

ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΤΡΟΦΙΜΩΝ



ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΚΑΙ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ & ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

*Μελέτη των φυσικοχημικών και ρεολογικών
χαρακτηριστικών Λαδοτυριού και Γραβιέρας Μυτιλήνης
κατά την ωρίμανση*

**ΤΑΣΤΑΝΗ ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ
ΤΣΙΓΚΑ ΜΑΡΙΑ**

Επιβλέπων καθηγητής: ΘΩΜΑΡΕΪΣ ΑΠΟΣΤΟΛΟΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2018

Υποβολή πτυχιακής εργασίας που αποτελεί μέρος των απαιτήσεων για την απονομή του πτυχίου του Τμήματος Τεχνολογίας Τροφίμων του Αλεξάνδρειου Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Θεσσαλονίκης.

Μελέτη των φυσικοχημικών και ρεολογικών
χαρακτηριστικών Λαδοτυριού και Γραβιέρας Μυτιλήνης
κατά την ωρίμανση

Study of physicochemical and rheological characteristics
of the cheeses Ladotyri and Graviera of Mytilene during
ripening

Τασάνη Παναγιώτα
Τσίγκα Μαρία

Θεσσαλονίκη, Σεπτέμβριος 2018

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα θέλαμε να εκφράσουμε τις θερμότερες ευχαριστίες μας στον καθηγητή του Τμήματος Τεχνολογίας Τροφίμων, κ. Θωμάρεϊ Απόστολο, για την ανάθεση του θέματος και την αμέριστη συμπαράστασή του σε κάθε βήμα της εργασίας αυτής. Ευχαριστούμε, επίσης, τους κκ. Ραφαηλίδη Στυλιανό, Καραγιαννακίδη Παναγιώτη και Δημητρέλη Γεωργία για την πολύτιμη βοήθεια τους στην εκπόνηση της εργασίας και, τέλος, τον κ. Ταστάνη Παναγιώτη για την προσφορά των πειραματικών τυριών και χρήσιμων πληροφοριών επί της τεχνολογίας παρασκευής τους.

Περίληψη

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας ήταν η ωρίμανση και μελέτη των φυσικοχημικών και ρεολογικών ιδιοτήτων του Λαδοτυριού (Π.Ο.Π.) και της Γραβιέρας Μυτιλήνης. Τα τυριά παρασκευάστηκαν στον τυροκομείο Τασάνη στην Άγρα Μυτιλήνης και ωρίμασαν για 6 μήνες στη Θεσσαλονίκη συσκευασμένα υπό κενό στους 16°C. Οι αναλύσεις υλοποιήθηκαν στα εργαστήρια του Τμήματος Τεχνολογίας Τροφίμων του Α.Τ.Ε.Ι.Θ. Τόσο οι φυσικοχημικές όσο και οι ρεολογικές δοκιμές πραγματοποιήθηκαν εις διπλούν για κάθε δείγμα τυριού μηνιαία. Προσδιορίστηκε η χημική σύσταση των τυριών, όπως η πρωτεΐνη με την μέθοδο Kjeldahl, το λίπος με τη μέθοδο Gerber, το pH, η υγρασία κ.ά. Η μελέτη των ρεολογικών χαρακτηριστικών πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο της ανάλυσης του προφίλ υφής (TPA) και τη δοκιμή της χαλάρωσης τάσης. Αμφότερες οι δοκιμές διεξήχθησαν με τη συσκευή TA – XT Plus Universal Texture Analyser. Κατά τη δοκιμή της ανάλυσης του προφίλ υφής, προσδιορίστηκαν ρεολογικές ιδιότητες των τυριών, όπως η σκληρότητα, η ευθραυστότητα, η συνεκτικότητα κ.ά, ενώ με τη μέθοδο της χαλάρωσης τάσης, προσδιορίστηκε ο λόγος της υπολειμματικής δύναμης χαλάρωσης προς την αρχική δύναμη χαλάρωσης, ο οποίος εκφράζει ελαστικότητα. Από τα αποτελέσματα προέκυψε ότι τα χημικά συστατικά, και κυρίως η υγρασία και η πρωτεΐνη, επηρέασαν άμεσα τις ρεολογικές ιδιότητες των τυριών. Πιο συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε ότι η Γραβιέρα, λόγω της χαμηλότερης υγρασίας της σε σχέση με το Λαδοτύρι, είναι πλουσιότερη σε πρωτεΐνη, αλλά και σε λίπος, με αποτέλεσμα να έχει υψηλότερες τιμές στις ρεολογικές ιδιότητες. Δηλαδή, το πυκνότερο πρωτεϊνικό πλέγμα της Γραβιέρας είναι υπεύθυνο για την πιο συνεκτική και σκληρή υφή της. Επίσης, κατά τους τρεις πρώτους μήνες ωρίμανσης, η υγρασία σημείωσε μείωση και στα δύο τυριά, που επέφερε αύξηση όλων των ρεολογικών ιδιοτήτων. Αντίθετα, κατά τους τρεις τελευταίους μήνες ωρίμανσης, όλες οι ρεολογικές ιδιότητες των τυριών μειώθηκαν, λόγω της πρωτεόλυσης και, κατ' επέκταση, της εξασθένησης του πρωτεϊνικού τους πλέγματος.

