετικά σημαντικά για την ανθρώπινη διατροφή επειδή αποτελούν πηγή των απαραίτητων λιπαρών, όπως για παράδειγμα του λινολεϊκού C_{18:2}, τα οποία δεν μπορεί να συνθέσει ο ανθρώπινος οργανισμός από μόνος του. Από τεχνολογικής άποψης, τα λιπαρά έχουν καθοριστικό ρόλο στις ρεολογικές και οργανοληπτικές ιδιότητες των τυροκομικών προϊόντων ενώ ακόμη μπορεί να έχουν και αρνητική επίδραση στη γεύση, λόγω παρατεταμένης υδρόλυσης και οξειδωτικής τάγγισης (Fox et al., 2015).

2.1.4 Άλατα

Κατά την θέρμανση του γάλακτος στους 600°C για 5 ώρες, το υπόλειμμα, με τη μορφή στάχτης, ή η τέφρα αποτελεί περίπου το 0,7 g/100ml της μάζας του δείγματος. Η

τέφρα περιέχει τα ανόργανα άλατα που υπάρχουν στο αρχικό δείγμα του γάλακτος μαζί με άλλα στοιχεία, όπως το φωσφόρο που υπάρχει στις πρωτεΐνες και στα φωσφολιπίδια (Fox et al., 2017). Τα στοιχεία αυτά, βρίσκονται στη τέφρα με τη μορφή οξειδίων και θειϊκών αλάτων. Όπως τονίζεται και από τους Κεχαγιάς και Τσάκαλη (2020), επειδή κατά την τεφροποίηση καταστρέφονται τα οργανικά άλατα, όπως αυτό του κιτρικού οξέος που είναι υπεύθυνο για το σχηματισμό αρωματικών ενώσεων σε ζυμώμενα γαλακτοκομικά προϊόντα, και παράγονται ουσίες που δεν ανήκουν στα άλατα του γάλακτος, καταλήγουμε στο συμπέρασμα πως η τέφρα αποτελεί ένα μέρος των αλάτων του γάλακτος και γενικώς, σαν άλατα θεωρούνται οι ιοντισμένες ή μη ουσίες, χαρακτηριζόμενες από μικρό μοριακό βάρος (300).

Όπως αναφέρεται από τους Fox et al., (2017), παρόλο που τα άλατα του γάλακτος βρίσκονται σε σχετικά μικρή περιεκτικότητα, είναι μείζονος σημασίας για τις τεχνολογικές ιδιότητες. Πολλά από τα ανόργανα στοιχεία είναι σημαντικά για τη διατροφή (φώσφορος και ασβέστιο), για την παρασκευή, για την επεξεργασία και την αποθήκευση των γαλακτοκομικών προϊόντων, καθώς έχουν σημαντική επίδραση στη διαμόρφωση και τη σταθερότητα των πρωτεϊνών και κυρίως των καζεϊνών (Fox et al., 2015). Ταυτόχρονα επηρεάζουν τη δράση ενδογενών ενζύμων, και κάποια από αυτά, όπως ο χαλκός και ο σίδηρος, μεταβάλλουν τη σταθερότητα των λιπιδίων και καταλύουν την οξείδωσή τους (Fox et al., 2015, Κεχαγιάς & Τσάκαλη, 2020).

Πίνακας 6 Σημαντικότερα θρεπτικά μακροστοιχεία (mmol/L) σε διάφορα είδη γάλακτος (Fox et al., 2015).

Μακροστοιχεία	Αγελαδινό	Πρόβειο	Γίδινο
Ασβέστιο	29,4	56,8	23,1
Μαγνήσιο	5,1	9,0	5,0
Νάτριο	24,2	20,5	20,5
Κάλιο	34,7	31,7	46,6
Φωσφορικά	20,9	39,7	15,6
Κιτρικά	9,8	4,9	5,4
Χλώριο	30,2	17,0	34,2

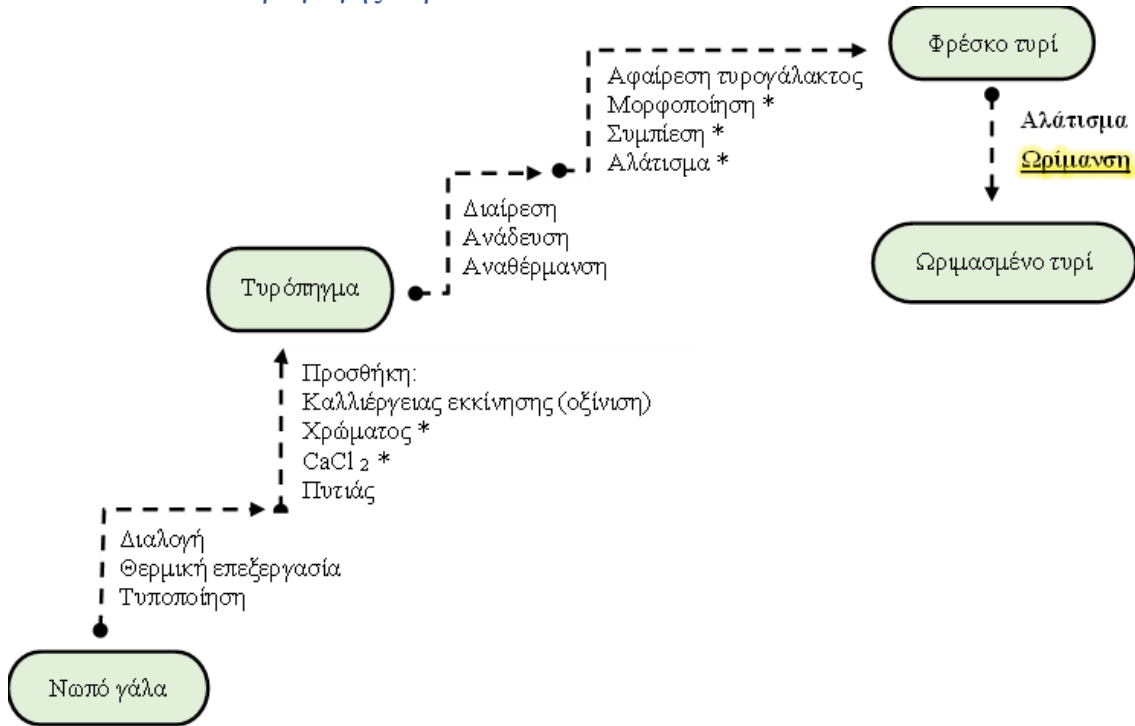
2.1.5 Λοιπά συστατικά

Εκτός από τα βασικά συστατικά του γάλακτος που αναφέρθηκαν, υπάρχουν και κάποια δευτερεύοντα συστατικά όπως οι βιταμίνες και τα ένζυμα. Όπως είναι γνωστό, οι

βιταμίνες είναι απαραίτητες για τον οργανισμό καθώς ο ίδιος δεν μπορεί να τις συνθέσει και η μόνη οδός μέσω της οποίας μπορεί να τις προσλάβει είναι η διατροφή . Όπως έχει αναφερθεί, το γάλα περιέχει αρκετά λιπαρά και αποτελεί κατάλληλο μέσο για την μεταφορά των λιποδιαλυτών πρωτεϊνών (Graulet et al., 2013). Κυριότερες βιταμίνες του γάλακτος και των τυροκομικών προϊόντων είναι η βιταμίνη A,D, B₂, B₅, B₉, B₁₂ (Drewnowski, 2011). Ωστόσο αξίζει να επισημανθεί, πως το σύμπλεγμα των βιταμινών B επειδή είναι υδατοδιαλυτές πρωτεΐνες, δεν μεταφέρεται όλο το αρχικό ποσοστό στο τυροκομικό προϊόν επειδή το μεγαλύτερο μέρος καταλήγει στον ορό (Fox et al., 2017).

Ήδη από πολύ παλιά οι επιστήμονες γνώριζαν πως τα ένζυμα βρίσκονται φυσιολογικά στους ιστούς ή στα επιθηλιακά κύτταρα των γαλακτοφόρων ζώων και πως κατά την άμελξη, αυτά μεταφέρονται στο γάλα (Shahani 1965). Πλέον γνωρίζουμε, πως τα ένζυμα προέρχονται είτε ενδογενώς, δηλαδή αυτά που υπάρχουν φυσιολογικά στο γάλα που εκκρίνεται από το μαστό του ζώου, είτε εξωγενώς που προκύπτουν από μικροοργανισμούς που επιμολύνουν το γάλα (Κεχαγιάς & Τσάκαλη, 2020). Αρχικώς, σύμφωνα με τους Fox et al., (2015) η λακτοϋπεροξειδάση καταλύει την αντίδραση του υπεροξειδίου με την μεταφορά του οξυγόνου σε δέκτες οξυγόνου. Αποτελεί ταυτόχρονα δείκτη επιτυχημένης παστερίωσης, καθώς το ένζυμο αυτό αδρανοποιείται σε θερμοκρασία μεγαλύτερη των 80°C. Άλλο ένα σημαντικό ενδογενές ένζυμο είναι αυτό της καταλάσης, μέσω της οποίας διασπάται το υπεροξείδιο του υδρογόνου σε οξυγόνο και νερό, και παρουσία της σε υψηλά επίπεδα υποδηλώνει μόλυνση του μαστού με μαστίτιδα. Επιπλέον, η πλασμίνη που αποτελεί μια πρωτεΐνάση είναι υπεύθυνη για την υδρόλυση των πεπτιδικών δεσμών και συγκεκριμένα της β-καζεΐνης, αποτελεί σημαντικό παράγοντα αποσταθεροποίησης των UHT προϊόντων και όπως θα αναλυθεί αργότερα έχει σημαντικό ρόλο κατά το στάδιο της ωρίμανσης των τυριών. Τέλος, η δράση των λιπασών έχει ως αποτέλεσμα την υδρόλυση των τριγλυκεριδίων με την απελευθέρωση λιπαρών οξέων και γλυκερόλης, με συνέπεια τον σχηματισμό ανεπιθύμητων οσμών (Fox et al., 2015, Fox και Kelly, 2005).

2.2 Διαδικασία παραγωγής τυριών



Σχήμα 3 Διαδικασία παραγωγής τυριών (Fox et al., 2017, Κεχαγιάς & Τσάκαλη 2020)

*: ανάλογα το τυρί

2.2.1 Τυποποίηση γάλακτος

Όπως γίνεται γνωστό και από τους Fox et al., (2017), ένα γενικό σχήμα που ακολουθείται κατά την διαδικασία της παραγωγής τυριών περιλαμβάνει αρχικά την τυποποίηση του γάλακτος, δηλαδή ρυθμίζεται η περιεκτικότητα σε λίπος ή πρωτεΐνες εάν είναι απαραίτητο. Αυτό συμβαίνει, καθώς πολλές φορές είναι υποχρεωτικό βάση νομοθεσίας το τυρί να τηρεί συγκεκριμένες προδιαγραφές όσον αφορά την σύσταση σε λίπος και υγρασία. Ταυτόχρονα η παρουσία πρωτεΐνης είναι πολύ σημαντική στο γάλα και στη συνέχεια στο προϊόν, καθώς από αυτή καθορίζεται το ποσοστό σχηματισμού του τυροπήγματος και τελικώς η δομή και η συνεκτικότητα του τυριού. Γι'αυτόν τον λόγο κυρίως, και επειδή η ποσότητα των πρωτεϊνών του γάλακτος μεταβάλλεται κατά την διάρκεια της γαλακτικής περιόδου, το κομμάτι της τυποποίησης κρίνεται άκρως σημαντικό.

Παλαιότερα, συνηθιζόταν το γάλα που χρησιμοποιούταν για την παρασκευή τυριού να μην υπόκειται σε θερμική επεξεργασία. Πλέον τα περισσότερα είδη τυριών όπως Parmigiano Reggiano, Swiss Emmental κ.α παράγονται με θερμισμένο γάλα που τα καθιστά μικροβιολογικά ασφαλή, διατηρώντας ταυτόχρονα τα απαραίτητα ένζυμα και τους ωφέλιμους μικροοργανισμούς που θα συμβάλλουν στη διαμόρφωση γεύσης του τελικού προϊόντος. Όπως είναι γνωστό, η διαδικασία της θερμικής επεξεργασίας του γάλακτος

επιτυγχάνεται σε θερμοκρασία 57-68°C για 10-20 δευτερόλεπτα, διαδικασία ικανή να βελτιώσει την ποιότητα των τυριών που παράγονται από γάλα που έχει αποθηκευτεί υπό ψύξη (Papademas & Bintsis, 2018, Ruke et al., 2011). Ωστόσο στην Ελλάδα, πλέον με το άρθρο 5 παρ.2, της Υπουργικής Απόφασης αριθμ. 3724/162303 του υπουργού Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, ΦΕΚ 3448/22-12-2014, επιτρέπεται κατόπιν απόφασης της αρμόδιας κτηνιατρικής αρχής η παραγωγή τυριών ωρίμανσης τουλάχιστον δύο μηνών από νωπό γάλα. Έτσι στα πλαίσια του έργου Raw Cheese, η Αμερικάνικη Γεωργική σχολή παρασκεύασε τυρί από νωπό αγελαδινό γάλα τύπου Γραβιέρας. Ευρήματα της ερευνητικής αυτής δραστηριότητας ήταν πως το προϊόν που παρασκευάστηκε από αρχικά καλής ποιότητας γάλα, δε είχε χάσει τα αρωματικά χαρακτηριστικά που συνδέονται με την διατροφή των ζώων, και συγχρόνως η φυσική μικροχλωρίδα, συμπεριλαμβανομένου των ενζύμων, δεν καταστράφηκε, με αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός τυροκομικού προϊόντος με ξεχωριστά χαρακτηριστικά.

2.2.2 Σχηματισμός τυροπήγματος

Σε πολλά είδη τυριών, πριν τον σχηματισμό του τυροπήγματος, προστίθεται καλλιέργεια οξίνισης (LAB) ή μια ποσότητα τυρογάλακτος από πρόσφατη τυροκόμηση. Πλέον οι καλλιέργειες εκκίνησης παράγονται σε βιομηχανική κλίμακα, με συγκεκριμένη σύσταση έτσι ώστε το τελικό προϊόν να έχει ομοιόμορφο και επαναλήψιμο αποτέλεσμα. Υπάρχουν 3 βασικές κατηγορίες καλλιιεργειών εκκίνησης, αυτές που περιέχουν α) μεσόφιλους, β) ,θερμόφιλους μικροοργανισμούς και, γ) συνδυασμός αυτών των δύο κατηγοριών (Papademas & Bintsis, 2018). Το στάδιο της οξίνισης ίσως και να αποτελεί ένα από τα πιο σημαντικά στάδια κατά την τυροκόμηση, καθώς μέσω αυτής παρεμποδίζεται η ανάπτυξη των παθογόνων και αλλοιογόνων μικροοργανισμών, επηρεάζεται η δραστηριότητα των ενζύμων κατά την ωρίμανση και εμμέσως το άρωμα και η ποιότητα του τυριού. Ταυτόχρονα, αυξάνεται η διαλυτότητα του CCP (κολλοειδές φωσφορικό ασβέστιο) μέσω του οποίου επηρεάζεται η υφή του τυριού. Επίσης μέσω του χλωριούχο ασβεστίου, αποβάλλεται νερό από το τυρόπηγμα αυξάνοντας την συναίρεση (McSweeney, 2007a).

Στο στάδιο της πήξης προκύπτει ένα gel όπου με βάση το πρωτεϊνικό σύμπλεγμα της καζεΐνης εγκλωβίζεται το λίπος εσωτερικά με ταυτόχρονη αποβολή του τυρογάλακτος. Η πήξη μπορεί να προκύψει με διάφορους τρόπους και εξαρτάται φυσικά από τον τύπο τυριού που θα παραχθεί. Συνήθως για το 75% των τυριών χρησιμοποιείται ελεγχόμενη πρωτεόλυση από ειδικές πρωτεϊνάσες, την λεγόμενη πυτιά. Ωστόσο, πήξη μπορεί να επέλθει με οξίνιση

του γάλακτος (pH=4,6) ή με οξίνιση (pH=4,6-5,2) και ταυτόχρονη θέρμανση στους 90°C (Fox et al., 2017).

Κατά τον ενζυματικό τρόπο πήξης, χρησιμοποιούταν παραδοσιακά το στομάχι νεογνών μη απογαλακτισμένων γαλακτοφόρων ζώων. Το στομάχι περιέχει πάστα πυτιάς, η οποία αποτελείται από 95% χυμοσίνης και λιγότερο από πεψίνη. Εκτός αυτών περιέχει την λιπάση, προγαστρική εστεράση, η οποία είναι απαραίτητη για την λιπόλυση που θα ακολουθήσει κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης. Η χρήση της πυτιάς από στομάχια είναι ιδιαίτερα γνωστή για την παρασκευή Ισπανικών, Ιταλικών και Ελληνικών τυριών (π.χ. Idiazabal, Majorero, Casiocavall και Φέτα). Με αφορμή όμως τις ανησυχίες για την δημόσια υγεία και την αδυναμία τυποποίησης της ακριβής σύστασης της πυτιάς, πλέον η πυτιά παράγεται με καθορισμένη και ελεγχόμενη σύσταση σε υγρή μορφή ή σε σκόνη (Fox et al., 2017). Η πήξη με την βοήθεια ενζύμων πραγματοποιείται σε δύο φάσεις, κατά την πρώτη ή αλλιώς ενζυματική φάση, ξεκινά με την υδρόλυση της καζεΐνης από τα ένζυμα και κυρίως στην επιφάνεια της μικέλλης (Fox & Guinee, 2013). Στη συνέχεια πυροδοτείται η δεύτερη φάση ή αλλιώς μη ενζυματική φάση, κατά την οποία οι σφαιρικές μικέλλες σταδιακά χάνουν την ικανότητα να αλληλεπιδρούν με τα μόρια νερού, εξαιτίας της εξασθένισης των στερικών απώσεων, μεταξύ των σωματιδίων, που προκύπτουν από την απώλεια του μακροπεπτιδίου από την κ-καζεΐνη, με αποτέλεσμα να αντιδρούν μεταξύ τους σχηματίζοντας συσσωματώματα και αλυσίδες (Lucey et al., 2003). Καθώς η πήξη επεκτείνεται, οι αλυσίδες αυτές αυξάνονται σε μήκος και σε πάχος σχηματίζοντας μια τρισδιάστατο, δικτυωτό σύστημα που εγκλωβίζει νερό και άλλα συστατικά του γάλακτος όπως την λακτόζη, λίπος, πρωτεΐνες ορού και μέταλλα (Kindstedt, 2013a). Η διαδικασία επηρεάζεται πολύ σημαντικά από το pH, την συγκέντρωση του ασβεστίου, την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη και την θερμοκρασία. Μικρή απόκλιση από τις βέλτιστες τιμές των παραμέτρων, είναι δυνατόν να φέρουν ελαττωμένη συνεκτικότητα του πήγματος και μικρότερη απόδοση σε τελικό προϊόν (Lomholt & Qvist, 1999; Lucey, 2002). Σε μερικές περιπτώσεις ακόμα, και συγκεκριμένα όταν το γάλα που χρησιμοποιείται για την τυροκόμηση έχει παστεριωθεί, γίνεται προσθήκη CaCl₂ προκειμένου να αυξηθεί η συνεκτικότητα και η σκληρότητα του παραγόμενου τυριού (T. Masouras et al., 2018).

2.2.3 Μεταχείριση τυροπήγματος

Μετά το στάδιο της πήξης, το πήγμα διαιρείται και τεμαχίζεται επιτυχάνοντας με αυτόν τον τρόπο μερική αφυδάτωση. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται συναίρεση και με την απομάκρυνση του τυρογάλακτος γίνεται ταυτόχρονη συμπύκνωση του λίπους και της καζεΐνης του γάλακτος κατά 6-12 φορές (Fox et al., 2017). Το μέγεθος των σωματιδίων του τυροπήγματος καθορίζεται κυρίως από τον χρόνο και την ταχύτητα κοπής και εξαρτάται από τον τύπο τυριού που παράγεται. Για παράδειγμα, το μέγεθος σωματιδίων του τυροπήγματος για τα πολύ σκληρά τυριά (π.χ Parmigiano Reggiano) είναι όσο ένας κόκκος ρυζιού, ενώ για τα σκληρά τυριά όσο ένα κομματάκι καλαμποκιού, όπως ισχύει για της κεφαλογραβιέρα. Γενικότερα όσο μικρότερα είναι τα σωματίδια τυροπήγματος, τόσο μεγαλύτερη είναι η απελευθέρωση ορού γάλακτος και τόσο χαμηλότερη είναι η περιεκτικότητα του τυριού σε υγρασία (Papademas & Bintsis, 2018).

Στα περισσότερα τυριά, όπως για παράδειγμα και στην Φορμαέλλα Αράχωβας Παρνασσού ΠΟΠ, επειδή δεν γίνεται θερμική επεξεργασία αρχικώς γίνεται αναθέρμανση του τυροπήγματος την στιγμή που βρίσκεται στα καλούπια. Μέσω αυτής της διαδικασίας, εφαρμόζονται θερμοκρασίες υψηλότερες από αυτές που χρησιμοποιούνται κατά τη πήξη, και έτσι επιτυγχάνεται επιπλέον συναίρεση. Όπως και προηγουμένως στο στάδιο της πήξης, η επιλογή της θερμοκρασίας εξαρτάται από τον τύπο του τυριού. Συγκεκριμένα, στην περίπτωση του Parmigiano Reggiano εκτός από το μικρό μέγεθος του τυροπήγματος χρησιμοποιείται και υψηλή θερμοκρασία αναθέρμανσης (55°C για 30 λεπτά). Παρόμοια θερμοκρασία χρησιμοποιείται και για τη Γραβιέρα Κρήτης και συγκεκριμένα 50-52°C (Papademas & Bintsis, 2018).

Επόμενο στάδιο μετά τη πήξη είναι η μορφοποίηση και η στράγγιση που συνήθως γίνεται με την χρήση καλουπιών. Με τον τρόπο αυτόν τα μικρότερα κομμάτια συνενώνονται και δημιουργείται ένα ενιαίο σώμα τυροπήγματος με μικρότερα διάκενα που στη συνέχεια μετά την κατάλληλη διαχείριση όπως το αλάτισμα και την ωρίμανση προκύπτει το τυρί. Για παράδειγμα στην διαδικασία του Cheddaring, τα μικρά κομμάτια του τυροπήγματος συσσωματώνονται σε μία μεγάλη μάζα, τεμαχίζονται σε κομμάτια σχήματος ορθογωνίου και στη συνέχεια αναποδογυρίζονται το ένα πάνω στο άλλο έτσι ώστε τα κομμάτια που είναι από κάτω να πιέζονται και να παίρνουν το επιθυμητό σχήμα (N. F. Olson και W.V Price, 1970).

Το αλάτι προστίθεται τουλάχιστον σε ένα στάδιο κατά την παρασκευή του τυριού με τις περισσότερες ποικιλίες να περιέχουν αλάτι από 1.5% - 2.5%. Η μέθοδος αλατισμού μπορεί να γίνεται είτε με καταβύθιση σε άλμη (18^ο-22^ο Βέ), είτε μέσω ελαφρού τριψίματος του αλατιού στην επιφάνεια του τυριού ή απλώς με προσθήκη αλατιού όταν το τυρόπηγμα είναι ακόμα τριμμένο, όπως στην περίπτωση του Cheddar. Η αλατοπεριεκτικότητα που θα περιέχει το τυρί τελικά, εξαρτάται από πολλούς παράγοντες και συγκεκριμένα από: (1) την συγκέντρωση της άλμης ή από την ποσότητα του προστιθέμενου αλατιού, αν πρόκειται για το ξηρό αλάτισμα, (2) την περιεχόμενη υγρασία του τυριού, (3) την θερμοκρασία του περιβάλλοντος και την εκτιθέμενη επιφάνεια του προϊόντος (Bintsis, 2006). Η παρουσία του αλατιού στο στάδιο της ωρίμανσης παίζει πολύ σημαντικό ρόλο, καθώς επηρεάζει τον ρυθμό ανάπτυξης και επιβίωσης των βακτηρίων, ελέγχει την δραστηριότητα των ενζύμων είτε αυτά είναι ενδογενή είτε εξωγενή. Ταυτόχρονα, προωθείται η συναίρεση με την αποβολή του τυροπήγματος και της υγρασίας, κυρίως για τα τυριά που δεν έχουν υποστεί αναθέρμανση (π.χ Φέτα). Προσφέρει στο τυρί γεύση και άρωμα και αναστέλλει την ανεπιθύμητη δράση των βακτηρίων που προκαλούν δυσάρεστες μυρωδιές. Ενώ φυσικά αποτελεί, μεταξύ άλλων, πηγή πρόσληψης Na (Fox, 1987; Fox & McSweeney, 1998; Guinee & Fox, 1993). Ειδικά στην περίπτωση της Γραβιέρας Κρήτης, γίνεται ξηρό αλάτισμα μέσω του οποίου σχηματίζεται μία εξωτερική στοιβάδα που χαρακτηρίζεται από υψηλή περιεκτικότητα σε αλάτι, και χαμηλή περιεκτικότητα σε υγρασία, με τον τρόπο αυτό οι καζεΐνες σχηματίζουν ένα πολύ συνεκτικό δίκτυο προσδίδοντας σκληρότητα στην επιφάνεια του τυριού. Σύνηθες φαινόμενο αποτελεί, η απομάκρυνση του λίπους από το εσωτερικό του τυριού και η εναπόθεσή του στην εξωτερική αυτή στοιβάδα, συμβάλλοντας έτσι στην αποφυγή επιπλέον αφυδάτωσης από το εσωτερικό του τυριού, αποτελώντας συγχρόνως μία φυσική μεμβράνη συσκευασίας.

2.2.4 Ωρίμανση

Όπως ήδη έχει αναφερθεί, κατά την διαδικασία της ωρίμανσης λαμβάνουν χώρα πολλές φυσικοχημικές και μικροβιολογικές αντιδράσεις που ως αποτέλεσμα έχουν την ανάπτυξη χαρακτηριστικού αρώματος, γεύσης και υφής του τυριού. Η ωρίμανση είναι μία αργή και συνεπώς μια ακριβή διαδικασία η οποία δεν είναι πλήρως προβλέψιμη ή ελεγχόμενη. Αν και χαρακτηρίζεται από τους Fox et al. (1996) ως μία αρκετά περίπλοκη χημική αντίδραση, αποτελείται από την αντίδραση της γλυκόλυσης, της λιπόλυσης και της πρωτεόλυσης. Κατά την γλυκόλυση, εκτός από τον μεταβολισμό της γλυκόζης, συμβαίνει και ο μεταβολισμός του υπολειπόμενου γαλακτικού οξέος και του κιτρικού οξέος (P. Mcsweeney, 2004). Όλες αυτές οι επιμέρους αντιδράσεις είναι υπεύθυνες, μεταξύ άλλων,

για πολλαπλές δευτερογενείς αλλαγές που συνδέονται με την χαρακτηριστική γεύση και υφή του τυριού. Εκτελεστικά όργανα αυτών των κύριων αντιδράσεων είναι αρχικά, η υπολειπόμενη ποσότητα πυτιάς που βρίσκεται ακόμη στο υπόστρωμα, η αρχική μικροχλωρίδα βακτηρίων και τα ενδογενή ένζυμά τους, οι καλλιέργειες και τα ένζυμα που προστέθηκαν κατά την τυροκόμηση, τα NSLAB που βρίσκονται τυχαία μαζί με τα αντίστοιχα ένζυμα.

Κατά την ωρίμανση μεταβάλλεται ταυτόχρονα και η υφή του τυριού, η οποία επηρεάζεται σημαντικά από το pH και την αναλογία των συνδεδεμένων μορίων της καζεΐνης με την υγρασία. Η δραστηριότερη αλλαγή σημειώνεται την 1-2 εβδομάδα της ωρίμανσης, καθώς η υδρόλυση της καζεΐνης α_{s1} (περίπου το 20% αυτής), από τη πυτιά, δίνει το πεπτίδιο α_{s1} -I, με αποτέλεσμα την αποδυνάμωση του πρωτεϊνικού πλέγματος. Η αργή αυτή μεταβολή έχει να κάνει με τον βαθμό της πρωτεόλυσης, η οποία ρυθμίζεται από το ποσό της υπολειπόμενης πυτιάς και της πλασμίνης στο τυρί, από την αναλογία του αλατιού και της υγρασίας αλλά και από την θερμοκρασία αποθήκευσης/ ωρίμανσης (R.C. Lawrence et al., 1986).

Η υφή του τυριού μαζί με το χρώμα, αποτελούν δύο σημαντικά κριτήρια για την εκτίμηση της ποιότητάς του, κυρίως από την μεριά των καταναλωτών. Μάλιστα σύμφωνα με τους El-Nimr et al. (2010), αυτό ισχύει πολύ περισσότερο για τα τυριά Προστατευόμενης Ονομασίας Προέλευσης- ΠΟΠ, καθώς παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία σε υφή και γεύση. Όπως είναι γνωστό, το χρώμα του τυριού μπορεί να είναι από ανοιχτό κίτρινο, συνήθως αυτό ισχύει για τα λιγότερο ωριμασμένα τυριά, σε βαθύ πορτοκαλοκόκκινο χρώμα, ανάλογα την τεχνική παραγωγής και την προτίμηση του καταναλωτή (El-Nimr et al.,2010).

2.2.4.1 Γλυκόλυση

Η μεταβολή της λακτόζης σε γαλακτικό οξύ είναι μία κοινή αντίδραση που συμβαίνει σε όλες τις ποικιλίες τυριών σε διαφορετικό βαθμό κάθε φορά, ανάλογα τον τρόπο παραγωγής και την περίοδο ωρίμανσης. Όπως αναφέρεται από τους Cogan T.M et al., (1993), ανάλογα την καλλιέργεια εκκίνησης, η λακτόζη μεταβολίζεται σε γαλακτικό οξύ από γλυκολυτικά βακτήρια που είναι και τα πιο συνηθισμένα, ή μεταβολίζεται σε γαλακτικό οξύ, αιθανόλη και CO₂ (ετερογαλακτική ζύμωση) από βακτήρια του γένους *Leuconostoc spp.*. Τα κύρια παράγωγα των ζυμώσεων αυτών είναι το L- γαλακτικό οξύ ή το D- γαλακτικό οξύ ή ένα ρακεμικό δείγμα αυτών. Μάλιστα σημειώνεται ότι κάποια βακτήρια εκκίνησης όπως ο *Streptococcus thermophilus*, είναι ανίκανα να μεταβολίσουν έναν από τους μονοσακχαρίτες της λακτόζης, την γαλακτόζη, και γι'αυτό τον λόγο συμβιώνουν με

μικροοργανισμούς που αναπτύσσονται με γαλακτόζη (π.χ Gal+ λακτοβάκιλλοι), διαφορετικά η γαλακτόζη θα συσσωρευτεί στο τυρόπηγμα. Το κύριο προϊόν της γαλακτικής ζύμωσης, δηλαδή το γαλακτικό οξύ συμβάλλει στη γεύση των οξιτισμένων τυριών και πιθανών να συμβάλλει στη γεύση των τυριών που έχουν υποστεί ωρίμανση και ιδιαίτερα στην αρχή της περιόδου (McSweeney και Sousa, 1999). Το στάδιο της οξίνισης του τυροπήγματος έχει σημαντική επίπτωση στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του τυριού μιας και καθορίζει την ρυθμιστική ικανότητα του τυριού και επιπλέον την ανάπτυξη των



Σχήμα 4 Μεταβολικές οδοί του γαλακτικού οξέος (McSweeney και Sousa, 1999)

ποικίλων μικροοργανισμών κατά την ωρίμανση, αλλά και την ενζυμική δραστηριότητα κατά την διάρκειά αυτής. Εν συνεχεία το γαλακτικό οξύ που σχηματίστηκε, μπορεί να μεταβολιστεί περαιτέρω σε παραπάνω από μία ένωση που συμβάλλει στη γεύση του τυριού (βλ. Σχήμα 2.3).

Όπως φαίνεται και στο παραπάνω σχήμα, μέσω των NSLAB ή από τους γαλακτοβάκιλλους η D- γαλακτόζη μπορεί να προκύψει απευθείας από την λακτόζη ή να γίνει ρακεμοποίηση σε L- γαλακτόζη (Fox et al. 2000). Ο βαθμός της ρακεμοποίησης αυτής εξαρτάται από το είδος και την κατάσταση των NSLAB, καθώς όπως φαίνεται (McSweeney and Fox 2004), η μετατροπή αυτή γίνεται με ταχύτερους ρυθμούς σε τυρί νωπό γάλα παρά σε ένα τυρί που έχει προκύψει από παστεριωμένο γάλα. Αποτέλεσμα μάλιστα της ρακεμοποίησης, είναι οι λευκοί κρύσταλλοι που σχηματίζονται, συνήθως στις επιφάνειες του τυριού μετά την εγκοπή του, οι οποίοι είναι αβλαβής και προκύπτουν από τον σχηματισμό Ca-DL- γαλακτόζης (McSweeney, 2004). Στην περίπτωση του αναερόβιου μεταβολισμού της γαλακτόζης, τα προϊόντα που προκύπτουν είναι το βουτυρικό οξύ και το

H₂, δύο ουσίες που είναι υπεύθυνες για το ανεπιθύμητο φούσκωμα και την εμφάνιση ρωγμών, συνοδευόμενες από την ανάπτυξη μη επιθυμητών οσμών (Fox et al. 1990; McSweeney and Fox 2004). Σε διάφορες ποικιλίες τυριού, όπως αυτή Emmental, κατά την προσθήκη καλλιέργειας προστίθονται μικροοργανισμοί του γένους *Propionibacterium spp.*, που μεταβολίζουν τη γαλακτόζη σε προπιονικό και ακετονικό οξύ, μαζί με CO₂. Οι δύο πρώτες ουσίες διαμορφώνουν την γεύση του προϊόντος, ενώ το αέριο που σχηματίζεται προσπαθεί να μεταναστεύσει από το τυρί, μέχρι που φτάνει ένα αδύναμο σημείο όπου και εγκαθίσταται. Αν η πίεση του αερίου είναι επαρκής, τότε σχηματίζεται ανάλογη οπή (McSweeney, 2004).

Σύμφωνα με τους Fox et al. (1993), περίπου 1750mg κιτρικού οξέος περιέχονται σε ένα λίτρο γάλακτος, το οποίο στη συνέχεια της τυροκόμησης αποβάλλεται το περισσότερο στο τυρόγαλα. Ωστόσο, η ποσότητα που παραμένει στο τυρόπηγμα μεταβολίζεται από κατάλληλους μικροοργανισμούς και αποτελούν στελέχη λακτόκοκκων, όπως για παράδειγμα ο *Streptococcus diacetylactis*, που περιέχουν ένα πλασμίδιο για την μεταφορά του κιτρικού αλλά ακόμη και ο *Lactococcus lactis ssp. Lactis bv. diacetylactis.*, *Leuconostoc mesenteroides ssp. cremoris* και ο *Leuconostoc lactis*. Μέσω του μεταβολισμού αυτού, σχηματίζεται διακετύλιο σε μικρή ποσότητα, ενώ σε μεγαλύτερες παράγονται οι ουσίες ακετοΐνη και 2,3- βουτανοδιόλη. Ο μεταβολισμός του κιτρικού οξέος, είναι σημαντικότερος για τα τυριά γερμανικού τύπου καθώς το CO₂ και το διακετύλιο που προκύπτει είναι υπεύθυνα για τον σχηματισμό οπών και χαρακτηριστικού αρώματος αντίστοιχα (McSweeney και Sousa, 1999; Dimos et al., 1996).

2.2.4.2 Πρωτεόλυση

Η πρωτεόλυση κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης παίζει πολύ σημαντικό ρόλο για την διαμόρφωση της υφής και της γεύσης του τυριού. Η διαμόρφωση αυτή επιτυγχάνεται καθώς αποδομείται το πρωτεϊνικό σύμπλεγμα, ενώ ταυτόχρονα μειώνεται η ενεργότητα ύδατος (aw), μέσω της δέσμευσης νερού από τα ελεύθερα καρβοξύλια και τις αμινομάδες που προέκυψαν κατά την υδρόλυση των πεπτιδικών δεσμών (Sousa et al., 2001). Μάλιστα η πρωτεόλυση, είναι η βασική αντίδραση που ευθύνεται για τη χαρακτηριστική οσμή και γεύση του τυριού, καθώς απελευθερώνεται μικρά πεπτίδια που σχετίζονται με την πικρή γεύση και την γεύση umami, με την έκταση των γεύσεων αυτών να καθορίζεται από την σύσταση των αμινοξέων (Ardö et al., 2017). Για την χαρακτηριστική γεύση umami έχει βρεθεί από τους Toelstede και Hofmann (2009), πως υπεύθυνο πεπτίδιο για τη γεύση αυτή

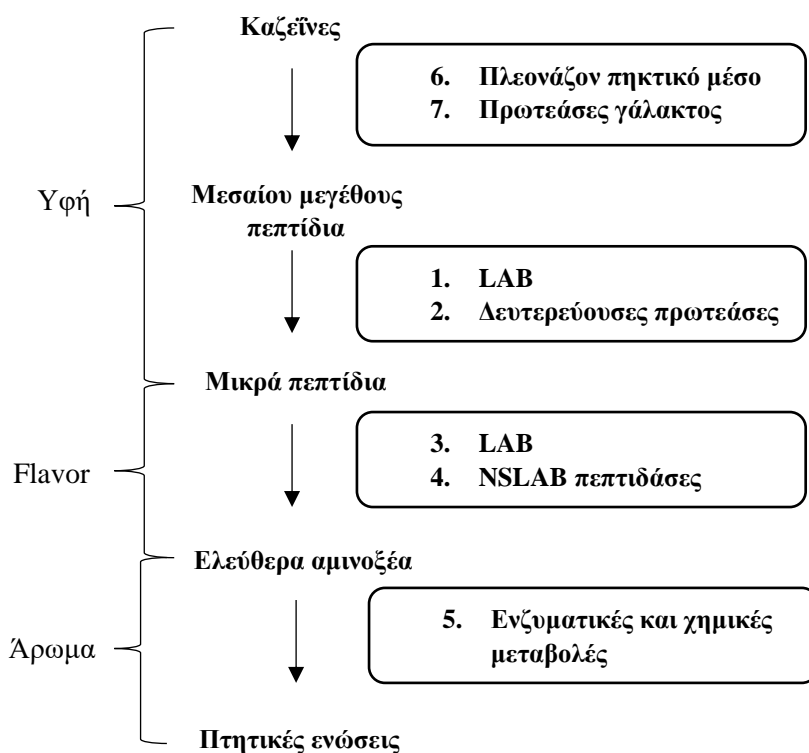
είναι το γ-γλουταμυλ (γ-G) διπεπτίδιο, ενώ πίσω την αίσθηση κορεσμού στο στόμα βρίσκεται το γ-G πεπτίδιο που εντοπίζεται στο τυρί Gouda.

Αναφέρεται μάλιστα πως τα πεπτίδια που προκύπτουν κατά την ωρίμανση έχουν βιοδραστική δράση, έτσι τα ελεύθερα αμινοξέα που είναι προϊόντα της υδρόλυσης, διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στον σχηματισμό του αρώματος του τυριού αποτελώντας ουσίες που με τη σειρά τους θα ξεκλειδώσουν την παραγωγή πτητικών ουσιών μέσω ποικίλων καταβολικών αντιδράσεων (Ardö et al., 2017). Πιο αναλυτικά, τα μεγάλα πεπτίδια που προκύπτουν δεν έχουν σημαντική επίδραση στην ανάπτυξη αρώματος του τυριού, αλλά αποτελούν βασικά υποστρώματα για τις πρωτεΐνάσες που εντοπίζονται στο κυτταρικό τοίχωμα, για τις αμινοπεπτιδάσες και για την ενδοκυτταρική μεταβολική δραστηριότητα, κατά την οποία παράγονται βασικά συστατικά για την διαμόρφωση του αρώματος του τυριού. Από την άλλη πλευρά, η συσσώρευση των μικρών πεπτιδίων, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, είναι υπεύθυνα για την πικρή γεύση του τυριού και οφείλεται στις υδρόφοβες τελικές αλληλουχίες των καρβοξυλικών ή των αμινικών άκρων του αμινοξέος (Pripp et al., 2006).

Σύμφωνα με τους Fox et al. (1996), η διαδικασία της πρωτεόλυσης πραγματοποιείται από τις πρωτεΐνάσες και τις πεπτιδάσες, οι οποίες μπορεί να προέρχονται από το πηκτικό μέσο που χρησιμοποιήθηκε κατά την τυροκόμηση, το οποίο δεν έχει καταναλωθεί πλήρως και βρίσκεται ακόμη διαθέσιμο στο τυρί. Μέσω αυτού λοιπόν, η πρωτεολυτική δραστηριότητα συνεχίζεται στις περισσότερες ποικιλίες τυριών, εκτός βέβαια από αυτή των πλαθώμενων τυριών (pasta-filata) και αυτών όπου χρησιμοποιείται υψηλή θερμοκρασία αναθέρμανσης με αποτέλεσμα την μετουσίωση των ενζύμων. Συνεχίζοντας, το γάλα αποτελεί από μόνο του μια πηγή 60 περίπου ενδογενών ενζύμων, με σημαντικότερο από αυτά την πλασμίνη, η οποία αποτελεί από μόνη της ένα θερμοανθεκτικό ένζυμο που φαίνεται ιδιαίτερα χρήσιμη στην παραγωγή των πλαθώμενων τυριών.

Όπως γίνεται γνωστό από τους Ardö et al. (2017), άλλη μία πρωτεΐνάση (CEP, lactocerin, PrtP), η οποία προέρχεται από την αρχική οξυγαλακτική καλλιέργεια του τυροπήγματος, συνεισφέρει στην διαδικασία της ωρίμανσης με την υδρόλυση μεσαίου μεγέθους πεπτιδίων που με τη σειρά τους προκύπτουν από την δράση της χυμοσίνης ή της πλασμίνης πάνω στην καζεΐνη. Η δευτερεύουσα μικροχλωρίδα μερικών ποικιλιών τυριών, δηλαδή τα NSLAB, τα βακτήρια του προπιονικού οξέος, τα κορνοβακτήρια, οι μύκητες και οι ζύμες, συνεισφέρουν όπως και κατά την γλυκόλυση, στον σχηματισμό αρωμάτων

μέσω των μεταβολικών τους δραστηριοτήτων. Η δράση των εξωγενών ενζύμων είναι εξίσου σημαντική, καθώς επιταχύνουν την ωρίμανση του τυριού. Φαίνεται πως ο καταβολισμός των αμινοξέων και ο σχηματισμός της αμμωνίας συνεισφέρουν στην μεταβολή του pH, με αποτέλεσμα την αλλαγή στην υφή του τυριού και ταυτόχρονα επηρεάζει την σταθερότητα και την δραστηριότητα των ενζύμων, τα οποία με τη σειρά τους ευθύνονται για την ανάπτυξη της γεύσης του τυροκομικού προϊόντος (Fox et al., 2017).



Σχήμα 5 Πρωτεολυτική διαδικασία κατά την ωρίμανση (Siota et al., 2014)

2.2.4.3 Λιπόλυση

Η διαδικασία της λιπόλυσης πραγματοποιείται εξαιτίας της παρουσίας λιπολυτικών ενζύμων, τα οποία είναι υδρολάσες με κύρια λειτουργία τη διάσπαση του εστέρα μεταξύ ενός λιπαρού οξέος και της γλυκερόλης του τριγλυκεριδίου, παράγοντας με αυτόν τον τρόπο FFA (Free Fatty Acids) και μόνο- και διγλυκερίδια (Deeth & Touch, 2000). Τα λιπολυτικά ένζυμα ταξινομούνται σε εστεράσες ή λιπάσες, οι πρώτες υδρολύουν αλυσίδες ακυλεστέρων με άτομα από 2-8, ενώ οι λιπάσες έχουν την ικανότητα να διασπούν μεγαλύτερα μόρια (>10) (Collins et al., 2003). Τα FFA απελευθερώνονται κατά τη λιπόλυση και συμβάλλουν άμεσα

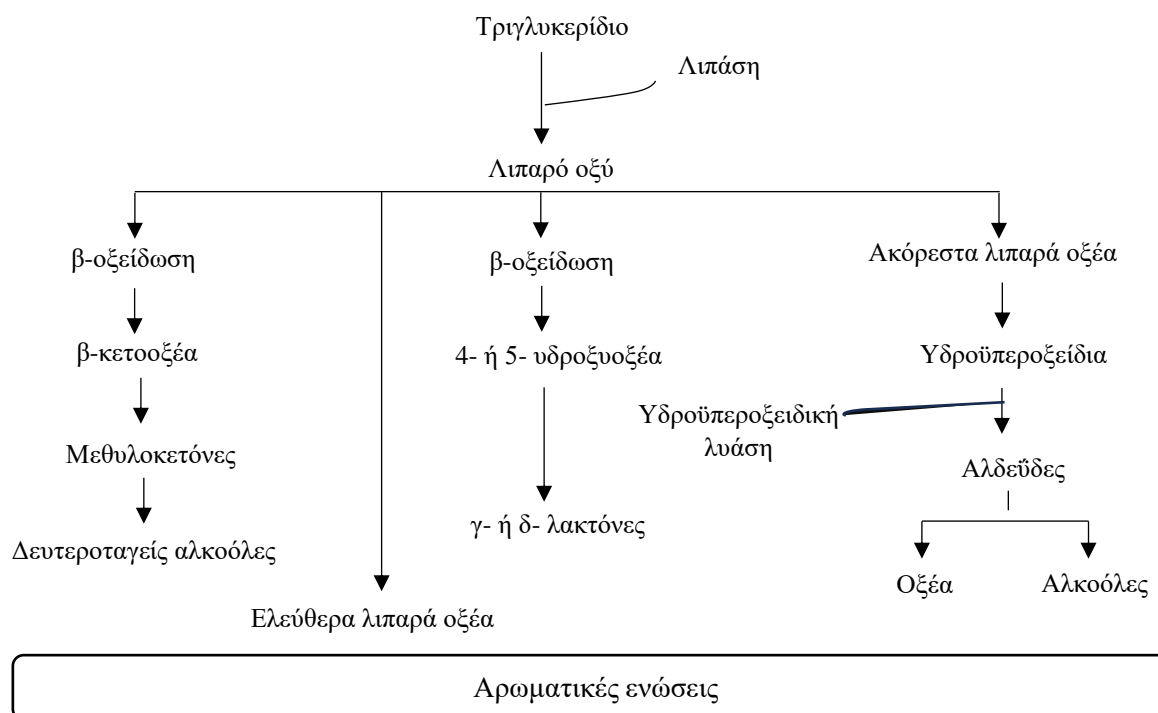
στη γεύση του τυριού και μάλιστα πολύ περισσότερο όταν τα λιπαρά αυτά οξέα είναι βραχέας ή μεσαίας αλυσίδας (Bills & Day, 1964). Γενικότερα, όπως αναφέρεται και από τους Deeth και Touch (2000), τα τριγλυκερίδια διασπώνται σε 1,2- και 2,3- διγλυκερίδια και στη συνέχεια σε 2-μονοακυλογλυκερίδια, σε βουτυρικό C_{4:0}, καθώς επίσης και σε άλλα οξέα μικρής και μεσαίας αλυσίδας όπως το καπρικό C_{6:0} και το καπρυλικό C_{8:0}. Η εξειδίκευση των λιπασών επηρεάζει επίσης την ανάπτυξη του flavour, καθώς τα λιπαρά οξέα μικρής αλυσίδας, που έχουν και τον μεγαλύτερο αντίκτυπο στην διαμόρφωση της γεύσης, εντοπίζονται γενικά στη θέση sn-3 των τριγλυκεριδίων. Επιπλέον, το pH του τυριού επηρεάζει τα FFA, καθώς τα καρβοξύλια με τα άλατά τους λαμβάνονται διαφορετικά (McSweeney και Sousa, 1999).

Συγκεκριμένα, για τα Ιταλικά σκληρά τυριά ισχύει πως η διαδικασία της λιπόλυσης είναι ιδιαίτερα εκτεταμένη, το ίδιο ισχύει και για τις ποικιλίες που χρησιμοποιούνται ειδικές βακτηριακές καλλιέργειες αλλά και στα μπλε τυριά. Ωστόσο, η εκτεταμένη λιπόλυση δεν είναι επιθυμητή σε πολλά ωριμασμένα τυριά που προκύπτουν με την προσθήκη ή μη ειδικής καλλιέργειας, όπως για παράδειγμα το Cheddar, Gouda και των Ελβετικών τυριών. Η ιδανικότερη περίπτωση σύμφωνα με τους Bosset και Gauch (1993) και Fox et al. (1995), είναι η χαμηλή συγκέντρωση των FFA, η οποία ταυτόχρονα να βρίσκεται σε ισορροπία με τα προϊόντα της πρωτεόλυσης, συμβάλλοντας έτσι με τον καλύτερο δυνατό τρόπο στον σχηματισμό της επιθυμητής γεύσης και αρώματος.

Όπως παρατηρείται και από τους Hassan et al. (2013), το λιπολυτικό ενζυματικό σύστημα των αρχικών καλλιεργειών είναι λιγότερο ισχυρό από το αντίστοιχο ενζυματικό σύστημα που καταλύει την αντίδραση της πρωτεόλυσης. Ωστόσο, μπορούν να απελευθερώσουν αρκετά υψηλά επίπεδα FFA όταν υπάρχει υψηλός αριθμός των βακτηρίων απ'όπου και παράγονται, αλλά και όταν η περίοδος της ωρίμανσης είναι ιδιαίτερα παρατεταμένη. Μεταξύ της βακτηριακής μικροχλωρίδας, το γένος των ψυχρότροφων βακτηρίων φαίνεται να παράγει τις πιο θερμοανθεκτικές λιπάσες, οι οποίες έχουν την δυνατότητα να απορροφούνται στα λιποσφαίρια του γάλακτος και να επιβιώνουν κατά της παστερίωσης. Όπως είναι λογικό εντοπίζονται περισσότερο σε γάλατα όπου ο αριθμός των ψυχρότροφων βακτηρίων είναι ανεβασμένος.

Επιπλέον, τα FFA λειτουργούν ως πρόδρομοι μορίων για μια σειρά από αντιδράσεις καταβολισμού, οι οποίες με τη σειρά τους οδηγούν στον σχηματισμό αρωματικών ενώσεων, για παράδειγμα για τα μπλε τυριά, η χαρακτηριστική ένωση που περιέχεται είναι η 2-μεθυλοκετόνη (Hassan et al., 2013). Για τα σκληρά τυριά όπως Parmesan, Grana Padano και

Pecorino, ισχύει ότι η σημαντικότερη ένωση που είναι υπεύθυνη για τα “mushroom” και “earthy” αρώματα είναι η αιθυλοκετόνη 1-οκτεν-3-όνη (Parademas και Bitsis, 2018). Όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα, μεταξύ άλλων οι πιο γνωστές ενώσεις κατά την λιπόλυση είναι οι λακτόνες. Οι λακτόνες είναι κυκλικά μόρια που σχηματίζονται από ενδομοριακή εστεροποίηση των υδροξυλιπαρών οξέων, οι πιο κύριες από αυτές είναι οι γ- και οι δ-λακτόνες και είναι σταθερές, με έντονο flavour (Urbach, 1993). Μάλιστα, τα FFA μπορούν να αντιδράσουν με αλκοόλες δίνοντας εστέρες, οι οποίοι έχουν πολύ δυνατό άρωμα ή να αντιδράσουν με ελεύθερες σουλφυδρυλικές ομάδες για να δώσουν θειοεστέρες. Οι εστέρες σύμφωνα με τους Meihart και Schreier (1986), συνεισφέρουν σημαντικά για το χαρακτηριστικό flavour στο τυρί Parmigiano Reggiano.