Λέξεις-κλειδιά: Λαδοτύρι, Γραβιέρα, ανάλυση του προφίλ υφής, δοκιμή χαλάρωσης τάσης, ρεολογικές ιδιότητες

Abstract

The subject of this work was the ripening and the study of the physicochemical and rheological properties of the cheeses Ladotyri (PDO) and Graviera of Mytilene. The cheeses were manufactured in Agra of Mytilene at the Tastani's creamery and matured for 6 months in Thessaloniki packed under vacuum at 16°C. The analyzes were carried out at the laboratories of the Food Technology Department of ATEI of Thessaloniki. Both physicochemical and rheological tests were performed in duplicate for each cheese sample monthly. Compositional parameters such as protein with the Kjeldahl method, fat with Gerber method, pH, humidity, etc. were determined. The study of rheological characteristics was carried out by the method of texture profile analysis (TPA) and the stress-relaxation test. Both tests were conducted with the TA-XT Plus Universal Texture Analyzer. Through TPA test, rheological properties of the cheeses were determined such as hardness, brittleness, cohesiveness, etc., while the stress relaxation method determined the ratio of the residual relaxation force to the initial relaxation force, which expresses elasticity. The results showed that the chemical composition, especially the moisture and protein, directly affected the rheological properties of the cheeses. In particular, it was observed that Graviera, because of its lower moisture content in relation to Ladotyri, is richer in protein but also in fat, resulting in higher values in rheological properties. That is, the denser protein matrix of Graviera is responsible for its more cohesive and harder texture. Also, during the first three months of ripening, the moisture decreased in both cheeses, resulting in an increase in all rheological properties. In contrast, during the last three months of ripening, all the rheological properties of the cheeses have decreased, due to proteolysis and, consequently, weakening of their protein matrix.

Key words: Ladotyri, Graviera, TPA, stress-relaxation test, rheological properties