Σχήμα 6 Μεταβολικές οδοί των ελεύθερων λιπαρών οξέων κατά την ωρίμανση του τυριού (McSweeney και Sousa, 2000)

2.4 Συνθήκες ωρίμανσης

Τα τυριά κατά την ωρίμανση πρέπει να αποθηκεύονται σε ελεγχόμενες συνθήκες θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας. Το στάδιο αυτό αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την συντήρηση του προϊόντος και τον σχηματισμό του επιθυμητού χρώματος και της σκληρότητας της επιδερμίδας του τυριού. Συγκεκριμένα σύμφωνα με το άρθρο 83 του Κ.Τ.Π, η θερμοκρασία του ωριμαντήριου δεν θα πρέπει να είναι μικρότερη από +10°C και θα πρέπει να υπάρχει η κατάλληλη υγρασιακή παρακολούθηση για τον ανάλογο τύπο τυριού κάθε φορά. Επίσης, ο χρόνος ωρίμανσης για κάθε κατηγορία τυριού είναι συγκεκριμένος. Για παράδειγμα, για τα πολύ σκληρά, σκληρά και τα ημίσκληρα τυριά,

επειδή επιζητείται χαμηλή περιεχόμενη υγρασία, η ωρίμανση διαρκεί για τουλάχιστον 3 μήνες στις προαναφερθείσες συνθήκες. Το ίδιο ισχύει και για τα τυριά που ανήκουν στην κατηγορία των μαλακών τυριών, με την μόνη διαφορά ότι ο ελάχιστος χρόνος ωρίμανσης δεν θα πρέπει να είναι λιγότερος από τους 2 μήνες. Ωστόσο, εξαίρεση αποτελούν τα «Λευκά τυριά άλμης» (εκτός από τα Ελληνικά Παραδοσιακά Τυριά), τα οποία έχοντας παρασκευαστεί από γάλα που έχει υποστεί παστερίωση, είναι δυνατόν να προσφέρονται στην αγορά μετά από 15 ημέρες ωρίμανσης. Σε όλο το διάστημα της ωρίμανσης, προκειμένου το τυρί να έχει ομοιόμορφη κατανομή υγρασίας είναι σχεδόν απαραίτητο να αναστρέφεται και από τις δύο πλευρές ανά τακτά χρονικά διαστήματα (Ανυφαντάκης, 2004).

2.5 Επίδραση της ωρίμανσης στη σύσταση του τυριού

Η ποιότητα του τυριού πολλές φορές καθορίζεται από το flavour, το χρώμα, την υφή και τη συνολική του εικόνα. Οι αλλαγές που αφορούν τα χαρακτηριστικά αυτά οφείλονται κυρίως στη δράση μικροοργανισμών κατά την διαδικασία της ωρίμανσης αλλά και στη βραδεία διαλυτοποίηση ενός μέρους πλεονάζοντος CCP που μετατρέπει το λαστιχωτό και άγευστο τυρόπηγμα σε ώριμο και γευστικό τυρί (Lucey et al., 2003) . Σύμφωνα με τους Fox et al. (2017), σε πρώιμο στάδιο της ωρίμανσης υπολογίζονται υψηλοί πληθυσμοί μικροοργανισμών, τουλάχιστον 10^9 cfu/g, μέσω των οποίων παράγονται ενδογενή ένζυμα που παίζουν βασικό ρόλο στο σχηματισμό του οργανοληπτικού προφίλ του τυριού. Όπως είναι γνωστό από τη μικροβιολογία, ο ρυθμός ανάπτυξης και η δραστηριότητα των μικροοργανισμών εξαρτάται κυρίως από την ενεργότητα ύδατος (a_w), την αλατοπεριεκτικότητα, το οξειδοαναγωγικό δυναμικό (Ew), pH, η παρουσία νιτρικών, η θερμοκρασία ωρίμανσης και η πιθανή παραγωγή βακτηριοσινών από συγκεκριμένα στελέχη βακτηρίων. Επίσης, το ελάχιστο όριο ενεργότητας ύδατος για την ανάπτυξη των βακτηρίων είναι 0,92, για την ανάπτυξη των ζυμών περίπου 0,83 και για τις οσμόφιλες $<0,60$,και για τους μύκητες σχεδόν 0,75. Γενικά ισχύει, πως η βέλτιστη θερμοκρασία για την ανάπτυξη των βακτηρίων ορίζεται για τα μεσόφιλα 35°C , για τα θερμόφιλα ισχύει η θερμοκρασία των 42°C και για τα ψυχρόφιλα 20°C . Σε θερμοκρασίες χαμηλότερες των βέλτιστων τιμών αναστέλλεται η ανάπτυξη των μικροοργανισμών και αυξάνεται η φάση προσαρμογής τους (Fox et al., 2017).

Η περιεκτικότητα του τυριού σε υγρασία με το πέρασμα του χρόνου μειώνεται και προσπαθεί να έρθει σε ισορροπία με την υγρασία του περιβάλλοντος όπου βρίσκεται. Έτσι λοιπόν, μειώνεται και η διαθέσιμη ποσότητα για την ανάπτυξη των μικροοργανισμών,

καθώς το ελάχιστο νερό που περιέχεται στο τυρί χρησιμοποιείται για την ενυδάτωση των πρωτεϊνών (Fox et al., 2017). Σύμφωνα με τους Ruegg και Blanc (1981), κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης των τυριών Gruyere και Emmental παρουσιάστηκε μείωση της a_w περίπου 4,5% και 2,5% αντίστοιχα (Σχήμα 2.6). Ένας λόγος που το ένα τυρί παρουσίασε μεγαλύτερη απώλεια υγρασίας, ίσως είναι το επιφανειακό αλάτισμα, το οποίο προκάλεσε ραγδαία αποβολή νερού ήδη από το αρχικό στάδιο της ωρίμανσης. Μάλιστα όπως διαπιστώθηκε από τον Hardy (1986), φαίνεται πως υπάρχει μια σχεδόν γραμμική σχέση μεταξύ της a_w και της περιεκτικότητας σε αλάτι και συγκεκριμένα ισχύει η σχέση:

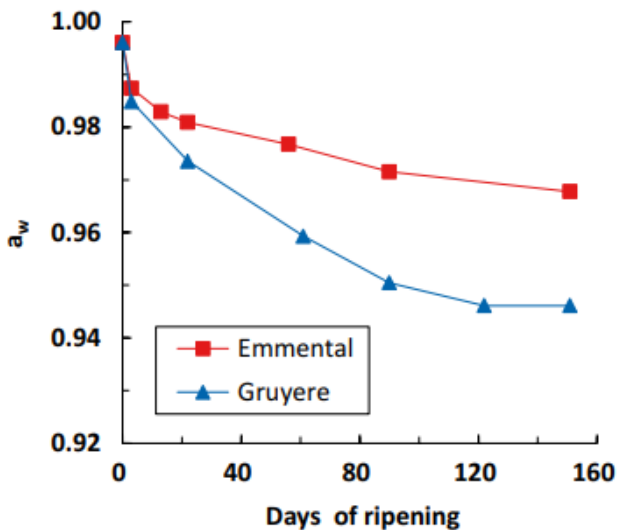
$$a_w = -0,0007x + 1,0042$$

όπου x είναι η ποσότητα του αλάτος (g) ανά 1000g νερού. Αυτό πρακτικά σημαίνει πως με την πάροδο του χρόνου ωρίμανσης, μειώνεται η ενεργότητα ύδατος και ταυτόχρονα αυξάνεται η συγκέντρωση του NaCl, καθώς η ίδια διαλυμένη ποσότητα αλάτος εντοπίζεται σε μικρότερη ποσότητα διαλύτη.

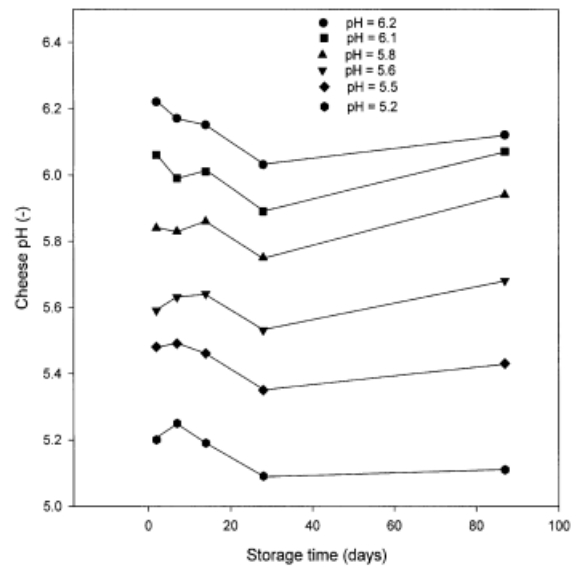
Το οξειδοαναγωγικό φορτίο (Eh) είναι ένας τρόπος μέτρησης της ικανότητας των χημικών και βιοχημικών συστημάτων, να οξειδώνουν ή να προκαλούν αναγωγή. Θετική τιμή συμβολίζει οξειδωμένη κατάσταση και αντίστοιχα η αρνητική την ανηγμένη (Caldeo & McSweeney, 2012). Γενικότερα το τυρί χαρακτηρίζεται από τους Fox et al. (2017) ως ένα αναερόβιο σύστημα, καθώς διαθέτει αρνητικό φορτίο (-250mV) ενώ από την άλλη το αρχικό γάλα έχει Eh=+150mV. Ένας τρόπος προσέγγισης για την μεταβολή αυτή είναι, ο μεταβολισμός της λακτόζης σε γαλακτικό οξύ από την αρχική καλλιέργεια εκκίνησης. Γι' αυτόν τον λόγο κυρίως είναι πιο εύκολο να αναπτυχθούν αναερόβιοι μικροοργανισμοί παρά αερόβιοι, οι οποίοι είναι πιο συχνό να εντοπισθούν, στην επιφάνεια του τυριού.

Σχετικά με την μεταβολή του pH σε ημίσκληρα τυριά, παρατηρήθηκε από τους Watkinson et al. (2001), ότι γενικά σε χαμηλότερες τιμές pH η διάσπαση της α_{s1} -καζεΐνης ήταν ταχύτερη, ίσως επειδή η χυμοσίνη είναι περισσότερο δραστική σε υψηλότερη οξύτητα. Ενώ από την άλλη, όταν παρατηρήθηκε αύξηση του pH λόγω αρχική πρωτεόλυσης, η διάσπαση της β - καζεΐνης ήταν γρηγορότερη, επειδή η πλασμίνη είναι πιο δραστική σε υψηλές τιμές pH. Σύμφωνα με το πείραμα, η αρχική τιμή του pH και για τα 6 δείγματα (πριν την έναρξη της ωρίμανσης), κυμαινόταν από 6,2-5,2, χωρίς να παρουσιάζουν σημαντικές μεταβολές κατά την αποθήκευση. Η μεγαλύτερη πτώση παρατηρήθηκε από την 2^η – 28^η ημέρα, ως αποτέλεσμα του μεταβολισμού της λακτόζης σε γαλακτικό οξύ, ενώ όλη την

υπόλοιπη χρονική περίοδο η οξύτητα μειώθηκε ως αποτέλεσμα κυρίως της πρωτεόλυσης (Σχήμα 2.7).



Διάγραμμα 2 Μεταβολή της a_w κατά την ωρίμανση (Ruegg & Blanc, 1981; Fox et al., 2017).



Διάγραμμα 1 Μεταβολή pH σε ημίσκληρα τυριά κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης (Watkinson et al., 2001).

2.6 Υφή του τυριού

Το τυρί θεωρείται ως ένα ιξωδοελαστικό υλικό και όλα τα χαρακτηριστικά που έχουν να κάνουν με την υφή του είναι ένας συνδυασμός μετρήσιμων ρεολογικών και μηχανικών ιδιοτήτων. Καλείται ιξωδοελαστικό, καθώς κατά την άσκηση μηχανικής ενέργειας ένα μέρος της αποθηκεύεται στο υλικό, αποτελώντας το ελαστικό μέρος, και ένα μέρος της ενέργειας αυτής διασκορπίζεται στο υλικό, αποτελώντας το ιξώδες (Lucey et al., 2003). Καθώς λοιπόν χαρακτηρίζεται ως ιξωδοελαστικό υλικό, ο χρόνος έχει μεγάλο αντίκτυπο στη μηχανική του συμπεριφορά, επηρεάζοντας με αυτόν τον τρόπο τα αποτελέσματα των ρεολογικών πειραμάτων καθώς και τα οργανοληπτικά του χαρακτηριστικά. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι ανάλογα τη διάρκεια της τάσης που εφαρμόζεται στο υλικό, μπορεί να είναι πιο ελαστικό ή πιο ιξώδες (Vliet, 1999). Για παράδειγμα, εάν η πίεση που ασκηθεί σε ένα κομμάτι Camembert είναι για μικρό χρονικό διάστημα, το τυρί συμπεριφέρεται ως ελαστικό, ενώ αν του ασκηθεί τάση για μεγαλύτερο χρόνο αυτό ρέει ακόμα και αν βρίσκεται σε θερμοκρασίες κατάψυξης (Vliet, 1999). Ο

αριθμός, η ισχύς και ο τύπος των δεσμών μεταξύ των καζεϊνών αποτελούν τη βάση των ρεολογικών ιδιοτήτων του τυριού.

Οι ιδιότητες αυτές του τυριού, είναι δείκτες ποιότητας και είναι πολύτιμες για την πρόβλεψη της συμπεριφοράς του (ικανότητα συγκράτησης αερίων, σχηματισμός οπών, ομοιόμορφη δομή χωρίς ρωγμές) σε όλα τα στάδια της παραγωγής, της συσκευασίας, της μεταφοράς και τελικά της διάθεσής του στην αγορά. Συγκεκριμένα σύμφωνα με τους Fox et al., (2017) οι παράγοντες που επηρεάζουν την υφή του τυριού είναι:

- Η σύστασή του, δηλαδή η περιεκτικότητα σε υγρασία, λίπος και πρωτεΐνη
- Η μικροδομή του, η οποία αντιπροσωπεύει την κατανομή των συστατικών στο χώρο, όπως για παράδειγμα της καζεΐνης, των μετάλλων, της λακτόζης και των πεπτιδίων
- Η μακροδομή του, που περιλαμβάνει την αλληλεπίδραση μεταξύ των δομικών συστατικών στον χώρο
- Η φυσικοχημική κατάσταση των συστατικών, δηλαδή η αναλογία του στερεού σε υγρό λίπος που επηρεάζεται από τη θερμοκρασία και ο βαθμός ενυδάτωσης ή υδρόλυσης των πρωτεϊνών

Οι ιδιότητες αυτές μπορούν να μετρηθούν από όργανα, τα οποία ασκούν δυνάμεις τάσεως ή καταπόνησης, υπό καθορισμένες συνθήκες, και καταγράφεται η συμπεριφορά του τυριού. Η συμπεριφορά του τυριού, ως αποτέλεσμα των δυνάμεων αυτών, χαρακτηρίζεται από γενικούς όρους όπως, τη σκληρότητα, συνεκτικότητα, ελαστικότητα, κολλητικότητα κ.α που θα αναλυθούν στην πορεία. Οι όροι αυτοί αφορούν κυρίως τον χαρακτηρισμό του σώματος του τυριού, ενώ για την περιγραφή της υφής χρησιμοποιούνται όροι που αναφέρονται στον αριθμό, τον τύπο, μέγεθος των οπών που μπορούν να παρατηρηθούν οπτικά ή μέσω της αφής (Van Slyke and Price, 1949; Bodyfelt et al., 1981). Ωστόσο είναι πολύ συχνό, οι όροι για το σώμα του τυριού να χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν όλες τις ρεολογικές ιδιότητες και για όλα τα χαρακτηριστικά της υφής (Bourne, 1982).

Γίνεται εύκολα αντιληπτό λοιπόν, πως η υφή του τυριού με την ρεολογία είναι δύο έννοιες που δικαίως είναι στενά συνδεδεμένες μεταξύ τους. Η διαφορά έγκειται στο γεγονός πως η υφή είναι ένα σύνθετο γνώρισμα που προκύπτει από τον συνδυασμό των φυσικών ιδιοτήτων όπως αναγνωρίζονται από την αίσθηση της αφής και της οπτικοακουστικής κατά την κατανάλωση (Brennan 1988; Delahunty and Drake 2004). Η υφή παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην αποδοχή του τυριού από τον καταναλωτή, καθώς πιστεύεται ότι μαζί με αυτή, το

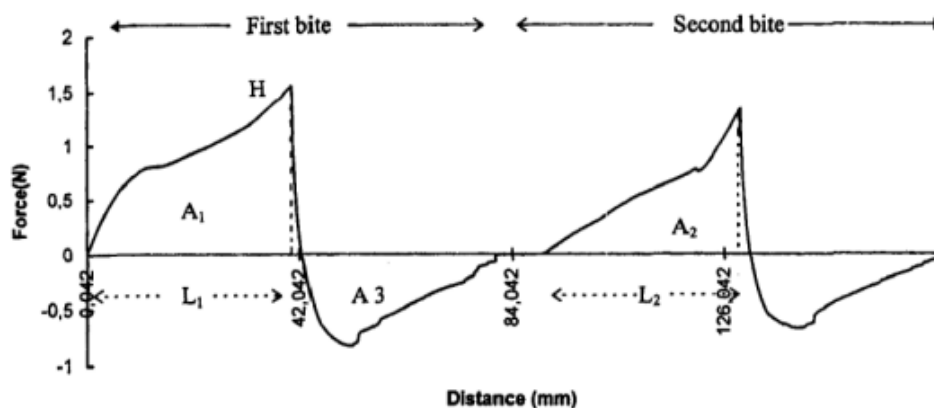
flavor και την εξωτερική εικόνα του προϊόντος αποτελούν βασικά κριτήρια αγοράς. Γι' αυτό τον λόγο λοιπόν επιλέγεται πολλές φορές να γίνεται αξιολόγηση από ειδικά εκπαιδευμένους δοκιμαστές, των 6 ή 12 ατόμων, οι οποίοι χρησιμοποιούν ένα ευρέως αποδεκτό σύστημα όρων (Foegeding και Drake, 2007). Από την άλλη πλευρά, η ρεολογία είναι αυτή που μετρά την αντίδραση του τυριού σε δυνάμεις τάσεως ή καταπονήσεως μέσω ειδικών συσκευών (Fox et al., 2017). Οι ειδικές αυτές συσκευές ονομάζονται αναλυτές υφής και έχουν σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να προσομοιάζουν την δύναμη που δέχεται η τροφή κατά τη μάσηση από το ανθρώπινο στόμα (Szczeniak 1963a; Peleg 1976; Bourne 1978).

Η ανάλυση του προφίλ υφής (Texture Profile Analysis- TPA) αναπτύχθηκε από το General Foods Corporation Technical Centre (1963) για να παρέχει αντικειμενικές μετρήσεις για τις παραμέτρους της υφής. Έχει σχεδιαστεί για να εκτελεί δύο κύκλους μάσησης, και προσομοιάζει, όπως ήδη έχει αναφερθεί, τη συμπεριφορά του ανθρώπινου στόματος κατά τη μάσηση (Trinh et al., 2018). Κατά την διαδικασία της μέτρησης, το δείγμα βρίσκεται στην μία επιφάνεια υπό τη μορφή κύβου ή κυλίνδρου έχοντας επίπεδες πλευρές, και δέχεται δύναμη συμπίεσης από την μια εκ των δύο παράλληλων πλακών. Η δύναμη που ασκείται κατά τη μάσηση καταγράφεται ως συνάρτηση της παραμόρφωσης ή του χρόνου, η μέθοδος αυτή προσδιορίζει την υφή με βάση τα στάδια που συμβαίνουν κατά την μάσηση. Συγκεκριμένα, στη πρώτη φάση όπου το τρόφιμο ακουμπά τα δόντια, ο άνθρωπος αναγνωρίζει τα πιο βασικά χαρακτηριστικά του τροφίμου, όπως τη σκληρότητα, την ευθραυστότητα και το ιξώδες. Στη συνέχεια της μάσησης, η τροφή τεμαχίζεται και με τη βοήθεια του σάλιου παίρνει το κατάλληλο σχήμα για την κατάποση, σε αυτό το στάδιο λοιπόν το άτομο μπορεί να αναγνωρίσει την μασητικότητα, τη συγκολλητικότητα και το κολλώδες.

Πίνακας 7 Βασικές παράμετροι κατά την ανάλυση του προφίλ υφής- TPA (Bourne 1968, Trinh et al., 2012, Λάζου, 2019)

Παράμετρος	Ορισμός	Μέτρηση	M.M
Ευθραυστότητα/ Fracturability	Η δύναμη που προκαλεί 1 ^η σημαντική θραύση	Η δύναμη της 1 ^η κορυφής, στη 1 ^η συμπίεση (F ₀)	Newton (N)
Σκληρότητα/ Hardness	Η μέγιστη δύναμη που χρειάζεται για μια προκαθορισμένη παραμόρφωση	Η μέγιστη δύναμη της 1 ^{ης} συμπίεσης (F ₁)	Newton (N)
Κολλώδες/ Adhesiveness	Το έργο δύναμης ώστε να ξεπεράσει τη δύναμη μεταξύ του τροφίμου	Το εμβαδό της αρνητικής κορυφής, μετά τη 1 ^η συμπίεση (A ₃).	Joule (J)

	και της άλλης επιφάνειας		
Συνεκτικότητα/ Cohesiveness	Το μήκος των εσωτερικών δεσμών του τροφίμου	Η αναλογία του εμβαδού της 2 ^{ης} κορυφής προς της 1 ^{ης} (A_2/A_1)	Αδιάστατη
Ελαστικότητα/ Springness	Τιμή που το παραμορφωμένο τρόφιμο επιστρέφει στην αρχική κατάσταση μετά την διακοπή της συμπίεσης	Η αναλογία της απόστασης κατά τη 2 ^η συμπίεση προς αυτή της 1 ^{ης} (D_2/D_1)	Αδιάστατη
Κομμιώδες / Gumminess	Η δύναμη που απαιτείται για να διαλυθεί ένα ημιστερεό τρόφιμο πριν την κατάποση	Γινόμενο της Σκληρότητας επί της Συνεκτικότητας	Newton (N)
Μασητικότητα/ Chewiness	Η δύναμη που απαιτείται για να διαλυθεί ένα στερεό τρόφιμο πριν την κατάποση	Γινόμενο της Σκληρότητας, επί της Συνεκτικότητας, επί της Ελαστικότητας	Newton (N)



Διάγραμμα 3 Τοπική καμπύλη ανάλυσης υφής για τυρί (Stachtiaris & Kaminarides, 2000)

Ο υπολογισμός των ιδιοτήτων υφής του τυριού πραγματοποιείται με βάση την καμπύλη ανάλυσης υφής, όπως φαίνεται αυτή παραπάνω, που προκύπτει κατά την δοκιμή. Με λίγα λόγια κάποιες από τις παραμέτρους που λαμβάνονται είναι:

- H_1 : Σκληρότητα 1 (N)
- H_2 : Σκληρότητα 2 (N)
- A_1 : Το έργο που απαιτείται για την πρώτη συμπίεση, ώστε το δείγμα να παραμορφωθεί κατά 80% (J)

- A₂: Το έργο που απαιτείται για την δεύτερη συμπίεση (J)
- A₃: Κολλώδες, το έργο που απαιτείται ώστε το δείγμα να ξεκολλήσει από τον καθετήρα και έχει αρνητικές τιμές (J)
- L₁:Μέγιστη διαδρομή του καθετήρα (mm)
- L₂: Η απόσταση της πάνω επιφάνειας του παραμορφωμένου δείγματος (mm)

Οι ορισμοί των παραμέτρων που αναφέρθηκαν (Πίνακας 2.3) είναι εμπειρικοί και αυτό έχει ως αποτέλεσμα την κυκλοφορία διαφορετικών ερμηνειών. Σύμφωνα με την Λάζου (2019),η Σκληρότητα (Hardness) είναι η μέγιστη δύναμη κατά την πρώτη συμπίεση και εξαρτάται άμεσα από το μέγεθος της επιφάνειας επαφής μεταξύ του δοκιμίου και του καθετήρα σε συνδυασμό με το ποσοστό της συμπίεσης. Με λίγα λόγια δηλαδή, έχει να κάνει με την αντοχή του δικτύου της πηκτής.

Η Ευθραυστότητα (Fracturability) ορίζεται ως τη δύναμη που προκαλεί το πρώτο αρχικό σπάσιμο στη καμπύλη στην αρχή είχε οριστεί ως ευθραυστότητα και είναι σχετικά εύκολο να παρατηρηθεί οπτικά, καθώς το δείγμα παρουσιάζει θραύση και το γεγονός αυτό σχετίζεται άμεσα με τη μακροδομή του δείγματος.

Το Κολλώδες (Adhesiveness) όπως έχει αναφερθεί αποτελεί το αρνητικό έργο μεταξύ της πρώτης και δεύτερης συμπίεσης, αντιπροσωπεύοντας το πόσο κολλώδες ή κολλητικό είναι ένα μέσο και συνήθως στην περίπτωση των τυριών, προσκολλώνται πάνω στην κεφαλή του οργάνου.

Στη συνέχεια, η Συνεκτικότητα (Cohesiveness) ορίστηκε προηγουμένως ως το πηλίκο του εμβαδού της επιφάνειας κατά τη δεύτερη συμπίεση, προς το αντίστοιχο εμβαδό κατά τη πρώτη συμπίεση. Πρακτικά, αυτό εκφράζει τη συνολική ενέργεια που χρειάζεται για να πραγματοποιηθεί η μάσηση, δηλαδή όταν κλείνουν και ανοίγουν οι σιαγόνες (Friedman et al., 1963, Trinh et al., 2012).

Σχετικά με την Ελαστικότητα (Springiness), ορίστηκε από τους Trinh et al., 2012, πως αποτελεί μια παράμετρο χωρίς μονάδες μέτρησης και υπολογίζεται με την απόσταση L₂ που μετρά την απόσταση πάνω από την επιφάνεια του συμπιεσμένου δείγματος κατά τη δεύτερη συμπίεση, προς την απόσταση L₁ που είναι η μεγαλύτερη απόσταση του καθετήρα που έχει οριστεί από τον χρήστη που οργάνου.

Επίσης το Κομμώδες (Gumminess) που αποτελεί γινόμενο της Σκληρότητας επί της Συνεκτικότητας, παράλο που δηλώνει δύναμη στην πραγματικότητα εκφράζει την ενέργεια που χρειάζεται για να τεμαχισθεί το ημιστερέο τρόφιμο, ώστε να περάσει στην κατάποση.

Τέλος, η παράμετρος της Μασητικότητας (Chewiness) που ορίστηκε ως το γινόμενο της Σκληρότητας επί της Συνεκτικότητας, επί της Ελαστικότητας, εκφράζει την ενέργεια που χρειάζεται ώστε το στερεό, αυτή τη φορά, τρόφιμο να τεμαχισθεί ώστε αμέσως μετά να προχωρήσει σε κατάποση. Μάλιστα σύμφωνα με τον Szczesniak (1963), η Μασητικότητα μπορεί να θεωρηθεί ως ο χρόνος που απαιτείται ώστε το τρόφιμο να λάβει τον κατάλληλο βαθμό συνεκτικότητας πριν την κατάποση, αν για ένα μάσημα χρειάζεται 1 δευτερόλεπτο.

3. Σκοπός της Εργασίας

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η μελέτη και ο προσδιορισμός των μεταβολών της σύστασης και της δομής του σκληρού τυριού Γραβιέρα Κρήτης, που λαμβάνουν χώρα κατά την διαδικασία της ωρίμανσης. Για τον προσδιορισμό των μεταβολών αυτών εφαρμόστηκαν κυρίως ενόργανες μέθοδοι ανάλυσης και τα αποτελέσματα αυτών, μελετήθηκαν συγκριτικά και πραγματοποιήθηκε στατιστική επεξεργασία, ώστε να εντοπισθεί η πιθανή συσχέτιση μεταξύ των παραμέτρων και των ιδιοτήτων του τυριού που καθορίζουν τις φυσικοχημικές αλλαγές κατά την ωρίμανση. Συνοπτικά, οι αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν είναι οι εξής:

1. Προσδιορισμός περιεχόμενου λίπους, πρωτεΐνης, υγρασίας, αλατοπεριεκτικότητας και ολικών στερεών.
2. Μέτρηση χρώματος βάση του χρωματικού μοντέλου CIE L*, a*, b*.
3. Ανάλυση Προφίλ Υφής (TPA).

4. Υλικά και Μέθοδοι

Η παραλαβή των πρώτων 6 (Σ_1 - Σ_6) δειγμάτων έγινε μέσα Οκτωβρίου του 2022 και των υπόλοιπων 3 (Σ_7 - Σ_9) στις αρχές Φεβρουαρίου του 2023. Τα δείγματα της Γραβιέρας Κρήτης ΠΟΠ παρασκευάστηκαν από το τυροκομείο Στειακάκης, στο Ηράκλειο Κρήτης. Παρακάτω φαίνεται ο τρόπος κωδικοποίησης, που σχετίζεται με τους μήνες ωρίμανσης των δειγμάτων.

Πίνακας 8 Τρόπος κωδικοποίησης δειγμάτων Γραβιέρας.

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΗΜ/ΝΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	Ωρίμανση (σε μήνες)
Σ_1	2016	84
Σ_2	25/10/2019	36
Σ_3	25/4/2020	30
Σ_4	28/6/2020	28
Σ_5	6/6/2021	16
Σ_6	1/3/2022	7
Σ_7	31/5/2022	5
Σ_8	25/12/2022	1
Σ_9	15/1/2023	0,5

4.1 Μέτρηση φυσικοχημικών παραγόντων

Όπως γίνεται ξεκάθαρο από των Κώδικα Τροφίμων και Ποτών, υπάρχουν καθορισμένα όρια υγρασίας και λιποπεριεκτικότητας που πρέπει να τηρεί το εκάστοτε τυρί,

καθώς μέσω αυτών των χαρακτηριστικών γίνεται η ταξινόμησή του. Επομένως, είναι πολύ σημαντικό να διενεργούνται έλεγχοι όχι μόνο για την κατάταξή του, αλλά και για την διερεύνηση της ποιότητάς του, άρα και των συνθηκών κάτω από τις οποίες παρασκευάστηκε.

4.1.1 Φασματοφωτομετρία Εγγύς Υπερύθρου (NIR)- FoodScan

Η τεχνολογία FoodScan έχει ως αρχή τη διαπερατότητα εγγύς υπέρυθρης ακτινοβολίας (Near Infrared Transmittance-NIT), η οποία είναι ιδιαίτερα εφαρμόσιμη στην ανάλυση των γαλακτοκομικών προϊόντων. Η απορρόφηση της ακτινοβολίας χαρακτηρίζεται από συχνότητες 4000 έως 14.000cm^{-1} και βασίζεται στην αρχή ότι οι διαφορετικοί χημικοί δεσμοί στην οργανική ύλη απορροφούν ή εκπέμπουν φως διαφορετικών μηκών κύματος όταν το δείγμα τροφίμου ακτινοβολείται. Λόγω της πολυπλοκότητας της δομής του τροφίμου, εντοπίζονται οι πιο εμφανείς ζώνες απορρόφησης

που έχουν να κάνουν με τις δονήσεις των μορίων που αποτελούνται από ορισμένες λειτουργικές ομάδες με βάση το υδρογόνο, όπως για παράδειγμα οι O-H, C-H, C-O και N-H. Τα περίπλοκα μόρια όπως αυτά των πρωτεϊνών, παρουσιάζουν διάφορες δονήσεις και δεσμούς που μπορούν να ενωθούν και να καταλήξουν σε δύο πιθανά μοτίβα δονήσεων, είτε κάμψεως είτε τάσεως. Με αυτόν τον τρόπο λοιπόν, η απορρόφηση συγκεκριμένων οργανικών μορίων στην περιοχή του NIR μπορεί να δείξει τη χημική σύνθεση του δείγματος (Williams & Sobering, 1996; Zareef et al., 2020). Το όργανο που χρησιμοποιήθηκε ήταν το FoodScan Lab 78810 (Foss Analytical, Hillerod, Denmark) και από κάθε δείγμα λαμβανόταν αντιπροσωπευτική ποσότητα τριμμένου τυριού.



Εικόνα 1 Foss FoodScan Lab

Πηγή:

<https://scancotec.com/en/products/foodscan-analizador-para-lacteos/>

4.1.2 Μέτρηση Χρώματος

Ο προσδιορισμός του χρώματος έγινε με τη χρήση του χρωματόμετρου τριπλής διέγερσης (CR400 Konica Minolta Inc., Tokyo, Japan). Το συγκεκριμένο όργανο διαθέτει μία λαβή όπου στο άκρο της εντοπίζεται η κεφαλή μέτρησης με μέγεθος 8 mm και διαθέτει επεξεργαστή με μνήμη 300 μετρήσεις. Επίσης χρησιμοποιείται φωτισμός διάχυσης και η οπτική του γωνία είναι η 0° , επιτυγχάνοντας με αυτό τον τρόπο μεγάλη ακρίβεια κατά την μέτρηση. Η βαθμονόμηση του οργάνου γινόταν κάθε φορά πριν την μέτρηση με μία λευκή κεραμική πλάκα με χρωματικές παραμέτρους: $L^* = 97,83$, $a^* = -0,45$ και $b^* = 1,88$.

Για την μέτρηση των χρωματικών παραμέτρων των δειγμάτων Γραβιέρας, χρησιμοποιήθηκε το χρωματικό σύστημα CIELab, μέσω του οποίου η φωτεινότητα συμβολίζεται με το L^* , η πράσινη-κόκκινη απόχρωση με a^* και το b^* αποτελεί την μπλε-κίτρινη απόχρωση. Πρόσθετη παράμετρος είναι η χροιά του χρώματος (h), που έχει να κάνει με την απόχρωση του δείγματος (h), και η οποία μπορεί να λάβει τιμές από 0° για το κόκκινο-πορφυρό, 90° για το κίτρινο, 180° για το γαλαζοπράσινο και 270° για το μπλε. Τα δείγματα της Γραβιέρας μετρήθηκαν όλα σε 9 διαφορετικά σημεία της επιφάνειάς τους και στη συνέχεια συσκευάστηκαν υπό κενό, με την ταυτόχρονη συντήρησή τους στο ψυγείο μέχρι την επόμενη τους ανάλυση.

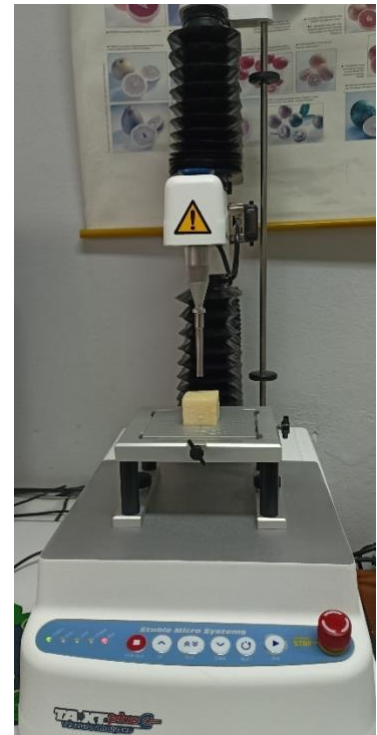


Εικόνα 2 Χρωματόμετρο CR400 Konica Minolta

Πηγή: <https://www.dstech.com.my/konica-minolta-chroma-meter-cr-400/>

4.1.3 Ανάλυση προφίλ υφής (Texture Profile Analysis-TPA)

Για την ανάλυση των ιδιοτήτων υφής των δειγμάτων της Γραβιέρας Κρήτης, χρησιμοποιήθηκε ο αναλυτής υφής (TA-XtplusC, Stable Micro Systems, Godalming, UK) και η εξαγωγή των αποτελεσμάτων έγινε μέσω κατάλληλου λογισμικού, συνδεδεμένο με το όργανο. Πριν την δοκιμή έγινε καλιμπράρισμα του οργάνου με ένα βαρίδιο των 2kg. Στη συνέχεια, κάθε δείγμα κόπηκε σε διαστάσεις 2,5x2,5x3,0 cm και δέχτηκε διπλή επαναλαμβανόμενη συμπίεση από δύο σειρές μετρήσεων. Οι συνθήκες του πειράματος έγιναν με βάση τη δοκιμή των Chien et al. (1979) και ακολούθησαν μικρές τροποποιήσεις. Αρχικά η διάμετρος του κυλίνδρου ήταν 6mm και η ταχύτητα καθόδου και ανόδου του ορίστηκε στα 5mm/s, με τον κύλινδρο να διεισδύει στο δείγμα με ταχύτητα 1mm/s κατά 76,4% , δηλαδή κατά 1,91 cm. Κατά την πραγματοποίηση του πειράματος, τα δείγματα είχαν θερμοκρασία περίπου μεταξύ 6-8 °C και μέσα στο ψυγείο ήταν συσκευασμένα ώστε να μην υπάρξει απώλεια υγρασίας.



Εικόνα 3 Αναλυτής υφής δείγματος (TA-XtplusC, Stable Micro Systems)

4.2 Στατιστική ανάλυση

Ο στατιστικός έλεγχος έγινε με βασικό στόχο να μελετηθεί ο τρόπος μεταβολής των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών της Γραβιέρας Κρήτης κατά τη διάρκεια της διάρκειας ωρίμανσης. Πιο συγκεκριμένα για το χρωματικό μοντέλο CIELab (L^* , a^* , b^*)

πραγματοποιήθηκε μονόδρομη ανάλυση διακύμανσης (one-way ANOVA) με επίπεδο σημαντικότητας 0,05, και στη συνέχεια έγινε ανάλυση post hoc (Benferroni), ώστε να εντοπιστεί μεταξύ ποιων δειγμάτων υπάρχει σημαντικά στατιστική διαφορά. Στη συνέχεια, προκειμένου να διερευνηθεί η σχέση επίδρασης του χρόνου στη σύσταση του τυριού, εξετάστηκε η μεταβολή της υγρασίας (%), του λίπους (%), του ποσοστού πρωτεϊνών και των ιδιοτήτων υφής, όπως τη σκληρότητα και την ελαστικότητα με την ανάλυση διακύμανσης. Μάλιστα για να εντοπισθεί η πιθανή συσχέτιση μεταξύ των φυσικοχημικών και των ιδιοτήτων υφής του τυριού εφαρμόστηκε ο συντελεστής συσχέτισης Pearson, μέσω του οποίου καθορίζεται η θετική ή αρνητική συσχέτιση των δύο συγκρινόμενων παραγόντων. Η στατιστική επεξεργασία και ανάλυση εκτελέστηκε με την χρήση του λογισμικού Microsoft Excel (2021).

5. Αποτελέσματα και Συζήτηση

5.1 Φυσικοχημικές παράμετροι

5.1.1 Χρωματικές παράμετροι

Στον παρακάτω Πίνακα 5.1 φαίνεται η μεταβολή των χρωματικών παραμέτρων (L^* , a^* , b^* , h) για τα δείγματα Γραβιέρας, και ποια από αυτά παρουσιάζουν σημαντική στατιστική διαφορά

($P < 0,05$). Συγκεκριμένα για την παράμετρο της φωτεινότητας (L^*), για τα δείγματα 7,8,9 όπου οι μήνες ωρίμανσης ήταν από 0,5-5, παρατηρήθηκαν πολύ μικρές μεταβολές της τάξεως 1,21%. Για τους επόμενους μήνες ωρίμανσης η φωτεινότητα συνεχώς μειωνόταν, με το δείγμα 6 (7 μήνες ωρίμανσης) να παρουσιάζει σχετικά απότομη μείωση του παράγοντα L^* , από 76 σε 70. Τα δείγματα τυριού με κοντινούς μήνες ωρίμανσης (16-28-30) παρουσίαζαν μειωμένη μεν φωτεινότητα αλλά δεν διέφεραν σημαντικά. Η μείωση της φωτεινότητας οφείλεται κυρίως στην μείωση της υγρασίας που συμβαίνει με εντονότερο ρυθμό κατά τους πρώτους μήνες ωρίμανσης. Ταυτόχρονα όμως, με την έντονη πρωτεόλυση είναι δυνατόν να προκληθεί αύξηση της φωτεινότητας ακόμη και σε τυριά μεγαλύτερης ωρίμανσης, το φαινόμενο αυτό παρατηρήθηκε στο δείγμα ωρίμανσης 7 ετών, το οποίο φαίνεται να είναι φωτεινότερο από το δείγμα ωρίμανσης 36 μηνών κατά 24,4%. Αυξημένη φωτεινότητα σε μεγάλης ωρίμανσης τυριά μπορεί να αποδοθεί στη λαμπερή επιφάνειά τους λόγω αυξημένης λιπαρότητας (Fernades et al., 2017). Παρόμοια αποτελέσματα είχε και η έρευνα των Marchesini et al., (2016) κατά την μελέτη των χρωματικών αλλαγών του σκληρού τυριού Asiago, το οποίο παρουσίασε σχεδόν γραμμική σχέση της φωτεινότητας με τον χρόνο ωρίμανσης. Αντιστοίχως κατά την έρευνα των D’Incecco et al., (2020), για το τυρί Parmigiano Reggiano η διαφορά στη φωτεινότητα μειώθηκε σημαντικά μετά τον 30^ο μήνα ωρίμανσης από 76 σε 70.

Πίνακας 9 Χρωματικοί παράμετροι της Γραβιέρας Κρήτης κατά την ωρίμανση.

Δείγμα	Μήνες Ωρίμανσης	L^*	a^*	b^*	h
1	84	64,167 ± 4,656a	-2,302 ± 0,169ab	15,463 ± 0,731a	98,51 ± 2,865a
2	36	51,152 ± 1,452b	-2,237 ± 0,148a	9,900 ± 0,958b	102,726 ± 3,732bc
3	30	58,614 ± 8,805c	-2,782 ± 0,053bc	13,753 ± 0,801c	101,464 ± 1,249b
4	28	59,274 ± 4,751c	-3,168 ± 0,269cd	12,093 ± 0,257d	104,661 ± 5,039bcdf
5	16	60,211 ± 5,610c	-3,577 ± 0,062de	12,561 ± 2,577cd	106,126 ± 7,0371cdf
6	7	70,969 ± 6,471d	-3,809 ± 0,009e	11,926 ± 0,832d	107,784 ± 1,811d
7	5	76,767 ± 1,571e	-4,156 ± 0,0075f	13,582 ± 0,116c	107,004 ± 0,686de
8	1	77,138 ± 0,708e	-3,783 ± 0,236def	12,964 ± 2,349cd	106,259 ± 0,271df
9	0,5	77,760 ± 1,652e	-3,858 ± 0,249def	13,539 ± 2,501cd	105,890 ± 0,103f

*Τα αποτελέσματα αφορούν τον μέσο όρο ± τυπική απόκλιση (n=9). Διαφορετικά γράμματα μετά από κάθε τιμή υποδεικνύουν στατιστικά σημαντική διαφορά ($P < 0,05$ σύμφωνα με το Benferroni test).

Όσον αφορά την παράμετρο a^* που έχει να κάνει ουσιαστικά με το χρώμα πράσινο (όταν παίρνει αρνητικές τιμές) και με το χρώμα κόκκινο (όταν έχει θετικές τιμές), παρατηρήθηκε πως με το πέρασμα του χρόνου, τα τυριά αποκτούν λιγότερο κοκκινωπό

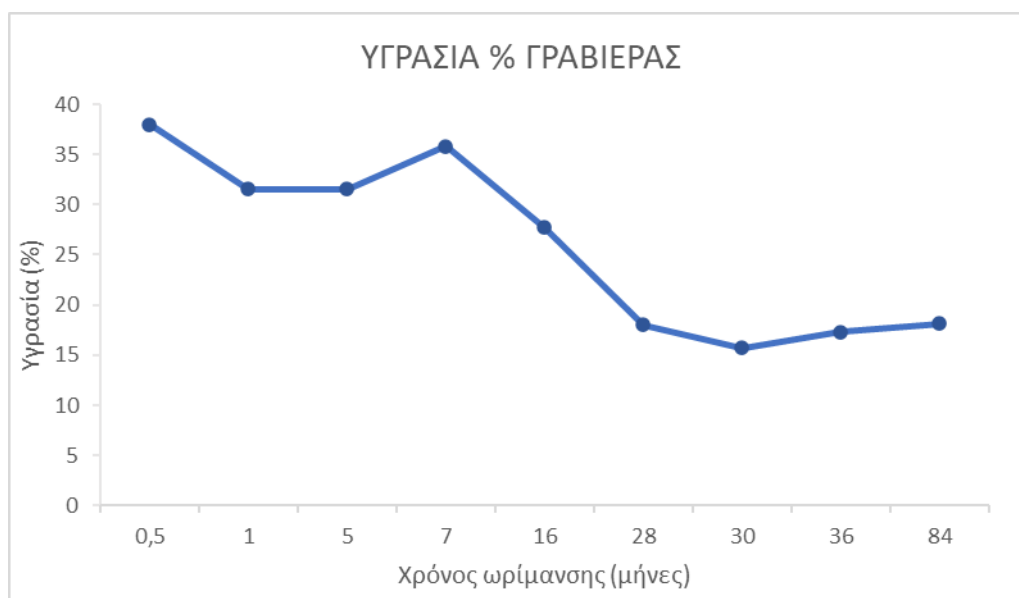
χρώμα και γίνονται πιο ουδέτερα ή πρασινωπά. Δηλαδή, η τιμή a^* παρουσιάζει αύξηση κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης με την πιο έντονη μεταβολή να παρουσιάζεται στα δείγματα με χρόνο ωρίμανσης από 7-36 μήνες. Συγκεκριμένα η τιμή a^* από τον 30^ο μήνα ωρίμανσης στον 36^ο αυξήθηκε κατά 19,6%. Ενώ για τα δείγματα 4 και 3, για διάστημα μόλις 2 μηνών η a^* αυξήθηκε κατά 12,2%. Η μεταβολή αυτή πιθανόν να οφείλεται στην αφυδάτωση του τυριού σε συνδυασμό με εκτεταμένες αντιδράσεις καταβολισμού όπως τη λιπόλυση, η οποία είναι αρκετά αυξημένη στα τυριά μεγάλης ωρίμανσης.

Επιπλέον η παράμετρος b^* που οι θετικές τιμές συμβολίζουν το κίτρινο χρώμα και οι αρνητικές τιμές το μπλε, παρουσίασε μια όχι τόσο διακριτή μείωση ή αύξηση με τα περισσότερα δείγματα (3-9) να μην παρουσιάζουν σημαντικά στατιστική διαφορά ($P>0,05$). Οι τιμές της b^* είναι θετικές αλλά όχι τόσο υψηλές όσο θα περιμέναμε, καθώς το εύρος τιμών που μπορεί να λάβει η παράμετρος είναι από -127 έως +127 και οι περισσότερες στην προκειμένη περίπτωση ήταν κάτω από 20. Σε μερικά δείγματα όπως αυτό των 7 ετών ωρίμανσης, η μεγαλύτερη τιμή $b^*=15,46$ που παρουσίασε ενδέχεται να οφείλεται στην ελαφρώς καφετί χροιά που προκαλείται κατά την ωρίμανση. Σύμφωνα με την βιβλιογραφία, οι Fernandes et al., (2017) κατά την ανάλυση του σκληρού τυριού Serrana με ωρίμανση από 12-24, παρατήρησαν ταυτόχρονη αύξηση της a^* και της b^* . Ενώ από την άλλη πλευρά, οι Marchesini et al., (2016) με το σκληρό τυρί Asiago, εντόπισαν μείωση της a^* για τον πρώτο χρόνο και ταυτόχρονη μείωση της b^* για τους αρχικούς 18 μήνες ωρίμανσης. Οι προαναφερθείσες διαφορές, ίσως οφείλονται στη διαφορετική προέλευση και αναλογία της πρώτης ύλης που παράγεται το τυρί, στην διαφορετική σύστασή τους, στον τρόπο τυροκόμησης και φυσικά στο βαθμό της λιπόλυσης και πρωτεόλυσης.

Όσον αφορά την χροιά του χρώματος h είναι μία ένδειξη για τον κίτρινο χαρακτήρα του δείγματος και συγκεκριμένα η γωνία των 90^ο αντιπροσωπεύει την κίτρινη χροιά. Με την αύξηση πέρα της τιμής αυτής, το χρώμα αποκτά μία πιο ανοιχτή κίτρινη προς πράσινη χροιά. Σύμφωνα με τον Πίνακα 5.1, οι τιμές της χροιάς για τα δείγματα της Γραβιέρας παρουσίασαν μείωση με την αύξηση της ωρίμανσης, με την μικρότερη τιμή να έχει το δείγμα 7 ετών ($h=98,51$) παρουσιάζοντας πρακτικά πιο κίτρινο και συγχρόνως σκουρότερο χρώμα, σε αντίθεση με τα λιγότερης ωρίμανσης που διέθεταν πιο ανοιχτή κίτρινη προς πράσινη εμφάνιση. Παρομοίως συμβαίνει και κατά την ωρίμανση του τυριού Parmigiano Reggiano, το οποίο σύμφωνα με τους D'Incecco et al., (2020) η χροιά των δειγμάτων μειωνόταν με το πέρασμα της ωρίμανσης, με τη διαφορά ότι η παράμετρος h παρουσίαζε τιμές από 80-90^ο, δηλαδή πρακτικά είχαν πιο κίτρινο χρώμα.

5.1.2 Υγρασία

Στο παρακάτω γράφημα φαίνεται ποιοτικά η μεταβολή της υγρασίας (%) κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης, ενώ παρουσίασε σημαντικά στατιστική διαφορά μεταξύ των δειγμάτων ($P < 0,05$). Όπως φαίνεται, αρχικά κατά τους 3 πρώτους μήνες ωρίμανσης, η υγρασία μειώνεται κατά 17%, ενώ κατά τον 7^ο μήνα παρατηρείται ελαφρώς μία αύξηση 14% που ενδεχομένως να οφείλεται σε σφάλματα κατά την διαχείριση του δείγματος, όπως για παράδειγμα η ωρίμανση του δείγματος σε περιβάλλον υψηλότερης υγρασίας ή ακόμα να οφείλεται στην διαφορετική σύσταση του γάλακτος. Μετά, για τους υπόλοιπους 23 μήνες η ποσότητα της υγρασίας συνεχώς μειώνεται με αρχική υγρασία 35,8% και τελική 15,7%. Όσον αφορά τα παλαιότερα δείγματα 4-7 ετών η υγρασία παρέμεινε σε σταθερά επίπεδα, με ελάχιστες μεταβολές της τάξεως 4,9% καθώς είχε επιτευχθεί η εξισορρόπησης υγρασίας μεταξύ των δειγμάτων και του περιβάλλοντα χώρου.