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή.....	8
2. Βιβλιογραφική ανασκόπηση.....	9
2.1 Νομοθεσία.....	9
2.2 Ταξινόμηση τυριών.....	10
2.3. Τυριά Π.Ο.Π.....	13
2.4.Ελληνικά τυριά Π.Ο.Π.....	14
2.5.Γραβιέρα.....	15
2.5.1. Ιστορικά στοιχεία Γραβιέρας.....	15
2.5.2. Τεχνολογία παρασκευής Γραβιέρας.....	16
2.6. Λαδοτύρι.....	17
2.6.1. Ιστορικά στοιχεία για το Λαδοτύρι.....	17
2.6.2. Τεχνολογία παρασκευής Λαδοτυριού.....	18
2.7. Ωρίμανση των τυριών.....	19
2.8. Η βιοχημεία ωρίμανσης των τυριών.....	20
2.8.1. Πρωτεόλυση.....	21
2.8.2. Γλυκόλυση.....	23
2.8.3. Μεταβολισμός του κιτρικού οξέος.....	24
2.8.4. Λιπόλυση.....	26
2.9.Επίδραση της ωρίμανσης στα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του τυριού.....	29
2.10.Ρεολογία.....	32
2.10.1. Γενικά για τη Ρεολογία.....	32
2.10.2. Η ρεολογία του τυριού.....	34
2.10.3. Παράγοντες που επηρεάζουν τις ρεολογικές ιδιότητες των τυριών.....	35
2.10.4. Ρεολογικές μέθοδοι.....	36
3. Σκοπός της Εργασίας.....	44
4.Υλικά και μέθοδοι.....	45
4.1. Παρασκευή Λαδοτυριού Μυτιλήνης.....	45
4.2 Παρασκευή Γραβιέρας Μυτιλήνης.....	45
4.3 Ωρίμανση των τυριών.....	46
4.4. Φυσικοχημικές αναλύσεις.....	46
4.4.1 Προσδιορισμός υγρασίας.....	46
4.4.2. Προσδιορισμός λίπους.....	48
4.4.3. Προσδιορισμός του pH.....	49

4.4.5. Προσδιορισμός της τέφρας.....	50
4.4.6. Προσδιορισμός Πρωτεϊνών.....	51
4.4.7. Προσδιορισμός του μη πρωτεϊνικού αζώτου	55
4.5. Ρεολογικές Αναλύσεις.....	57
4.5.1 Περιγραφή του Texture Analyser TA.XT.plus.....	57
4.5.2 Πειραματική μεθοδολογία.....	57
4.5.2.1. Ανάλυση του προφίλ υφής	58
4.5.2.2. Δοκιμή της χαλάρωσης τάσης.....	58
5. Στατιστικός έλεγχος.....	60
6. Αποτελέσματα.....	61
6.1 Φυσικοχημικές παράμετροι.....	61
6.1.1. Υγρασία	61
6.1.2. Πρωτεΐνη	62
6.1.3. Μη πρωτεϊνικό άζωτο	63
6.1.4 Λίπος.....	64
6.1.5. Τέφρα	65
6.1.6. pH	66
6.2. Ρεολογικές παράμετροι	67
6.2.1. Σκληρότητα 1.....	67
6.2.2 Σκληρότητα 2.....	69
6.2.3. Συνεκτικότητα	70
6.2.4. Ελαστικότητα.....	71
6.2.5 Ευθραυστότητα	72
6.2.6 Ελαστικότητα κατά τη δοκιμή χαλάρωσης τάσης.....	73
6.3. Συσχετίσεις μεταξύ χημικών και ρεολογικών παραμέτρων	74
6.4 Συσχετίσεις μεταξύ ρεολογικών παραμέτρων.....	75
7. Συμπεράσματα	76
8. Προτάσεις για μελλοντική έρευνα.....	77
9. Βιβλιογραφία	78
Παράρτημα.....	87

1. Εισαγωγή

Το τυρί είναι το κοινό όνομα για μια ομάδα τροφίμων που έχουν βασιστεί στη ζύμωση του γάλακτος, παραγόμενα σε μια ευρεία ποικιλία γεύσεων και αρωμάτων (Fox et al., 2004). Οι ρεολογικές ιδιότητες του τυριού παίζουν σημαντικό ρόλο στον προσδιορισμό της δομής και των χαρακτηριστικών της υφής του τυριού. Θεωρείται πως το τυρί έχει ιξωδοελαστική φύση, η οποία παρουσιάζει και ελαστική και ιξώδη συμπεριφορά (Kostance & Holsinger, 1992).