Διάγραμμα 4 Μεταβολή της υγρασίας (%) κατά την ωρίμανση της Γραβιέρας Κρήτης.

Τα αποτελέσματα συμφωνούν με αυτά των Pappa et al., (2021) σχετικά με το σκληρό τυρί Κεφαλοτύρι, το οποίο παρουσίασε τη μεγαλύτερη αποβολή υγρασίας μεταξύ της 5^{ης} και 60^{ης} ημέρας εξαιτίας της μεγάλης συναίρεσης του τυριού. Ταυτόχρονα, σύμφωνα με τους D'Incecco et al., (2020) για το τυρί Parmigiano Reggiano, ισχύει ότι η υγρασία μειώνεται κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης, ωστόσο παρατηρείται μεγάλη διαφορά στο ποσό της αποβαλλόμενης υγρασίας. Πιο συγκεκριμένα, για το διάστημα 18-40 μηνών η Parmigiano έχασε μόλις 9,2% υγρασία ενώ για το αντίστοιχο χρονικό διάστημα η Γραβιέρα Κρήτης απέβαλλε 60%. Φυσικά η μεγάλη αυτή διαφορά οφείλεται στο γεγονός πως τα τυριά αυτά προέρχονται από διαφορετικό γάλα (Parmigiano Reggiano από νωπό αγελαδινό γάλα και η

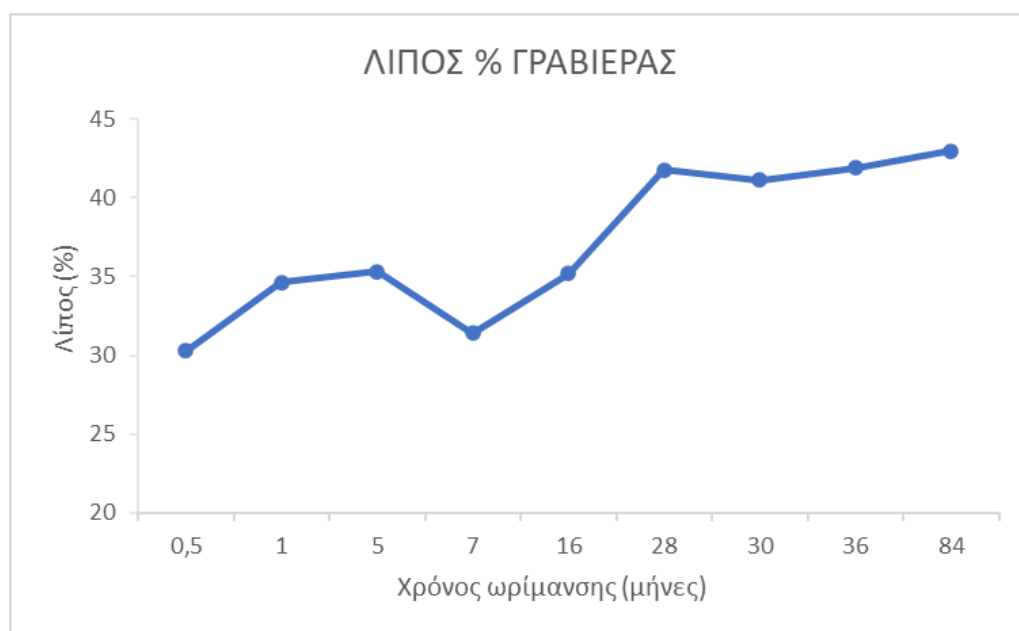
Γραβιέρα Κρήτης από μείγμα παστεριωμένου πρόβειου και γίδινου), αλλά και στον τρόπο τυροκόμησης όπως για παράδειγμα κατά την πίεση/στράγγιση του τυροπήγματος. Αξιοσημείωτα είναι επίσης τα αποτελέσματα των Ταστάνη και Τσίγκα (2018), όπου η μεταβολή της υγρασίας της Γραβιέρας Μυτιλήνης από τον 1^ο έως τον 5^ο μήνα ήταν 12,9%, ενώ στην προκειμένη περίπτωση ήταν 20,6%. Η διαφορά αυτή έγκειται στο γεγονός πως η μεταβολή της υγρασίας για τη Γραβιέρα Μυτιλήνης αναφέρεται σε τυριά ίδιας παρτίδας αλλά διαφορετικού χρόνου ωρίμανσης, ενώ στην παρούσα εργασία όλα τα δείγματα είναι διαφορετικής παρτίδας. Έτσι και σε συνδυασμό με την διαφορετική γεωγραφική προέλευση του τυριού και τον τρόπο τυροκόμησής του, είναι πιθανές τέτοιες αποκλίσεις.

Όπως έχει αναφερθεί αρχικώς, σύμφωνα με τον ΚΤΠ η Γραβιέρα Κρήτης πρέπει να έχει μέγιστη υγρασία 38% ώστε να χαρακτηρίζεται σκληρό τυρί. Γνωρίζοντας ταυτόχρονα ότι η το τυρί αυτό απαιτεί ελάχιστη ωρίμανση 3 μήνες, μπορούμε να αποφανθούμε για την τήρηση των ελαχίστων ορίων υγρασίας. Όλα τα δείγματα με χρόνο ωρίμανσης >3 μήνες διαθέτουν εύρος υγρασίας 35,8-15,74%, επομένως συμμορφώνονται με την νομοθεσία. Από την άλλη πλευρά όμως, σύμφωνα με το γενικό Standard του Codex Alimentarius τα συγκεκριμένα τυριά επειδή διαθέτουν υγρασία <51% κατατάσσονται στην κατηγορία των πολύ σκληρών τυριών.

5.1.3 Λίπος

Είναι πλέον γνωστό ότι κατά την ωρίμανση λαμβάνει χώρα η αντίδραση της λιπόλυσης, κατά την οποία τα FFA απελευθερώνονται και συμβάλλουν άμεσα στη γεύση του τυριού και μάλιστα πολύ περισσότερο όταν τα λιπαρά αυτά οξέα είναι βραχέας ή μεσαίας αλυσίδας (Bills & Day, 1964). Όπως μπορεί να παρατηρηθεί στο διάγραμμα 5.2 , το λίπος % του τυριού αυξάνεται με παρόμοιο τρόπο όπως μειώνεται η υγρασία του παρουσιάζοντας σημαντικά στατιστική διαφορά μεταξύ των δειγμάτων ($P < 0,05$). Πιο συγκεκριμένα, για τους 3 πρώτους μήνες το λίπος αυξάνεται κατά 16,4% , ενώ τον 7^ο μήνα παρατηρείται – όπως και στην περίπτωση της υγρασίας- μία αλλαγή στον τρόπο μεταβολής. Δηλαδή μειώνεται κατά 11,2% σε διάστημα 2 μηνών. Η διαφορά αυτή ίσως προκύπτει επειδή , όπως έχει αναφερθεί τα δείγματα είναι διαφορετικής παρτίδας, άρα προέρχονται και από γάλα διαφορετικής γαλακτικής περιόδου. Επομένως, η σύσταση του γάλακτος σε λίπος διαφέρει και πιθανόν αυτό του δείγματος 5 να είναι πλουσιότερο σε λιπαρά. Μετά τους 7 μήνες και μέχρι τον 28^ο μήνα η λιποπεριεκτικότητα του τυριού αυξήθηκε κατά 33,1%, ενώ για τους επόμενους 56 μήνες οι μεταβολές ήταν πολύ μικρές της τάξεως 2,9%. Το

αλληλένδετο μοτίβο μεταβολής της υγρασίας και την λιποπεριεκτικότητας έχει παρατηρηθεί και από τους Kandarakis et al., (1998) .



Διάγραμμα 5 Μεταβολή της λιποπεριεκτικότητας (%) της Γραβιέρας κατά την ωρίμανση.

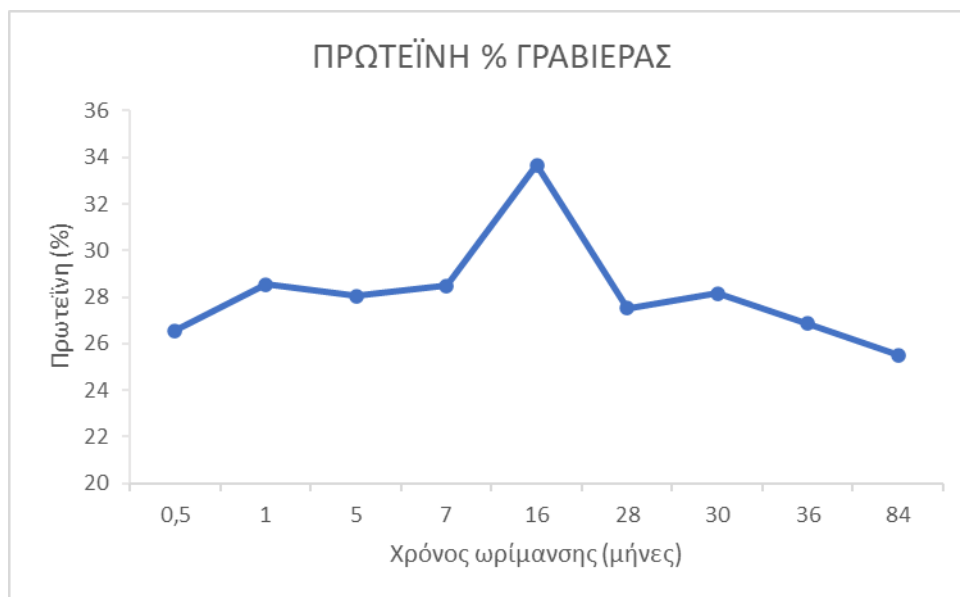
Τα αποτελέσματα είναι σύμφωνα με τους Macedo et al., (1996), που αναφέρουν πως κατά την ωρίμανση επιτυγχάνεται αύξηση των λιπαρών και των αμινοξέων, λόγω της λιπόλυσης και πρωτεόλυσης αντίστοιχα. Η αύξηση των λιπαρών κατά την ωρίμανση εντοπίστηκε και από τους Bontinis et al., (2012), οι οποίοι μελέτησαν τις βιοχημικές μεταβολές που δέχεται το Ξινοτύρι. Ωστόσο το Κεφαλοτύρι δεν παρουσίασε σημαντικές μεταβολές με τη λιποπεριεκτικότητα να διακυμαίνεται από 27,5% μέχρι 29,3% για το διάστημα ωρίμανσης 5 ημερών έως 6 μηνών (Pappa et al., 2021).

Μάλιστα υπολογίζοντας το λίπος επί ξηρού μπορούμε να αποφανθούμε για τον αν η Γραβιέρα Κρήτης (για τα δείγματα >3 μήνες ωρίμανσης), συμμορφώνεται με τον κανονισμό του ΚΤΠ για ελάχιστη τιμή=40. Πράγματι, η λιποπεριεκτικότητα επί ξηρού κυμάνθηκε από 48,7-52,5. Ταυτόχρονα οι τιμές αυτές κατατάσσουν τα δείγματα στη μέσης λιποπεριεκτικότητας τυριά, καθώς σύμφωνα με τον Codex Alimentarius τα τυριά με λιπαρά $\leq 25\%$ και $\leq 45\%$ χαρακτηρίζονται ως μέσης λιποπεριεκτικότητας.

5.1.4 Πρωτεΐνες

Στην περίπτωση των πρωτεϊνών δεν παρατηρήθηκε σημαντικά στατιστική διαφορά ($P > 0,05$) μεταξύ των δειγμάτων, καθώς η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη για τους 7 πρώτους μήνες

κυμάνθηκε από 26,6%-28,5%. Ένας λόγος για το φαινόμενο αυτό, είναι πως με την μείωση της υγρασίας, προκαλείται αύξηση της περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη και έτσι διατηρείται σε σταθερά επίπεδα. Ωστόσο κατά τον 16^ο μήνα, δηλαδή εντός 9 μηνών, το ποσοστό των πρωτεϊνών αυξήθηκε κατά 18,3%. Μία τέτοια μεταβολή προκαλεί έκπληξη καθώς λόγω της πρωτεόλυσης, η προβλεπόμενη συμπεριφορά των πρωτεϊνών θα ήταν η συνεχής ελάττωση. Βέβαια όπως έχει ήδη αναφερθεί, τυχόν τέτοια σφάλματα ή διακυμάνσεις, πιθανόν να οφείλονται στην διαφορετική σύσταση του γάλακτος που αποτελείται το τυρί κάθε παρτίδας. Πιο αναλυτικά, το δείγμα 5 το οποίο αποτελεί τη μοναδική Γραβιέρα μεταξύ των δειγμάτων που έχει παραχθεί το έτος του '21, παρουσιάζει τη μεγαλύτερη ποσότητα σε πρωτεΐνη. Το γεγονός αυτό μπορεί να υποδηλώσει ότι για το έτος 2021 μπορεί γενικότερα λόγω της διατροφής των γαλακτοφόρων ζώων (π.χ ειδικό σιτηρέσιο εμπλουτισμένο σε πρωτεΐνες, βοσκή σε χλόη κλπ) να είναι αυξημένη η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη. Ένας ακόμα λόγος για την μη αναμενόμενη αύξηση αυτή, είναι το στάδιο της γαλακτικής περιόδου που όπως έχει αναφερθεί αρχικώς, η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη αυξάνεται συνεχώς μετά από 1-2 μήνες από τον τοκετό.



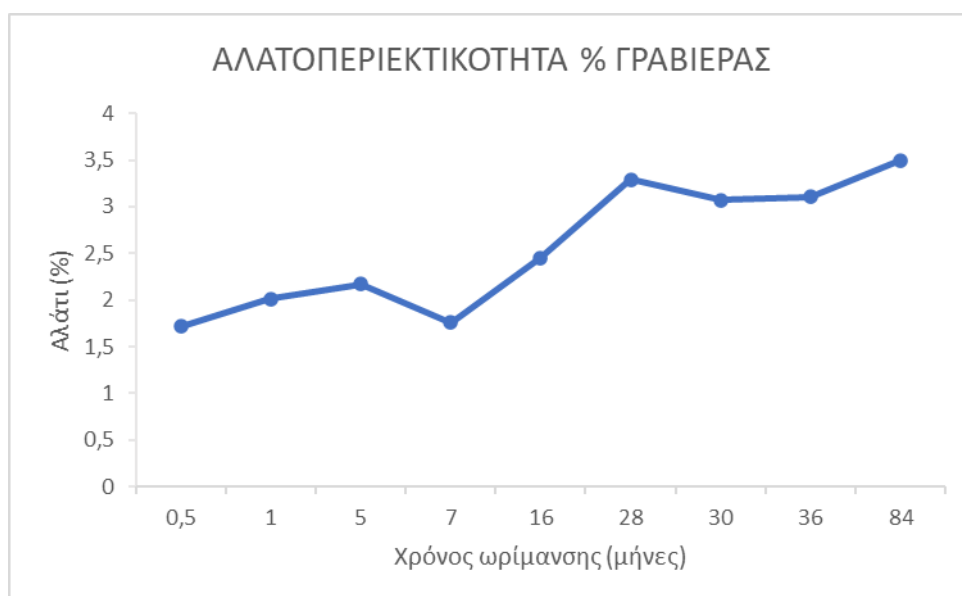
Διάγραμμα 6 Μεταβολή της περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη κατά την ωρίμανση.

Μετά τον πέρας του 16^{ου} μήνα και κατά τη διάρκεια του 28^{ου} και 84^{ου}, η ποσότητα των πρωτεϊνών κυμάνθηκε όπως στις αρχικές τιμές, δηλαδή από 28,2%-25,5% παρουσιάζοντας όμως μείωση αυτή τη φορά. Αντίστοιχα με την Γραβιέρα Μυτιλήνης, τους 3 πρώτους μήνες η πρωτεΐνη παρέμεινε σε σταθερό επίπεδο, με την μεγαλύτερη μεταβολή να παρατηρείται από τον 4^ο μέχρι και τον 6^ο μήνα (28%-26,5%) (Ταστάνη και Τσίγκα, 2018). Παρόμοια αποτελέσματα εντοπίστηκαν και από τους Pappa et al., (2021) για το

Κεφαλοτύρι, όπου για το διάστημα 5- 180 ημερών το ποσοστό των πρωτεϊνών πήρε τιμές από 23,2%-24,2% παρουσιάζοντας μη σημαντικά στατιστική διαφορά ($P>0,05$). Παρομοίως και για την περίπτωση του Parmigiano Reggiano, το ποσοστό των πρωτεϊνών κυμάνθηκε από 31,2%- 33,8% για το χρονικό διάστημα 12-50 μηνών, χωρίς να παρουσιάζει τάση αύξησης ή μείωσης (D'Incecco et al., 2020).

5.1.5 Αλάτι

Η περιεκτικότητα σε αλάτι αποτελεί ένα μέρος των ολικών στερεών του τυριού που με το πέρασμα τον μηνών ωρίμανσης συνεχώς αυξάνεται, καθώς μειώνεται η υγρασία. Πράγματι, η αλατοπεριεκτικότητα (%) μεταξύ των δειγμάτων παρουσίασε σημαντικά στατιστική διαφορά ($P<0,05$). Όπως φαίνεται ποιοτικά στο Γράφημα 5.4 , ο τρόπος μεταβολής της περιεκτικότητας σε αλάτι μεταβάλλεται με αντίστοιχο ρυθμό όπως και το



Διάγραμμα 7 Μεταβολή της αλατοπεριεκτικότητας κατά την ωρίμανση.

λίπος (%).

Πιο αναλυτικά κατά τους 5 πρώτους μήνες η αλατοπεριεκτικότητα παραμένει σε σταθερά επίπεδα με τιμές που κυμαίνονται από 1,7%-2,2%. Η μεγαλύτερη αύξηση (88%) παρατηρείται μεταξύ 7^{ου} και 28^{ου} μήνα όπου μειώνεται αντίστοιχα η υγρασία του τυριού με αποτέλεσμα η ίδια ποσότητα αλατιού να βρίσκεται σε μικρότερη ποσότητα διαλύτη (νερού), έτσι αυξάνεται η συγκέντρωση του αλατιού στο τυρί. Παρόμοια αποτελέσματα για την Γραβιέρα βρέθηκαν και από τους Veinoglou et al., (1969) και Zerfiridis et al., (1984). Επίσης το Κεφαλοτύρι παρουσιάζει αντίστοιχη συμπεριφορά, με την αλατοπεριεκτικότητα να αυξάνεται μέχρι 4,4% έως τον 6^ο μήνα. Ωστόσο, στην περίπτωση του Κεφαλοτυριού η

αλατοπεριεκτικότητα αυξήθηκε από την 5^η μέρα έως την 30^η από 0,5% σε 3,1%. Μία τέτοια μεταβολή δεν παρατηρήθηκε στην Γραβιέρα Κρήτης, καθώς το Κεφαλοτύρι αλατίζεται με ξηρή μέθοδο ενώ η Γραβιέρα με βύθιση σε άλμη. Αυτό πρακτικά σημαίνει πως με την βύθιση σε άλμη επιτυγχάνεται γρηγορότερα μεταφορά χλωριούχου νατρίου στο εσωτερικό του τυριού παρά με τον ξηρό αλατισμό.

5.2 Παράμετροι Υφής

5.2.1 Σκληρότητα (Hardness)

Όπως φαίνεται και παρακάτω, η σκληρότητα της Γραβιέρας εμφάνισε ανοδική τάση κατά τη διάρκεια των μηνών ωρίμανσης και σημαντικά στατιστική διαφορά μεταξύ των δειγμάτων ($P < 0,05$). Η αύξηση της σκληρότητας οφείλεται στην απώλεια υγρασίας του προϊόντος, η οποία όπως αναφέρεται και από τους Fox et al.,(2017), δρα ως πλαστικοποιητής στο πρωτεϊνικό πλέγμα και με την μείωσή της, μειώνεται η ελαστικότητα και αυξάνεται η ευθρυπτότητα. Έτσι λοιπόν κατά τους 16 πρώτους μήνες, παρατηρείται μια σταδιακή αύξηση της σκληρότητας από 15,5N-55,7N και τον 28^ο μήνα η σκληρότητα αποκτά την μεγαλύτερη τιμή (153,4N). Η απότομη αυτή μεταβολή ίσως σχετίζεται με την ελαττωμένη υγρασία του δείγματος που συνοδεύεται από την αυξημένη λιποπεριεκτικότητα και αλατοπεριεκτικότητα. Για τους επόμενους 8 μήνες η σκληρότητα μειώθηκε κατά 39% ενώ το δείγμα των 7 ετών παρουσίασε αυξημένη σκληρότητα αλλά όχι την μεγαλύτερη (140,9N).



Διάγραμμα 8 Μεταβολή της Σκληρότητας (N) κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης.

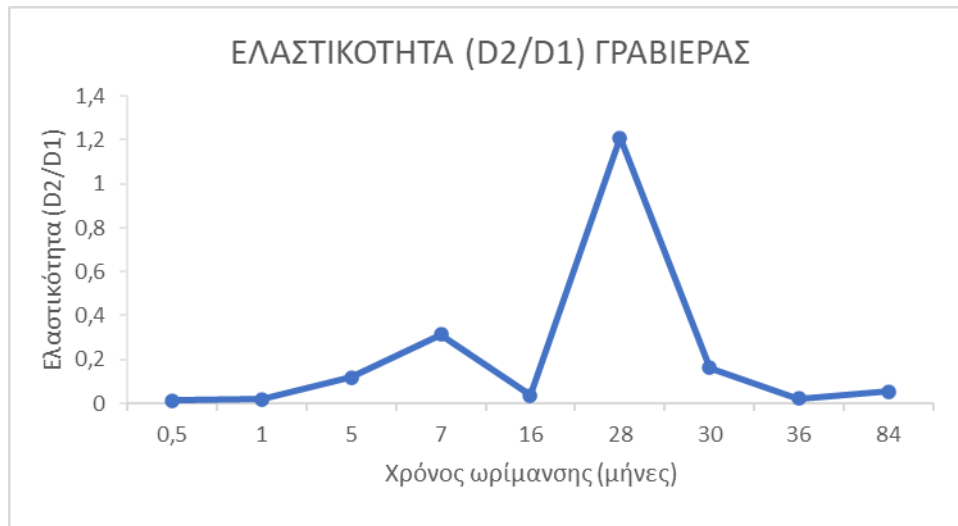
Παρόμοια αποτελέσματα βρέθηκαν και από τις Ταστάνη και Τσίγκα (2018), όπου για τους 3 πρώτους μήνες παρουσιάστηκε αύξηση της σκληρότητας και για τους επόμενους 3

μειώθηκε με τον ίδιο σχεδόν τρόπο αύξησης. Ενώ στην περίπτωση του Parmiggiano Reggiano παρατηρήθηκε συνεχόμενη αύξηση της σκληρότητας κατά την περίοδο της ωρίμανσης (D'Incecco et al., 2020). Ενώ για την περίπτωση του Cheddar η σκληρότητα φαίνεται να μειώθηκε κατά τους 11 μήνες ωρίμανσης (Polland et al., 2003) .

Οι έντονες διακυμάνσεις αυτές μπορούν να αποδοθούν στο γεγονός ότι η υγρασία δεν είναι η μοναδική παράμετρος που επηρεάζει την σκληρότητα, αλλά όπως έχει ειπωθεί και από τους Creamer και Olson (1982), η αποδυνάμωση του πρωτεϊνικού πλέγματος κατά την πρωτεόλυση έχει ως αποτέλεσμα την μείωση της σκληρότητας και της αύξηση της ευθρυπτότητας. Έτσι λοιπόν, φαίνεται πως κατά τους 4-5 αρχικούς μήνες ωρίμανσης κύριος λόγος για την αύξηση της σκληρότητας είναι η συνδυασμένη απώλεια της υγρασίας και η αντίδραση της πρωτεόλυσης. Μετά για το διάστημα 7-28 μηνών η έντονη αύξηση της σκληρότητας είναι αποτέλεσμα της μεγάλης αποβολής υγρασίας και της αυξημένης περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη. Ενώ για τους μήνες 30-84 φαίνεται πως η μείωση της σκληρότητας οφείλεται κυρίως στην αποδυνάμωση του πρωτεϊνικού συμπλέγματος.

5.2.2 Ελαστικότητα (Springiness)

Η μεταβολή της ελαστικότητας παρομοιάζει με αυτή της σκληρότητας, ωστόσο δεν παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δειγμάτων ($P > 0,05$). Πιο αναλυτικά, για τους πρώτους 1-7 μήνες παρατηρείται σημαντική αύξηση της ελαστικότητας από 0,02 σε 0,31. Ωστόσο για τον 16^ο μήνα και στη συνέχεια για τον 28^ο σημειώθηκε μία ακραία πτώση (88%) και μια απότομη αύξηση (117%) αντίστοιχα. Σύμφωνα με τους Cunha et al. (2009), με την αύξηση της πρωτεΐνης και του λίπους προκαλείται αύξηση της ελαστικότητας, λόγω της ισχυρής αλληλεπίδρασής τους. Ενώ από την άλλη πλευρά, μείωση της ελαστικότητας επιτυγχάνεται με την πρωτεόλυση του τυριού. Η μείωση της ελαστικότητας είναι πιο ξεκάθαρη από τον 30^ο μήνα μέχρι και τα 7 έτη όπου εκείνη την περίοδο η υγρασία και η λιποπεριεκτικότητα διατηρούνται σε σταθερά επίπεδα, όμως η διαδικασία της πρωτεόλυσης συνεχίζει να υφίσταται μετατρέποντας το τυρί σε πιο εύθρυπτο και με μικρότερη ελαστικότητα.



Διάγραμμα 9 Μεταβολή της Ελαστικότητας (D2/D1) κατά τη διάρκεια ωρίμανσης.

Τα παραπάνω αποτελέσματα συμφωνούν με τις Ταστάνη και Τσίγκα (2018) όπου για τους 3 πρώτους μήνες παρατηρήθηκε αύξηση της ελαστικότητας και στη συνέχεια ελάττωση. Ωστόσο, για το Cheddar κατά τους 11 μήνες ωρίμανσης, η ελαστικότητα μειωνόταν διαρκώς όχι όμως με μεγάλο βαθμό (Polland et al.,2003). Ενώ σε μία ακόμη έρευνα για το τυρί Cheddar, το οποίο ήταν συσκευασμένο υπό κενό, παρατηρήθηκε πως η ελαστικότητα ελαττώθηκε κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης καθώς το πρωταρχικό φαινόμενο που έλαβε χώρα ήταν η έντονη πρωτεόλυση (Hort & Le Grys, 2001).

5.2.3 Συνεκτικότητα (Cohesiveness)

Η συνεκτικότητα (A2/A1) παρουσιάζει μία αρκετά ανομοιόμορφη μεταβολή, χωρίς να παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δειγμάτων ($P > 0,05$). Γενικά ισχύει πως, η μεγάλη συγκέντρωση των πρωτεϊνών προκαλεί μεγαλύτερες αλληλεπιδράσεις μεταξύ των παρακαζεϊνικών μικκυλίων, με αποτέλεσμα την βελτίωση του πρωτεϊνικού πλέγματος και επομένως την αύξηση της συνεκτικότητας (Fox et al., 2000). Το νερό από την άλλη πλευρά όμως, δρα ως πλαστικοποιητής του πρωτεϊνικού πλέγματος με αποτέλεσμα να μειώνει την συνεκτικότητα και ταυτόχρονα να αυξάνει την ευθρυπτότητα (Fox et al., 2017). Βλέποντας λοιπόν το Γράφημα 5.7 παρατηρείται μία απότομη αύξηση της συνεκτικότητας στον 1^ο μήνα που πιθανόν να σχετίζεται με την σχετικά μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες. Για τους επόμενους μήνες η συνεκτικότητα δεν μεταβάλλεται έντονα και πολλές φορές διατηρεί σταθερές τιμές, ενώ για τους μήνες 36-84 φτάνει στις χαμηλότερες τιμές (0,009-0,01). Στο στάδιο αυτό η υγρασία βρίσκεται σε ισορροπία, με την

πρωτεόλυση να συνεχίζει να λαμβάνει χώρα και να προκαλείται αποδυνάμωση του πρωτεϊνικού πλέγματος με ταυτόχρονη μείωση της συνεκτικότητας.



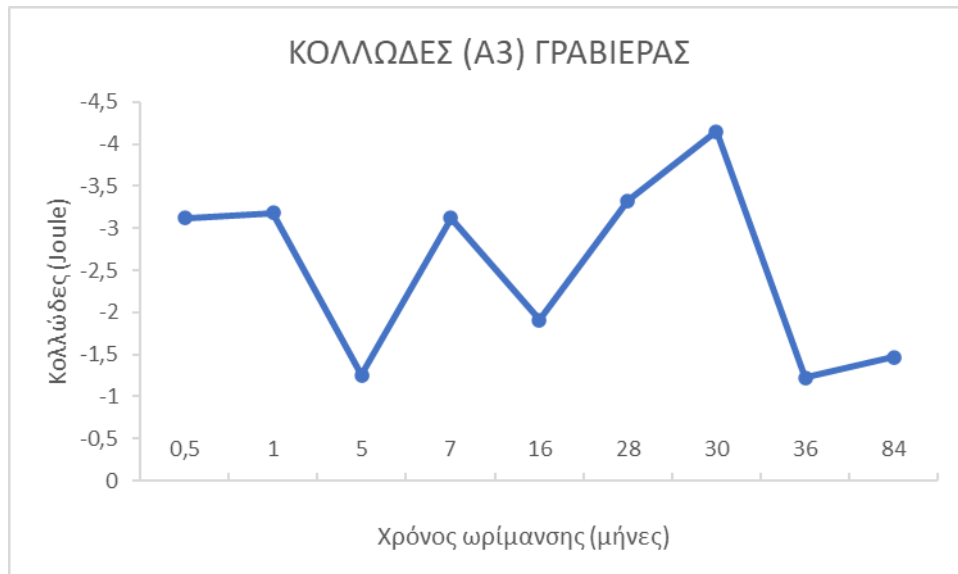
Διάγραμμα 10 Μεταβολή της Συνεκτικότητας (A2/A1) με την ωρίμανση

Αντίστοιχα αποτελέσματα βρέθηκαν και από τους Polland et al.(2003) όπου για την περίπτωση του Cheddar η μείωση της συνεκτικότητας ήταν διακριτή αλλά όχι μεγάλη. Μάλιστα αναφέρεται από τους ίδιους ότι η μικρή ή καθόλου διακύμανση των τιμών της Ελαστικότητας, Συνεκτικότητας πιθανών να οφείλεται στην μικρή ευαισθησία της τεχνικής TPA. Αντίστοιχα για την Γραβιέρα Μυτιλήνης, παρουσιάστηκε αύξηση της συνεκτικότητας για τους 3 πρώτους μήνες, και στη συνέχεια λόγω εξασθένησης του πρωτεϊνικού πλέγματος σημειώθηκε μείωση της συνεκτικότητας.

5.2.4 Κολλώδες (Adhesivness)

Το κολλώδες της Γραβιέρας δεν παρουσίασε σημαντικά στατιστική διαφορά ($P>0,05$) μεταξύ των δειγμάτων, παρουσιάζοντας έντονα ανομοιόμορφη συμπεριφορά. Για παράδειγμα τον 1^ο μήνα διατήρησε σταθερή τιμή και ακολούθησε έντονη πτώση τον 5^ο μήνα της τάξεως 60%. Για τους επόμενους 25 μήνες, το κολλώδες παρουσίασε αυξομείωση με τις πιο αξιοσημείωτες μειώσεις να είναι τους μήνες 5,16,36 και 84. Παρόμοια αποτελέσματα βρέθηκαν και από τους Irudayaraj et al. (1999) για το Cheddar, όπου τα δείγματα με περισσότερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη χαρακτηρίστηκαν λιγότερο κολλώδη. Αυτό συμβαίνει διότι με υψηλότερη ποσότητα πρωτεΐνης, τροποποιείται το πρωτεϊνικό σύστημα αποκτώντας πιο συμπαγή δομή με αποτέλεσμα να γίνεται περισσότερο συνεκτικό αλλά λιγότερο κολλώδες. Επίσης έχει παρατηρηθεί πως κατά την πρωτεόλυση μετακινείται η υγρασία στο πρωτεϊνικό πλέγμα προκαλώντας την αναδιάταξή του. Έτσι όσες περισσότερες

περιοχές του πλέγματος παρουσιάζουν μεγαλύτερη ομοιογένεια, τόσο μεγαλύτερη μείωση παρουσιάζει το κολλώδες με την ωρίμανση.



Διάγραμμα 11 Μεταβολή του Κολλώδους (A3) κατά την ωρίμανση.

Σύμφωνα με τους Chen et al. (1979), ο σημαντικότερος παράγοντας που καθορίζει το κολλώδες του τυριού είναι η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη. Μάλιστα, όπως αναφέρεται και από τους Fox et al., (2017), η υψηλή περιεκτικότητα του τυριού σε υγρασία και λιπαρά, έχει ως αποτέλεσμα ένα πιο κολλώδες τυρί. Επομένως είναι αναμενόμενο με την ωρίμανση, λόγω της μειωμένης περιεκτικότητας σε νερό και πρωτεΐνες να μειώνεται και το κολλώδες του τυριού.

5.2.5 Μασητικότητα (Chewiness)

Η Μασητικότητα του τυριού αποτελεί το γινόμενο της Σκληρότητας επί τη Συνεκτικότητα, επί την Ελαστικότητα. Αντίστοιχα, δεν παρατηρήθηκε σημαντική στατιστική διαφορά μεταξύ των δειγμάτων ($P > 0,05$). Όπως φαίνεται εύκολα από το παρακάτω γράφημα, η τιμή της Μασητικότητας διατηρείται σχεδόν σταθερή, με μικρές αυξήσεις κατά την ωρίμανση εξαιτίας της αντίστοιχης αύξησης της Σκληρότητας και της Ελαστικότητας. Μεγάλη αύξηση σημειώθηκε κατά τον 28^ο μήνα, όπου αντίστοιχα αυξήθηκαν και οι προηγούμενες παράμετροι. Παρόμοια αποτελέσματα βρέθηκαν και από τους Irudayaraj et al., (1999), όπου η μασητικότητα του τυριού Cheddar παρέμεινε σχεδόν σταθερή και για τους 4 μήνες ωρίμανσης. Συγκεκριμένα αυξήθηκε με τον χρόνο ωρίμανσης, και μειώθηκε με την λιπόλυση.



Διάγραμμα 12 Μεταβολή της Μασητικότητας κατά την ωρίμανση.

5.3 Συσχετίσεις μεταξύ των φυσικοχημικών και των παραμέτρων υφής

Στον παρακάτω Πίνακα (5.2) φαίνονται οι συσχετίσεις μεταξύ των φυσικοχημικών και των ιδιοτήτων υφής. Πιο αναλυτικά η παράμετρος της φωτεινότητας (L^*) εμφάνισε υψηλή αρνητική συσχέτιση (-0,803) με την παράμετρο a^* . Ταυτόχρονα, η φωτεινότητα είναι αντιστρόφως ανάλογη με την λιποπεριεκτικότητα (-0,761), την αλατοπεριεκτικότητα (-0,784) και την σκληρότητα (-0,728). Ενώ εμφάνισε υψηλή θετική συσχέτιση με την υγρασία (0,843). Στη συνέχεια, η παράμετρος a^* παρουσίασε υψηλή αρνητική συσχέτιση με την χροιά του χρώματος h και συγκεκριμένα -0,893. Μάλιστα φαίνεται πως η παράμετρος a^* είναι αντιστρόφως ανάλογη με την υγρασία (-0,868), ενώ έχει θετική γραμμική συσχέτιση με την λιποπεριεκτικότητα (0,859), την αλατοπεριεκτικότητα (0,866) και την σκληρότητα (0,779). Η παράμετρος b^* δεν παρουσίασε σημαντική συσχέτιση με τις υπόλοιπες παραμέτρους. Τέλος όσον αφορά τις χρωματικές παραμέτρους, η χροιά (h) παρουσιάζει υψηλή αρνητική συσχέτιση με την λιποπεριεκτικότητα (-0,814), την αλατοπεριεκτικότητα (-0,839) και την σκληρότητα (-0,779), ενώ

Πίνακας 10 Πίνακας συσχέτισης κατά ζεύγη (Pearson's correlation matrix) μεταξύ των φυσικοχημικών ιδιοτήτων και των παραμέτρων υφής της Γραβιέρας.

	L*	a*	b*	h	Λίπος (Fat)	Πρωτεΐνες (Proteins)	Υγρασία (Moisture)	Αλάτι (Salt)	Σκληρότητα (Hardness)	Ελαστικότητα (Springiness)	Κολλώδες (Adhesiveness)	Συνεκτικότητα (Cohesiveness)	Μασητικότητα (Chewiness)
L*	1												
a*	-0,803	1											
b*	0,432	-0,078	1										
h	0,546	-0,893	-0,372	1									
Λίπος (Fat)	-0,761	0,860	0,014	-0,815	1								
Πρωτεΐνες (Proteins)	-0,097	-0,384	-0,200	0,473	-0,305	1							
Υγρασία (Moisture)	0,843	-0,868	0,049	0,794	-0,978	0,201	1						
Αλάτι (Salt)	-0,784	0,867	0,072	-0,839	0,982	-0,266	-0,967	1					
Σκληρότητα (Hardness)	-0,728	0,780	0,126	-0,780	0,930	-0,291	-0,932	0,962	1				
Ελαστικότητα (Springiness)	-0,240	0,012	-0,194	0,086	0,292	-0,094	-0,290	0,328	0,507	1			
Κολλώδες (Adhesiveness)	-0,133	0,196	-0,088	-0,138	0,196	-0,005	-0,074	0,183	-0,033	-0,355	1		
Συνεκτικότητα (Cohesiveness)	0,406	-0,362	0,211	0,205	-0,413	-0,191	0,352	-0,360	-0,212	0,144	-0,649	1	
Μασητικότητα (Chewiness)	-0,298	0,094	-0,163	-0,016	0,390	-0,104	-0,389	0,426	0,580	0,973	-0,345	0,205	1



1

0

-1

παρουσιάζει αναλογικότητα με την υγρασία (0,794). Τα παραπάνω αποτελέσματα συμφωνούν με τα ευρήματα των Pinho et al. (2004) εκτός από το γεγονός ότι η παράμετρος a^* παρουσιάζει θετική συσχέτιση με την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη και την συνεκτικότητα.

Όσον αφορά τη συσχέτιση των παραμέτρων της χημικής σύστασης με τις ρεολογικές παραμέτρους του τυριού, υπάρχουν περισσότερες σχετικές έρευνες και μεγαλύτερο τεχνολογικό ενδιαφέρον. Η λιποπεριεκτικότητα φαίνεται να έχει υψηλή αρνητική συσχέτιση με την υγρασία (-0,978), τις πρωτεΐνες (-0,305) και την συνεκτικότητα (-0,413). Η ποσότητα σε πρωτεΐνες φάνηκε να παρουσιάζει αρνητική συσχέτιση σχεδόν με όλες τις παραμέτρους, όπως με την σκληρότητα (-0,291) και την συνεκτικότητα (-0,191). Επιπλέον η υγρασία παρουσίασε υψηλή αρνητική συσχέτιση με την αλατοπεριεκτικότητα (-0,967) και την σκληρότητα (-0,932). Τέλος η αλατοπεριεκτικότητα παρουσίασε υψηλή συσχέτιση με την σκληρότητα (0,962). Τα παραπάνω αποτελέσματα, συμφωνούν με αυτά των Jaster et al. (2014) που μελέτησαν τυριά Parmigiano Reggiano, με τη διαφορά ότι η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες σχετίζεται μέτρια με την σκληρότητα (0,056) και ότι η υγρασία σχετίζεται επίσης μέτρια με την ελαστικότητα (0,155).

Σχετικά με τις ρεολογικές παραμέτρους, φαίνεται πως η σκληρότητα σχετίζεται αρκετά με την ελαστικότητα (0,507) και παρουσιάζει μια ελαφρώς αρνητική συσχέτιση με το κολλώδες (-0,033). Μάλιστα, η ελαστικότητα έχει ελαφρώς αρνητική συσχέτιση με το κολλώδες (-0,355), ενώ σημαντική αρνητική συσχέτιση έχει το κολλώδες με την συνεκτικότητα (-0,649). Η μασητικότητα όπως είναι λογικό παρουσιάζει υψηλή θετική συσχέτιση με τη σκληρότητα (0,580) αλλά πολύ περισσότερο με την ελαστικότητα (0,973). Τα παραπάνω αποτελέσματα, όπως είναι φανερό, δεν παρουσιάζουν υψηλές συσχετίσεις, όπως αυτά των Τασιάνη και Τσίγκα (2018) που για παράδειγμα η ελαστικότητα εμφάνισε υψηλή συσχέτιση με τη σκληρότητα (0,943) και την συνεκτικότητα (0,992). Άρα είναι πιθανόν η τεχνική TPA για την Γραβιέρα Κρήτης, να μην ήταν τόσο ευαίσθητη -ώστε να εντοπίσει τις μικρές μεταβολές σε κάποιες ρεολογικές παραμέτρους, όπως στην Ελαστικότητα. Το αντίστοιχο φαινόμενο παρατηρήθηκε και από τους Pollard et al. (2003).

6. Συμπεράσματα

Κατά την ωρίμανση της Γραβιέρας Κρήτης παρατηρήθηκαν σε κάποιες περιπτώσεις σημαντικές μεταβολές, ενώ σε κάποιες άλλες όχι τόσο. Όσον αφορά την αλλαγή στο χρώμα, η φωτεινότητα (L) και η χροιά (h) των τυριών μειώθηκαν με το πέρασμα των μηνών εξαιτίας της λιπόλυσης και της έντονης αφυδάτωσης, με την εντονότερη μεταβολή να σημειώνεται τους τελευταίους μήνες. Για τους ίδιους λόγους η παράμετρος a^* σημείωσε έντονη αύξηση μεταξύ των μηνών 7-48, δηλαδή αναπτύχθηκε παραπάνω το πράσινο χρώμα. Ωστόσο, η παράμετρος b^* δεν μεταβλήθηκε έντονα κατά την ωρίμανση. Δύο από τις παραμέτρους με την μεγαλύτερη σημαντική στατιστική διαφορά ($P < 0,05$) είναι η υγρασία και η λιποπεριεκτικότητα. Με την πρώτη να παρουσιάζει συνεχή μείωση, ειδικά μεταξύ του 7^{ου} – 28^{ου} μήνα ελαττώθηκε κατά 49,7%. Από την άλλη πλευρά, λόγω λιπόλυσης, η λιποπεριεκτικότητα αυξήθηκε με την εντονότερη μεταβολή να σημειώνεται εξίσου τον 7^ο-28^ο μήνα (33,1%). Παρατηρήθηκε επίσης ότι η αλατοπεριεκτικότητα, είναι αντιστρόφως ανάλογη με την περιεκτικότητα σε υγρασία καθώς με την μείωσή της, προκαλείται αύξηση της αλατοπεριεκτικότητας συμβάλλοντας στην αύξηση της σκληρότητας. Η παράμετρος της πρωτεΐνης δεν παρουσίασε σημαντικές μεταβολές, καθώς λόγω διαφορετικών παρτίδων τυριών είναι πιθανόν η αρχική περιεκτικότητα του γάλακτος να διέφερε αρκετά ανάλογα με την γαλακτική περίοδο ή την διατροφή του ζώου. Ωστόσο παρατηρήθηκε μικρή ελάττωση τους τελευταίους μήνες, συμπεραίνοντας πως η πρωτεόλυση δεν σταματά να λαμβάνει χώρα ακόμη και σε τυριά πολυετούς ωρίμανσης.

Από τις ρεολογικές παραμέτρους μόνο η Σκληρότητα παρουσίασε σημαντική στατιστική διαφορά ($P < 0,05$), η οποία αυξήθηκε για τους περισσότερους μήνες λόγω αφυδάτωσης, ενώ από τον 30^ο μήνα μειώθηκε λόγω αποδυνάμωσης του πρωτεϊνικού πλέγματος. Η Ελαστικότητα επίσης αυξήθηκε τους αρχικούς μήνες, λόγω αλληλεπίδρασης των πρωτεϊνών και των αυξανόμενων λιπαρών ενώ η Μασητικότητα παρέμεινε σταθερή. Ωστόσο, η Συνεκτικότητα και το Κολλώδες του τυριού δεν εμφάνισαν ομοιόμορφη μεταβολή, με τις δύο παραμέτρους να συνδέονται αντίστροφα με την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη. Δηλαδή κατά την πρωτεόλυση, αυξάνεται το Κολλώδες και μειώνεται η Συνεκτικότητα. Συνοψίζοντας, εξαιτίας της ασήμαντης στατιστικής διαφοράς ($P > 0,05$) των τεσσάρων τελευταίων παραμέτρων, υποδεικνύεται η χαμηλή ευαισθησία της τεχνικής TPA για την ανάλυση του προφίλ υφής της Γραβιέρας και η πολυπαραγοντική επίδραση της ωρίμανσης στη συμπεριφορά του τυριού που δεν είναι πάντα προβλέψιμη.

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι τα δείγματα Γραβιέρας που έχουν ωριμάσει το λιγότερο 3 μήνες , συμμορφώνονται ως προς τα όρια υγρασίας ($\leq 38\%$) και λίπους επί ξηρού (≥ 40) που θέτει ο ΚΤΠ.

7. Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

- Textural-image analysis της Γραβιέρας και άλλων τυριών.
- Ανάλυση λιπαρών οξέων της Γραβιέρας μέσω FTIR.
- Μελέτη φυσικοχημικών ιδιοτήτων και παραμέτρων υφής της Γραβιέρας που έχει υποστεί ξηρό αλατισμό ή έχει ωριμάσει σε διαφορετικές συνθήκες.

Βιβλιογραφία

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

- Alichanidis, E., & Polychroniadou, A. (2008). Characteristics of major traditional regional cheese varieties of East-Mediterranean countries: A review. *Dairy Science and Technology*, 88(4–5), Article 4–5. <https://doi.org/10.1051/dst:2008023>
- Almena-Aliste, M., & Mietton, B. (2014). Cheese Classification, Characterization, and Categorization: A Global Perspective. In *Cheese and Microbes* (pp. 39–71). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1128/9781555818593.ch3>
- Anifantakis, E. M. (1991). *Greek Cheeses: A Tradition of Centuries*. National Dairy Committee of Greece. <https://books.google.gr/books?id=AOMqAQAAMAAJ>
- Anifantakis, E. M., & Kaminarides, S. E. (1987). Effect of various starters on the quality of Kefalotyri cheese. *Le Lait*, 67(4), 527–535. <https://doi.org/10.1051/lait:1987431>
- Aquilanti, L., Santarelli, S., Babini, V., Osimani, A., & Clementi, F. (2013). Quality evaluation and discrimination of semi-hard and hard cheeses from the Marche region (Central Italy) using chemometric tools. *International Dairy Journal*, 29(1), 42–52. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2012.11.001>
- Ardö, Y., McSweeney, P. L. H., Magboul, A. A. A., Upadhyay, V. K., & Fox, P. F. (2017a). Biochemistry of Cheese Ripening: Proteolysis. In *Cheese* (pp. 445–482). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417012-4.00018-1>
- Ardö, Y., McSweeney, P. L. H., Magboul, A. A. A., Upadhyay, V. K., & Fox, P. F. (2017b). Chapter 18 - Biochemistry of Cheese Ripening: Proteolysis. In P. L. H. McSweeney, P. F. Fox, P. D. Cotter, & D. W. Everett (Eds.), *Cheese (Fourth Edition)* (pp. 445–482). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417012-4.00018-1>
- Avşar, Y. K., Karagül-Yüceer, Y., Drake, M., Singh, T. K., Yoon, Y., & Cadwallader, K. R. (2004). Characterization of nutty flavor in cheddar cheese. *Journal of Dairy Science*, 87(7), 1999–2010. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(04\)70017-x](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(04)70017-x)
- Bills, D. D., & Day, E. (1964). Determination of the major free fatty acids of cheddar cheese. *Journal of Dairy Science*, 47(7), 733–738. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(64\)88754-3](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(64)88754-3)
- Bisig, W., Fröhlich-Wyder, M.-T., Jakob, E., & Wechsler, D. (2010). Comparison between Emmentaler PDO and generic emmental cheese production in Europe. *Australian Journal of Dairy Technology*, 65, 206.
- Bodyfelt FW (1981) Dairy product score cards: are they consistent with principles of sensory evaluation? *J Dairy Sci* 64:2303–2308.
- Bosset, J. O., & Gauch, R. (1993). Comparison of the volatile flavour compounds of six european ‘AOC’ cheeses by using a new dynamic headspace GC-MS method. *International Dairy Journal*, 3(4–6), 359–377. [https://doi.org/10.1016/0958-6946\(93\)90023-s](https://doi.org/10.1016/0958-6946(93)90023-s)
- Bourne, M.C. (1982). Texture profile analysis. *Food Technology*, 32: 62-66, 72.

- Bontinis, Th. G., Mallatou, H., Pappa, E. C., Massouras, Th., & Alichanidis, E. (2012). Study of proteolysis, lipolysis and volatile profile of a traditional Greek goat cheese (Xinotyri) during ripening. *Small Ruminant Research*, 105(1–3), 193–201. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2012.01.003>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2016.01.022>
- Caldeo, V., & McSweeney, P. L. H. (2012). Changes in oxidation-reduction potential during the simulated manufacture of different cheese varieties. *International Dairy Journal*, 25(1), 16–20. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2012.02.002>
- Collins, Y. F., McSweeney, P., & Wilkinson, M. G. (2003). Lipolysis and free fatty acid catabolism in cheese: a review of current knowledge. *International Dairy Journal*, 13(11), 841–866. [https://doi.org/10.1016/s0958-6946\(03\)00109-2](https://doi.org/10.1016/s0958-6946(03)00109-2)
- Commission Regulation (EC) No 1030/2009 of 29 October 2009 approving minor amendments to the specification of a name registered in the register of protected designations of origin and protected geographical indications (Pecorino Romano (PDO)). <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:283:0043:0046:EN:PDF>
- Chen, A., Larkin, J. W., Clark, C., & Irwin, W. E. (1979). Textural analysis of cheese. *Journal of Dairy Science*, 62(6), 901–907. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(79\)83346-9](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(79)83346-9)
- Delahunty, C. M., & Drake, M. (2004). Sensory Character of Cheese and its Evaluation. In *Cheese* (pp. 455–487). [https://doi.org/10.1016/s1874-558x\(04\)80078-2](https://doi.org/10.1016/s1874-558x(04)80078-2)
- Dimos, A., Urbacha, G., & Miller, A. J. (1996). Changes in flavour and volatiles of full-fat and reducedfat Cheddar cheeses during maturation. *International Dairy Journal*, 6(10), 981–995. [https://doi.org/10.1016/s0958-6946\(97\)84214-8](https://doi.org/10.1016/s0958-6946(97)84214-8)
- D’Incecco, P., Limbo, S., Hogenboom, J., Rosi, V., Gobbi, S., & Pellegrino, L. (2020). Impact of Extending Hard-Cheese Ripening: A Multiparameter Characterization of Parmigiano Reggiano Cheese Ripened up to 50 Months. *Foods*, 9(3), Article 3. <https://doi.org/10.3390/foods9030268>
- Di Cagno, R., Buchin, S., De Candia, S., De Angelis, M., Fox, P. F., & Gobbetti, M. (2007). Characterization of Italian cheeses ripened under nonconventional conditions. *Journal of Dairy Science*, 90(6), 2689–2704. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-654>
- Donnelly, C. W. (2014). *Cheese and microbes*. <https://doi.org/10.1128/9781555818593>

- Drewnowski, A. (2011). The contribution of milk and milk products to micronutrient density and affordability of the U.S. diet. *Journal of the American College of Nutrition*, 30(sup5), 422S–428S. <https://doi.org/10.1080/07315724.2011.10719986>
- Eissa, H. A., Abbas, H. H., & Bayoumi, H. (2010b). Water Activity, Color Characteristics and Sensory Properties of Egyptian Gouda Cheese during Ripening. *Journal of American Science*. Retrieved from http://jofamericanscience.org/journals/am-sci/am0610/53_3440am0610_447_453.pdf
- El-Nimr, A., Eissa, H., El-Abd, M., Mehriz, A., Abbas, H., & Bayoumi, H. (2010). Water Activity, Color Characteristics and Sensory Properties of Egyptian Gouda Cheese during Ripening. *Journal of American Science*, 6.
- Everett, D. W., & Auty, M. A. (2008). Cheese structure and current methods of analysis. *International Dairy Journal*, 18(7), 759–773. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2008.03.012>
- Everard, C. D., O’Callaghan, D. J., Howard, T. V., O’Donnell, C. P., Sheehan, E. M., & Delahunty, C. M. (2006). RELATIONSHIPS BETWEEN SENSORY AND RHEOLOGICAL MEASUREMENTS OF TEXTURE IN MATURING COMMERCIAL CHEDDAR CHEESE OVER A RANGE OF MOISTURE AND pH AT THE POINT OF MANUFACTURE. *Journal of Texture Studies*, 37(4), 361–382. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.2006.00057.x>
- Feijoo-Siota, L., Blasco, L., Rodríguez-Rama, J. L., Barros-Velázquez, J., De Miguel, T., Sánchez-Pérez, A., & Villa, T. G. (2014). Recent patents on microbial proteases for the dairy industry. *Recent Advances in DNA & Gene Sequencing*, 8(1), 44–55. <https://doi.org/10.2174/2352092208666141013231720>
- Fernandes, Â., Barreira, J. C. M., Barros, L., Mendonça, Á., Ferreira, I. C. F. R., Ruivo De Sousa, F. (2018). Chemical and physicochemical changes in Serrana goat cheese submitted to extra-long ripening periods. *LWT*, 87, 33–39. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.08.071>
- Fox, P. F., Lucey, J. A., & Cogan, T. M. (1990). Glycolysis and related reactions during cheese manufacture and ripening. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 29(4), 237–253. <https://doi.org/10.1080/10408399009527526>
- Fox, P. F., McSweeney, P. L. H., Cogan, T. M., & Guinee, T. P. (2004). *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology, Volume 1: General Aspects*. Elsevier.
- Fox, P. F., & Kelly, A. L. (2006). Indigenous enzymes in milk: Overview and historical aspects—Part 1. *International Dairy Journal*, 16(6), 500–516. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2005.09.013>
- Fox, P. F. (2012). *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology: Volume 1 General Aspects*. Springer.
- Fox, P. F., & Guinee, T. P. (2013). Cheese Science and Technology. In *John Wiley & Sons eBooks* (pp. 357–389). <https://doi.org/10.1002/9781118534168.ch17>

- Fox, P. F., Uniacke-Lowe, T., McSweeney, P. L. H., & O'Mahony, J. A. (2015). *Dairy Chemistry and Biochemistry*. Springer.
- Fox, P. F., Guinee, T. P., Cogan, T. M., & McSweeney, P. (2017). *Fundamentals of Cheese Science*. Springer eBooks.
- Friedman, H. H., Whitney, J. E., & Szczesniak, A. S. (1963). The Texturometer: A New Instrument for Objective Texture Measurement. *Journal of Food Science*, 28(4), 390–396. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1963.tb00216.x>
- Graulet, B., Martin, B., Agabriel, C., & Girard, C. L. (2013). Vitamins in Milks. In *Milk and Dairy Products in Human Nutrition* (pp. 200–219). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781118534168.ch10>
- Hassan, F. a. M., El-Gawad, M. a. M. A., & Enab, A. (2012). Flavour compounds in cheese (review). *International Journal of Academic Research*, 4(5), 169–181. <https://doi.org/10.7813/2075-4124.2012/4-5/a.20>
- Hort, J., & Grys, G. L. (2001). Developments in the textural and rheological properties of UK Cheddar cheese during ripening. *International Dairy Journal*, 11(4–7), 475–481. [https://doi.org/10.1016/s0958-6946\(01\)00074-7](https://doi.org/10.1016/s0958-6946(01)00074-7)
- Hui, Y. H., Chandan, R. C., Clark, S., Cross, N. A., Dobbs, J. C., Hurst, W. J., Nollet, L. M. L., Shimoni, E., Sinha, N. K., Smith, E. B., Surapat, S., Titchenal, A., & Toldrá, F. (2007). *Handbook of Food Products Manufacturing, Volume 2: Health, Meat, Milk, Poultry, Seafood, and Vegetables*. John Wiley & Sons.
- Irudayaraj, J., Chen, M., & McMahon, D. J. (1999). Texture Development in Cheddar Cheese During Ripening. *Canadian Agricultural Engineering*, 41(41), 253–258.
- Jaster, H., P., C., Auer, L., F.G.B., L., R.D., S., Esmerino, L., Nogueira, A., & Demiate, I. (2014). Quality evaluation of parmesan-type cheese: A chemometric approach. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 34, 181–188. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612014000100026>
- Jensen, R. G. (1995b). *Handbook of Milk Composition*. Elsevier eBooks. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-384430-9.x5000-8>
- Jordan, K. N., & Cogan, T. M. (1993). Identification and Growth of Non-Starter Lactic Acid Bacteria in Irish Cheddar Cheese. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, 32(1), 47–55. <http://www.jstor.org/stable/25562201>
- Kaminarides, S., & Stachtiaris, S. (2000). Production of processed cheese using kasseri cheese and processed cheese analogues incorporating whey protein concentrate and soybean oil. *International Journal of Dairy Technology*, 53(2), 69–74. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2000.tb02661.x>
- Kandarakis, I., Moschopoulou, E., Moatsou, G., & Anifantakis, E. (1998). Effect of starters on gross and microbiological composition and organoleptic characteristics of Graviera Kritis cheese. *Lait*, 78(5), 557–568. <https://doi.org/10.1051/lait:1998551>
- Kindstedt, P. S. (2013a). The making of great cheeses. *Microbe*, 8 (9), 361–367

- Kongo, J. M., & Malcata, F. X. (2016). Cheese: Types of Cheeses – Hard. In B. Caballero, P. M. Finglas, & F. Toldrá (Eds.), *Encyclopedia of Food and Health* (pp. 763–767). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00134-3>
- Law, B. A., & Tamime, A. Y. (2010). Technology of cheesemaking. In *Wiley eBooks*. <https://doi.org/10.1002/9781444323740>
- Lawrence, R. C., Creamer, L. K., & Gilles, J. (1987). Texture Development During Cheese Ripening. *Journal of Dairy Science*, 70(8), 1748–1760. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(87\)80207-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(87)80207-2)
- Lenoir J, Lambert G, Schmidt JL, Tourneur C. 1985. La maîtrise du bioréacteur fromage. *Biofutur* 41:23–50.
- Litopoulou-Tzanetaki, E., & Tzanetakis, N. (2011). Microbiological characteristics of Greek traditional cheeses. *Small Ruminant Research*, 101(1), Article 1. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.09.022>
- Litopoulou-Tzanetaki, E., & Vafopoulou-Mastrojiannaki, A. (1988). Diacetyl and Acetaldehyde Concentrations During Ripening of Kefalotyri Cheese. *Journal of Food Science*, 53(2), 663–664. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1988.tb07784.x>
- Lucey, J. A., Johnson, M. E., & Horne, D. S. (2003). Invited Review: Perspectives on the Basis of the Rheology and Texture Properties of Cheese. *Journal of Dairy Science*, 86(9), 2725–2743. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73869-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73869-7)
- Lomholt, S. B., & Qvist, K. (1999). Gel firming rate of rennet curd as a function of rennet concentration. *International Dairy Journal*, 9(3–6), 417–418. [https://doi.org/10.1016/s0958-6946\(99\)00114-4](https://doi.org/10.1016/s0958-6946(99)00114-4)
- Malegori, C., Oliveri, P., Mustorgi, E., Boggiani, M. A., Pastorini, G., & Casale, M. (2021). An in-depth study of cheese ripening by means of NIR hyperspectral imaging: Spatial mapping of dehydration, proteolysis and lipolysis. *Food Chemistry*, 343, 128547. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128547>
- McSweeney, P. L. H. (2004). Biochemistry of cheese ripening. *International Journal of Dairy Technology*, 57(2–3), Article 2–3. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2004.00147.x>
- McSweeney, P. L. H., & Sousa, M. J. (2000). Biochemical pathways for the production of flavour compounds in cheeses during ripening: A review. *Le Lait*, 80(3), 293–324. <https://doi.org/10.1051/lait:2000127>
- Meinhart, E., & Schreier, P.P. (1986). Study of flavour compounds from Parmigiano Reggiano cheese. *Milchwissenschaft-milk Science International*, 41, 689–691.
- M. Shahbandeh (2023). Global cheese production 2015-2023. *Statista*. <https://www.statista.com/statistics/1120911/cheese-production-worldwide/>
- Min, B. R., Hart, S., Sahlu, T., & Satter, L. (2005). The effect of diets on milk production and composition, and on lactation curves in pastured dairy goats. *Journal of Dairy Science*, 88(7), 2604–2615. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(05\)72937-4](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(05)72937-4)

- Mpagana, M., and J. Hardy. 1986. Effect of salting on some rheological properties of fresh Camembert cheese as measured by uniaxial compression. *Milchwissenschaft* 41:210.
- Nöel Y. 2002. Vers une approche globale de la characterization des fromages. INRA-ENITAC Agriculture et produits alimentaires de montagne. *Collection Actes* 8:85–89.
- Olson, N. F. (1990). The impact of lactic acid bacteria on cheese flavor. *FEMS Microbiology Letters*, 87(1–2), Article 1–2. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6968.1990.tb04884.x>
- Ottogalli G (1998) A global comparative method for the classification of world cheeses (with special reference to microbiological criteria). *Ann Microbiol Enzymol* 48:31–57
- Ottogalli G (2000a) A global comparative method for the classification of world cheeses (with special reference to microbiological criteria). *Ann Microbiol Enzymol* 50:151–155
- Ottogalli G (2000b) Proposta di aggiornamento nella classificazione dei formaggi con particolare riferimento agli aspetti microbiologici. *Alimenta* 8:147–165
- Ottogalli G (2001) *Atlante dei Formaggi*. Hoepli, Milan
- 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 Research*, 5(6), Article 6. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.5\(6\).132](https://doi.org/10.26656/fr.2017.5(6).132)
- Papademas, P., & Bintsis, T. (2017a). *Global Cheesemaking Technology*. In *Wiley eBooks*. <https://doi.org/10.1002/9781119046165>
- Papademas, P., & Bintsis, T. (2017). *Global Cheesemaking Technology: Cheese Quality and Characteristics*. John Wiley & Sons.
- Park, Y. W., Juárez, M., Ramos, M., & Haenlein, G. (2007). Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, 68(1–2), 88–113. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.09.013>
- Peleg, M. (1976). CONSIDERATIONS OF A GENERAL RHEOLOGICAL MODEL FOR THE MECHANICAL BEHAVIOR OF VISCOELASTIC SOLID FOOD MATERIALS. *Journal of Texture Studies*, 7(2), 243–255. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.1976.tb01265.x>
- 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. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73163-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73163-X)
- Pollard, A., Sherkat, F., Seuret, M. G., & Halmos, A. L. (2003). Textural Changes of Natural Cheddar Cheese During the Maturation Process. *Journal of Food Science*, 68(6), 2011–2016. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2003.tb07010.x>

- Pripp, A. H., Skeie, S., Isaksson, T., Borge, G. I. A., & Sørhaug, T. (2006). Multivariate modelling of relationships between proteolysis and sensory quality of Präst cheese. *International Dairy Journal*, 16(3), 225–235. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2005.02.007>
- Regulation (EU) No 1151/2012 of the European Parliament and of the Council of 21 November 2012 on quality schemes for agricultural products and foodstuffs.*
- Santiago-López, L., Aguilar-Toalá, J. E., Hernández-Mendoza, A., Vallejo-Córdova, B., Liceaga, A. M., & González-Córdova, A. F. (2018). Invited review: Bioactive compounds produced during cheese ripening and health effects associated with aged cheese consumption. *Journal of Dairy Science*, 101(5), 3742–3757. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13465>
- Shahani, K. M. (1966). Milk Enzymes: Their role and Significance. *Journal of Dairy Science*, 49(8), 907–920. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(66\)87980-8](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(66)87980-8)
- Salek, R. N., Buňka, F., & Černíková, M. (2022). Chapter 3—The use of different cheese sources in processed cheese. In M. El-Bakry & B. M. Mehta (Eds.), *Processed Cheese Science and Technology* (pp. 79–113). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821445-9.00010-8>
- Salum, P., Erbay, Z., & Selli, S. (2019). The compositional properties, proteolytic–lipolytic maturation parameters and volatile compositions of commercial enzyme-modified cheeses with different cheese flavours. *International Journal of Dairy Technology*, 72(3), Article 3. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12591>
- Skalkos, D., Bamicha, K., Kosma, I. S., & Samara, E. (2023). Greek Semi-Hard and Hard Cheese Consumers' Perception in the New Global Era. *Sustainability*, 15(7), Article 7. <https://doi.org/10.3390/su15075825>
- Sousa, M. J., Ardö, Y., & McSweeney, P. L. H. (2001). Advances in the study of proteolysis during cheese ripening. *International Dairy Journal*, 11(4–7), 327–345. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(01\)00062-0](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(01)00062-0)
- Szczesniak, A.S. (1963) Classification of Texture Characteristics. *Journal of Food Science*, 28, 385-389. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1963.tb00215.x>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.190>
- Toelstede, S., Dunkel, A., & Hofmann, T. (2009). A series of kokumi peptides impart the Long-Lasting mouthfulness of matured gouda cheese. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(4), 1440–1448. <https://doi.org/10.1021/jf803376d>
- Tsiboukas, K.; Karanikolas, P.; Stachtiaris, S.; Kominakis, A.; Spilioti, M. A niche strategy for geographical indication products, by valorising local resources: The Greek cheese Ladotyri Mytilinis. *Int. J. Agric. Resour. Gov. Ecol.* 2022, 18, 160–181

- Urbach, G. (1993). Relations between cheese flavour and chemical composition. *International Dairy Journal*, 3(4–6), 389–422. [https://doi.org/10.1016/0958-6946\(93\)90025-u](https://doi.org/10.1016/0958-6946(93)90025-u)
- Vakoufaris, H. The impact of ladotyri mytilinis PDO cheese on the rural development of Lesvos Island, Greece. *Local Environ.* 2010, 15, 27–41
- Van Vliet, T. (1988). Rheological properties of filled gels. Influence of filler matrix interaction. *Colloid and Polymer Science*, 266(6), 518–524. <https://doi.org/10.1007/bf01420762>
- Van Slyke LL, Price WV (1949) Cheese. Orange Judd, New York
- Vatavali, K., Kosma, I., Louppis, A., Gatzias, I., Badeka, A. V., & Kontominas, M. G. (2020). Characterisation and differentiation of geographical origin of Graviera cheeses produced in Greece based on physico-chemical, chromatographic and spectroscopic analyses, in combination with chemometrics. *International Dairy Journal*, 110, 104799. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2020.104799>
- Velčovská, Š., & Sadílek, T. (2015). Certification of cheeses and cheese products origin by EU countries. *British Food Journal*, 117(7), 1843–1858. <https://doi.org/10.1108/BFJ-10-2014-0350>
- Vigne, J., & Helmer, D. (2007). Was milk a « secondary product » in the Old World Neolithisation process? Its role in the domestication of cattle, sheep and goats. *Anthropozoologica*, 42(2), 9–40. Retrieved from <https://sciencepress.mnhn.fr/en/periodiques/anthropozoologica/42/2/1-exploitation-du-lait-t-elle-valeur-de-production-secondaire-dans-la-neolithisation-de-l-europe-son-role-dans-la-domestication-des-bovins-des-moutons-et-des-chevres>
- Watkinson, P., Coker, C., Crawford, R., Dodds, C., Johnston, K., McKenna, A., & White, N. (2001). Effect of cheese pH and ripening time on model cheese textural properties and proteolysis. *International Dairy Journal*, 11(4–7), 455–464. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(01\)00070-X](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(01)00070-X)
- Williams, P.C. and Sobering, D.C. (1996) How Do We Do It: A Brief Summary of the Methods We Use in Developing near Infrared Calibration. In: Davis, A.M.C. and Williams, P., Eds., Near Infrared Spectroscopy: The Future Waves, NIR Publications, Chichester, 185-188.
- Zareef, M., Chen, Q., Hassan, M. M., Arslan, M., Hashim, M. M., Ahmad, W., Kutsanedzie, F. Y. H., & Agyekum, A. A. (2020). An Overview on the Applications of Typical Non-linear Algorithms Coupled With NIR Spectroscopy in Food Analysis. *Food Engineering Reviews*, 12(2), 173–190. <https://doi.org/10.1007/s12393-020-09210-7>

Ελληνική Βιβλιογραφία

- Άρθρο 83, Τυροκομικά Προϊόντα Έκδοση 3 (2014). Κώδικας Τροφίμων και Ποτών.
- Ανυφαντάκης Ε. (2004). Τυροκομία: Χημεία, Φυσικοχημεία, Μικροβιολογία, 2η Έκδοση, Εκδόσεις Σταμούλη Α.Ε, Αθήνα.
- Βε, Μ. (2023, January 17). Raw Cheese: Τυρί από μη παστεριωμένο γάλα για πρώτη φορά στην Ελλάδα - Τα πλεονεκτήματα. Η ΝΑΥΤΕΜΠΟΡΙΚΗ. Retrieved from <https://www.naftemporiki.gr>
- Belitz H.D., Grosch W. & Schieberle P. (2012). Χημεία τροφίμων 4^η Έκδοση, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη.
- Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛΣΤΑΤ, 2019). Ετήσια Γεωργική Στατιστική Έρευνα (ΕΓΕ). <https://www.statistics.gr/documents/20181/96929c5c-54d8-ccca-22fe-1c7af02f8bf3>
- Κεχαγιάς Χ., Τσάκαλη Ε. (2020). Επιστήμη και Τεχνολογία Γάλακτος και Γαλακτοκομικών Προϊόντων (2η έκδοση). Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών
- Ταστάνη Π., Τσίγκα Μ. (2018). Μελέτη των φυσικοχημικών και ρεολογικών χαρακτηριστικών Λαδοτυριού και Γραβιέρας Μυτιλήνης κατά την ωρίμανση, Πτυχιακή Εργασία, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.

Πηγές εικόνων

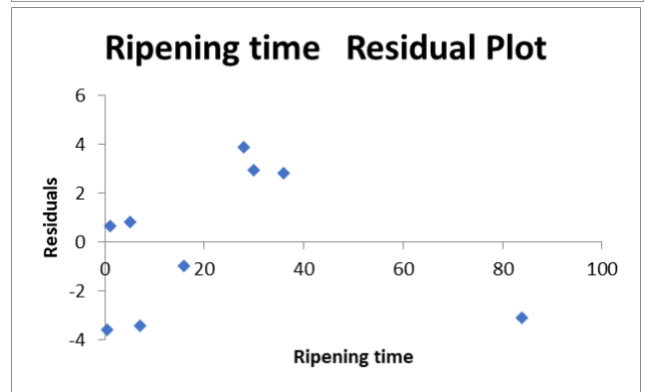
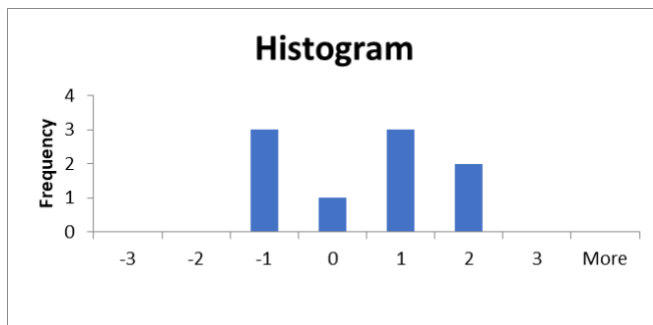
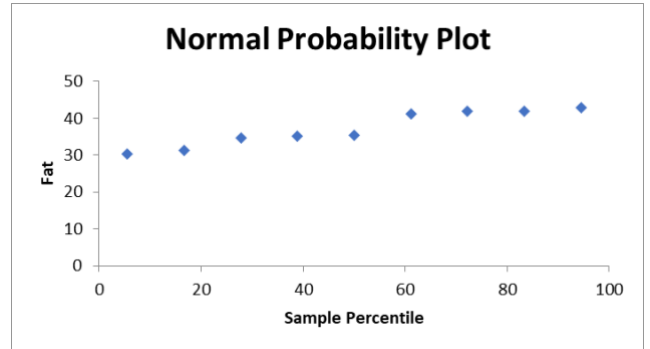
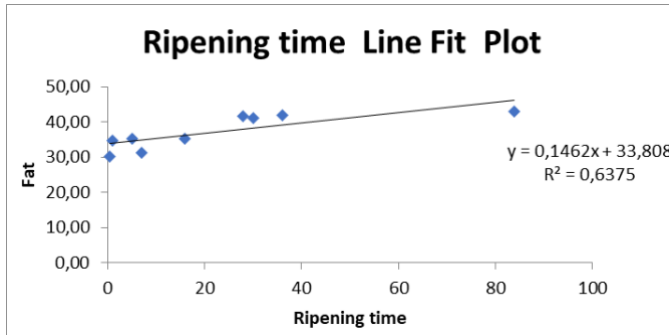
Εικόνα 1 : <https://scancotec.com/en/products/foodscan-analizador-para-lacteos/>

Εικόνα 2: <https://www.dstech.com.my/konica-minolta-chroma-meter-cr-400/>

Εικόνα 3: Προσωπικό αρχείο.

Παράρτημα

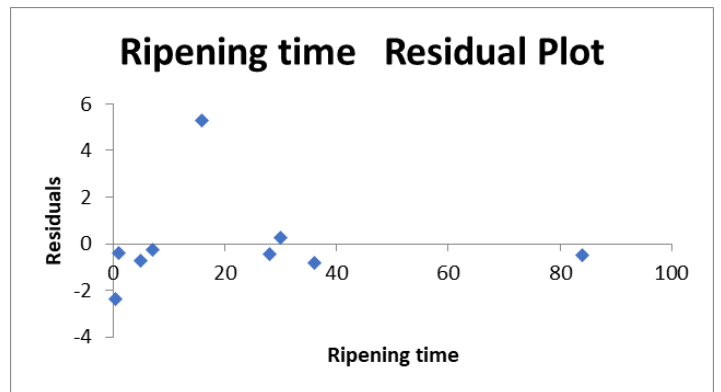
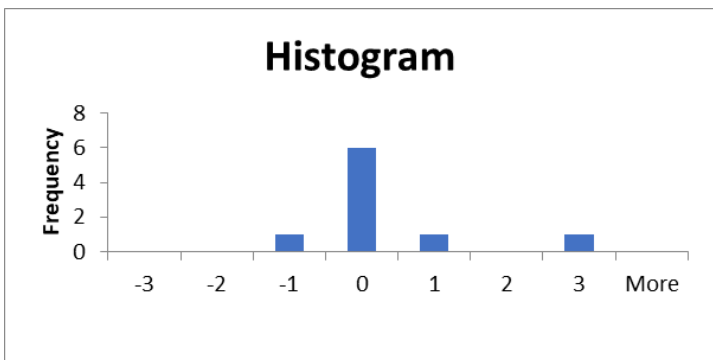
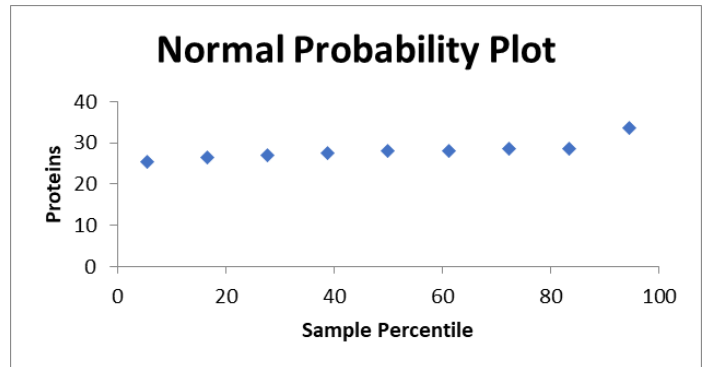
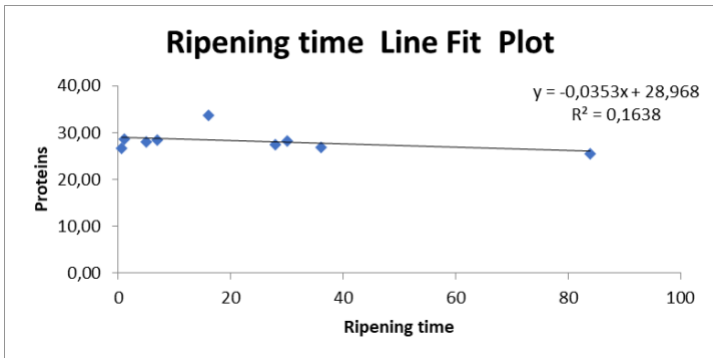
Residual plots for Fat



ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	119,4108	119,4108	12,309	0,009881044
Residual	7	67,90959	9,70137		
Total	8	187,3204			

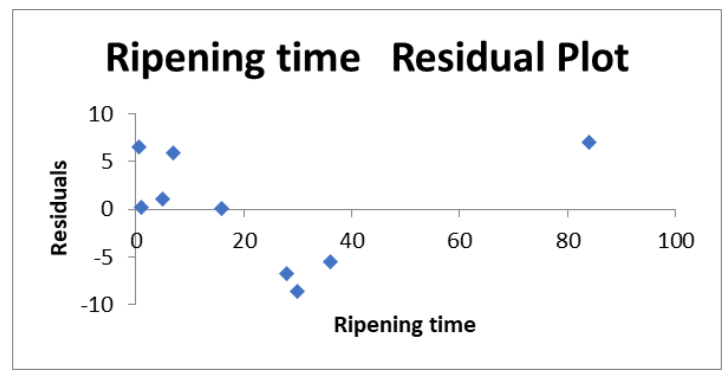
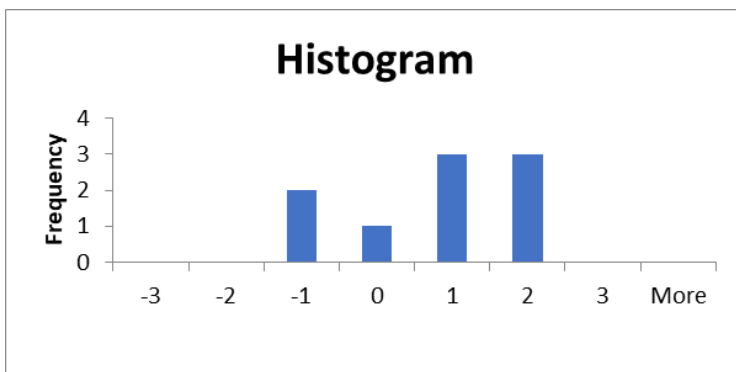
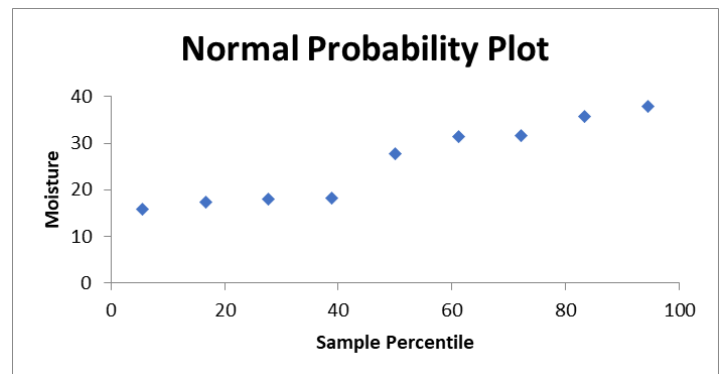
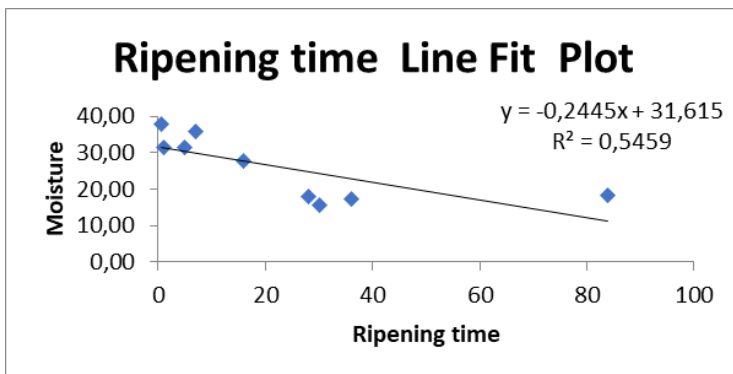
Residual plots for Proteins



ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	6,950122	6,950122	1,371413	0,27988527
Residual	7	35,47498	5,067854		
Total	8	42,4251			

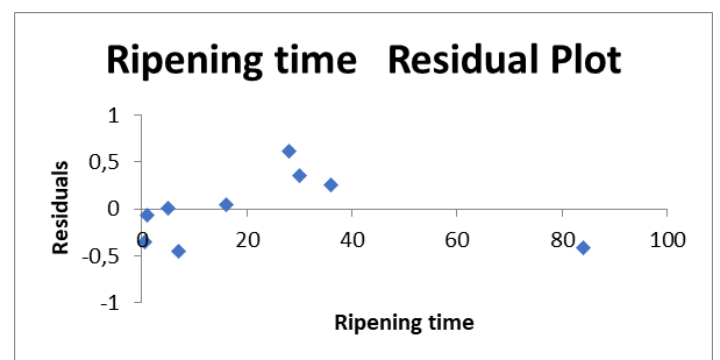
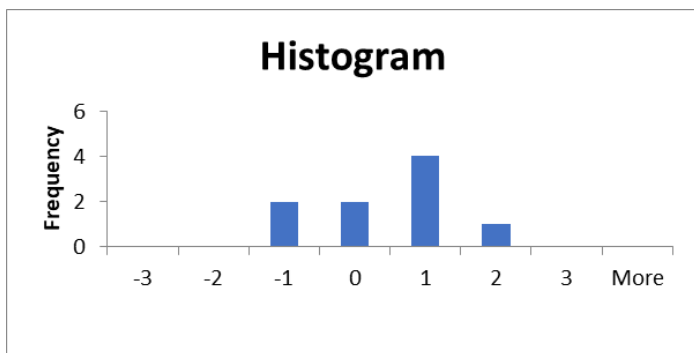
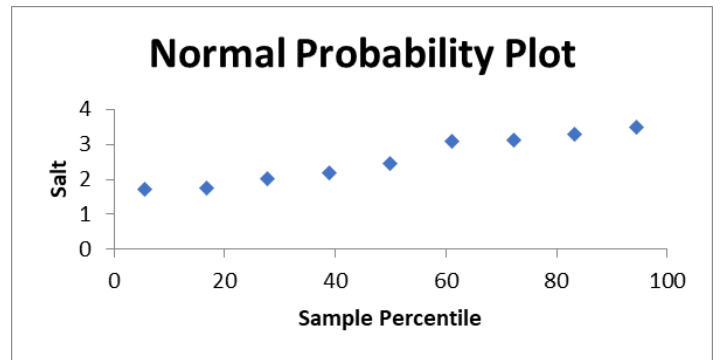
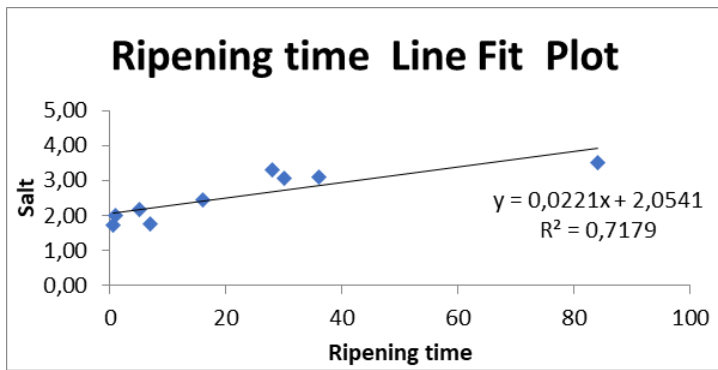
Residual plots for Moisture



ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	333,7182	333,7182	8,413875	0,02296404
Residual	7	277,6399	39,66284		
Total	8	611,3581			

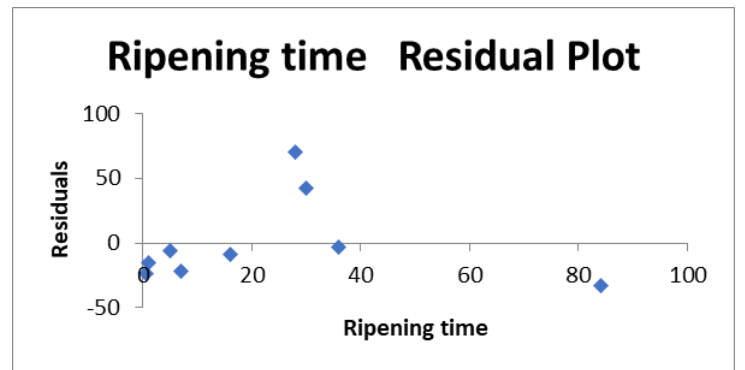
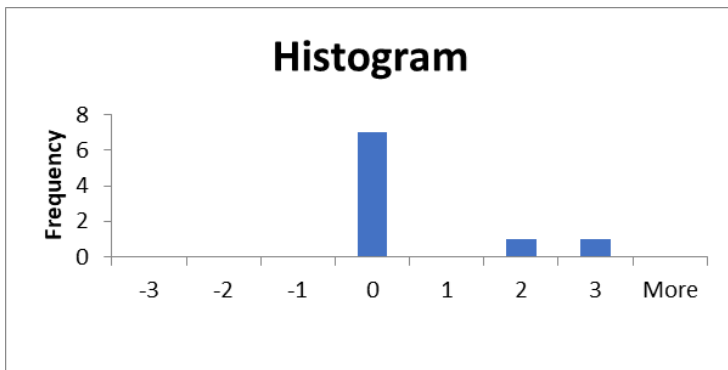
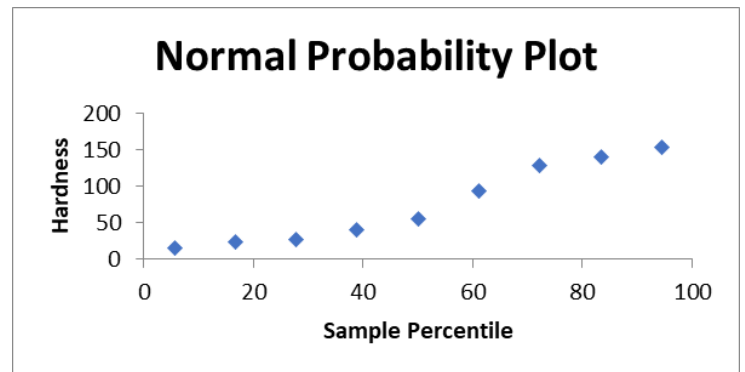
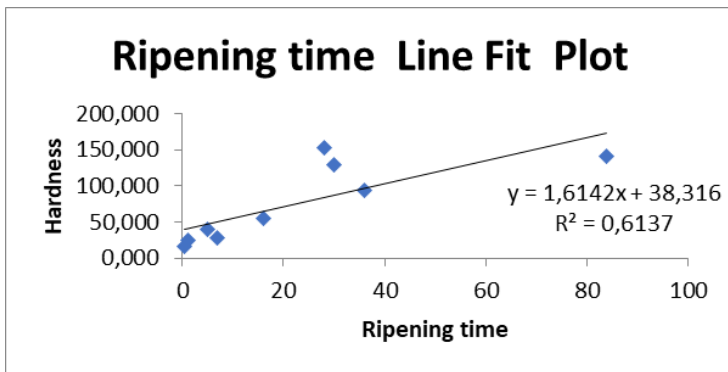
Residual plots for Salt



ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	2,723549	2,723549	17,81259	0,003934181
Residual	7	1,070301	0,1529		
Total	8	3,79385			

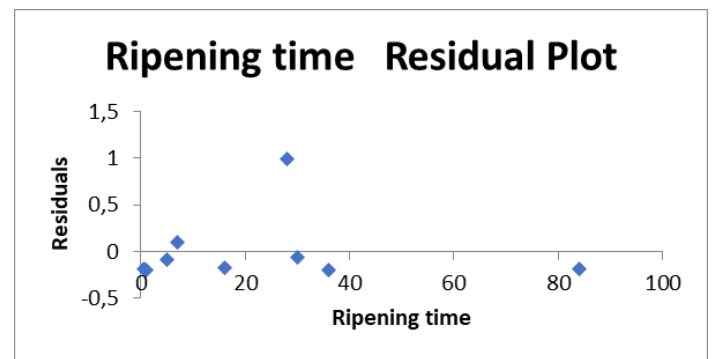
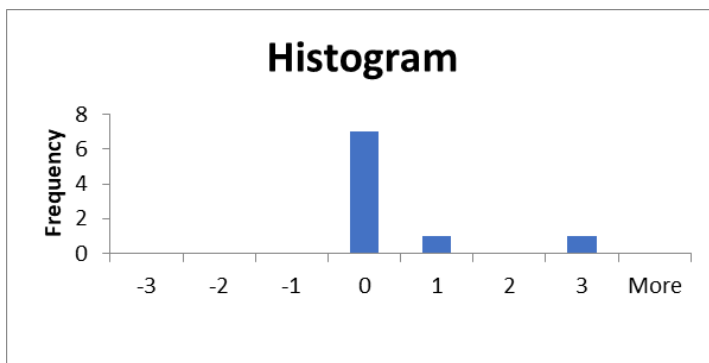
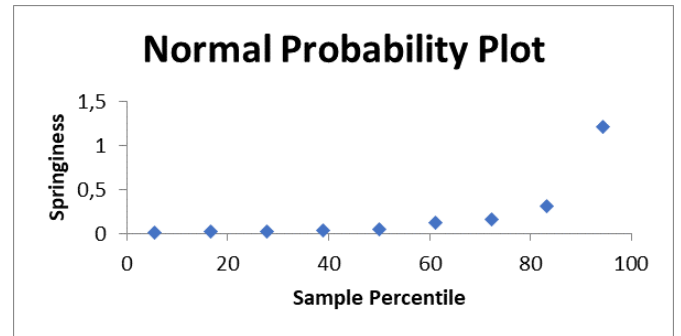
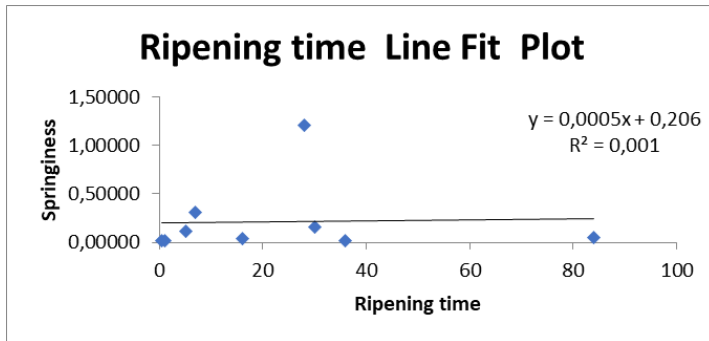
Residual plots for Hardness



ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	14548,13	14548,13	11,12136	0,012507277
Residual	7	9156,878	1308,125		
Total	8	23705,01			

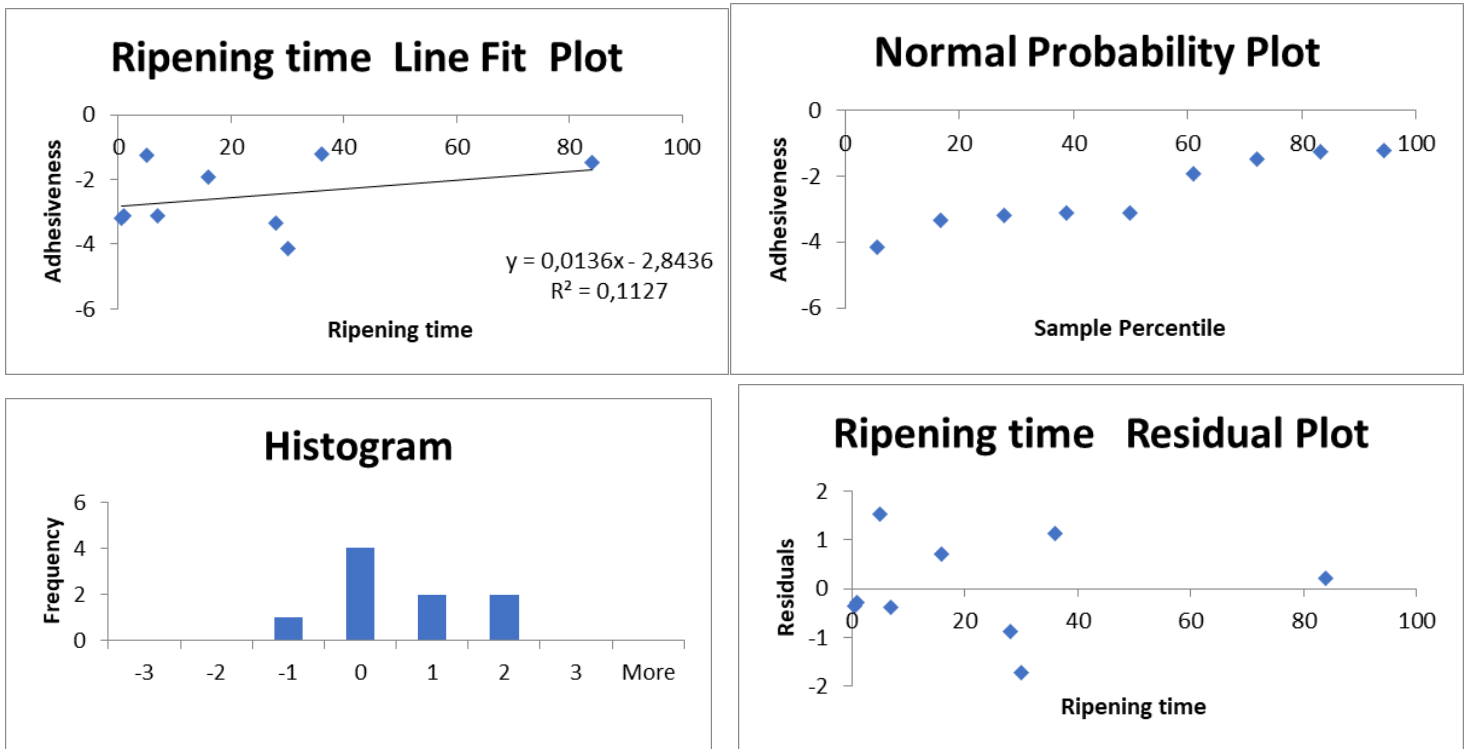
Residual plots for Springiness



ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	0,001151	0,001151	0,006812	0,936531724
Residual	7	1,182792	0,16897		
Total	8	1,183943			

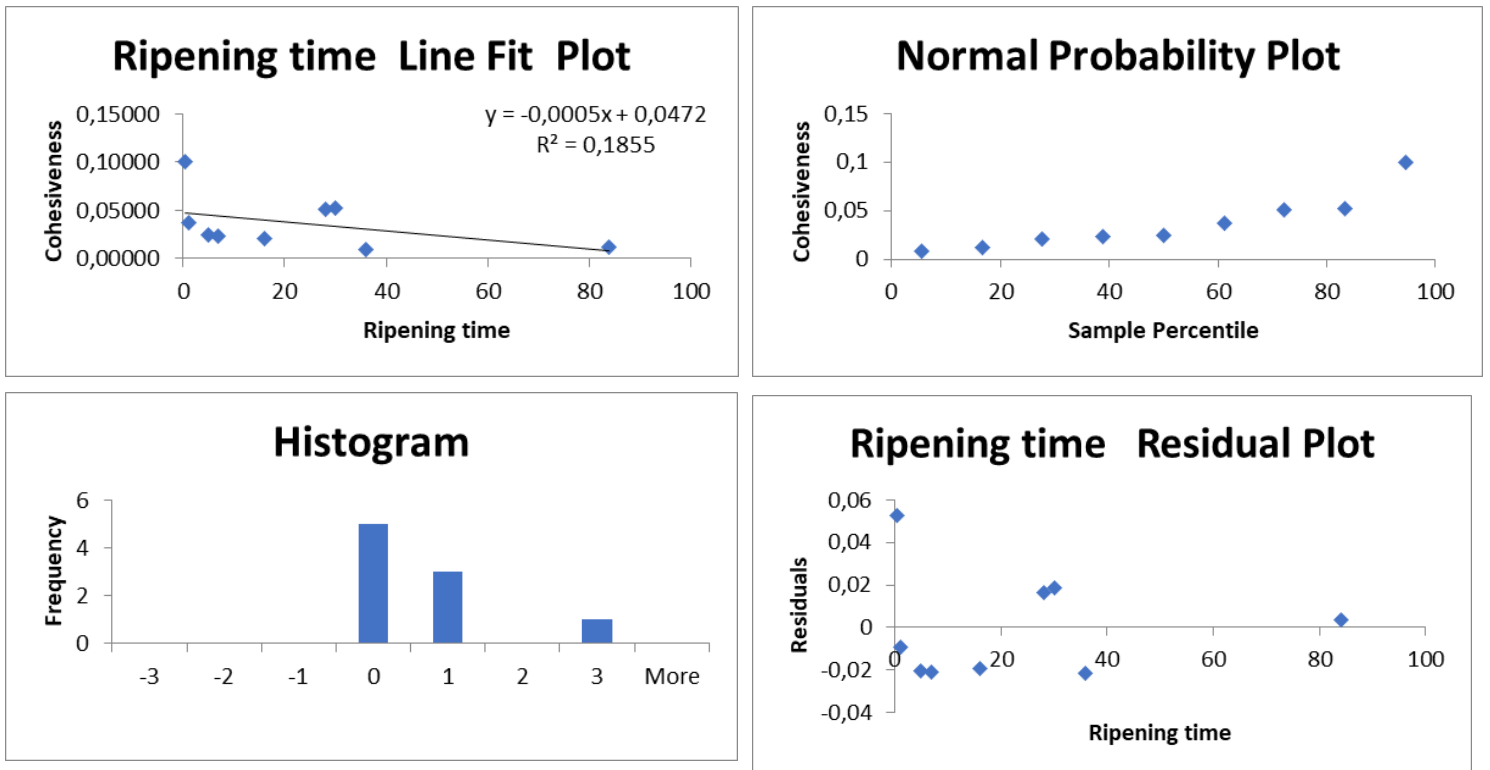
Residual plots for Adhesiveness



ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	1,037645	1,037645	0,888981	0,377147753
Residual	7	8,170604	1,167229		
Total	8	9,208249			

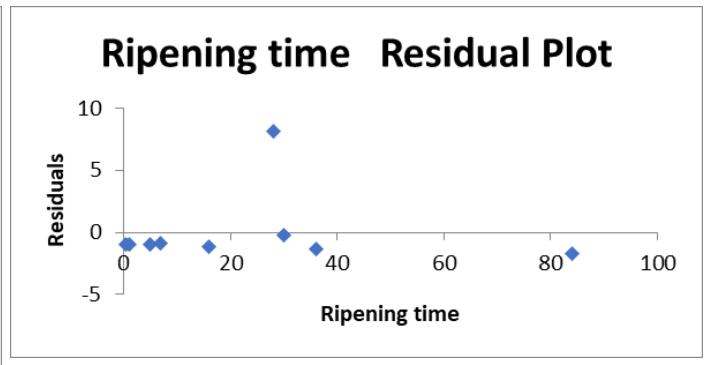
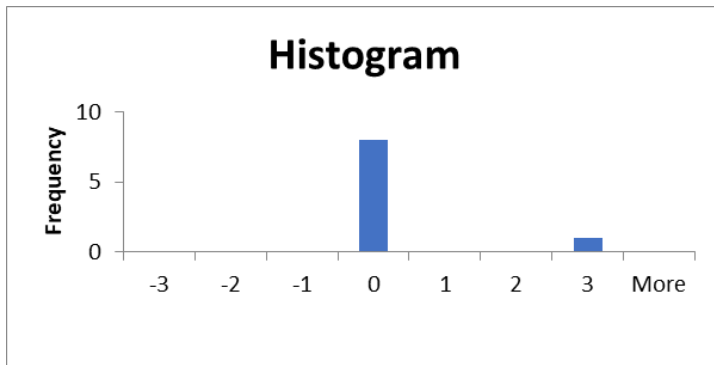
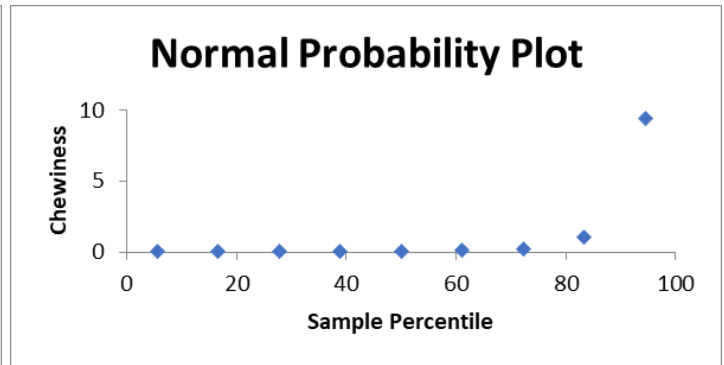
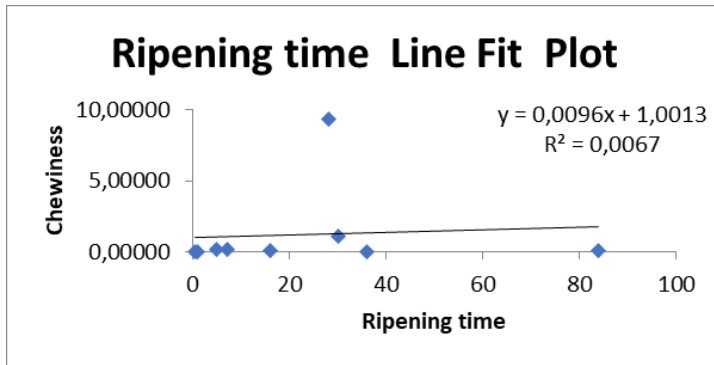
Residual plots for Cohesiveness



ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	0,001192	0,001192	1,594754	0,24708634
Residual	7	0,005232	0,000747		
Total	8	0,006424			

Residual plots for Chewiness



ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	0,509471	0,509471	0,047183	0,83423538
Residual	7	75,58468	10,79781		
Total	8	76,09416			