Σύμφωνα με τον Κώδικα Τροφίμων και Ποτών, άρθρο 83, στα σκληρά τυριά ανήκουν η Γραβιέρα και το Λαδοτύρι. Η Γραβιέρα παράγεται σε όλη την Ελλάδα, ενώ το Λαδοτύρι το οποίο είναι Π.Ο.Π., παράγεται μόνο στο νησί της Λέσβου. Και τα δύο τυριά παρασκευάζονται παραδοσιακά από πρόβειο γάλα ή μίξη πρόβειου γάλακτος με κατσικίσιο.

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκαν η Γραβιέρα Μυτιλήνης και το Λαδοτύρι (Π.Ο.Π.) Μυτιλήνης σε διάφορα στάδια της ωρίμανσής τους. Η ωρίμανση είναι ένα σύμπλεγμα πολλαπλών βιοχημικών αντιδράσεων αποικοδόμησης και σύνθεσης. Κατά την διάρκεια της ωρίμανσης λαμβάνουν μέρος δομικές αλλαγές και ευρέως η υφή των τυριών χαρακτηρίζεται χρησιμοποιώντας πειράματα μη αξονικής συμπίεσης παράλληλων-πλακών που καταγράφουν διαγράμματα δύναμης-παραμόρφωσης. Επίσης, καθώς το τυρί είναι ιξωδοελαστικό υλικό είναι σημαντικό να εφαρμόζονται πειράματα χαλάρωσης όπου το τυρί υποβάλλεται σε σταθερή παραμόρφωση για περιορισμένο χρόνο, ενώ παράλληλα καταγράφονται οι αλλαγές της τάσης (Bertola et al., 2000).

Η παρούσα εργασία αποτελείται από δύο επιμέρους συγκριτικές μελέτες, των φυσικοχημικών και ρεολογικών παραμέτρων των δύο διαφορετικών τυριών με σκοπό την σύγκριση τους και την επίδραση των παραμέτρων αυτών στα τυριά με την πάροδο του χρόνου ωρίμανσης.

2. Βιβλιογραφική ανασκόπηση

2.1 Νομοθεσία

Σύμφωνα με τον Κώδικα Τροφίμων και Ποτών (2014), τα τυριά χωρίζονται στις παρακάτω κατηγορίες:

· Τυριά από γάλα με ωρίμανση , τα οποία ορίζονται ως εξής : <<Τα τυριά αυτά, είναι τα προϊόντα ωρίμανσης του πήγματος που είναι απαλλαγμένο από το τυρόγαλα στον επιθυμητό κάθε φορά βαθμό και τα οποία παρασκευάστηκαν, με την επενέργεια πυτιάς ή άλλων ενζύμων που δρουν ανάλογα σε γάλα (νωπό ή παστεριωμένο, αγελάδας, προβάτου, κατσίκας, βουβάλου και μίγματα αυτών) ή σε μερικώς αποβουτυρωμένο γάλα ή σε μίγματα αυτών ή/και σε μίγματα αυτών με κρέμα γάλακτος (αφρόγαλα)>>.

1. Πολύ σκληρά τυριά, με μέγιστη υγρασία 32%.
 2. Σκληρά τυριά, με μέγιστη υγρασία 38%.
 3. Ημίσκληρα τυριά, με μέγιστη υγρασία 46%.
 4. Τυριά των παραπάνω κατηγοριών, τριμμένα ή συσκευασμένα σε ένα κομμάτι.
 5. Μαλακά τυριά, με μέγιστη υγρασία 58 %.
- (a) Λευκά τυριά άλμης.
- (b) Υπόλοιπα μαλακών τυριών.

· Τυριά από γάλα χωρίς ωρίμανση, με τον ακόλουθο ορισμό : <<Τα τυριά χωρίς ωρίμανση με αλοιφώδη υφή χαρακτηρίζονται τα φρέσκα (νωπά) τυριά που παρασκευάζονται με την επενέργεια αβλαβών οξυγαλακτικών καλλιεργειών βακτηρίων σε παστεριωμένο γάλα ή παστεριωμένο γάλα και παστεριωμένη κρέμα γάλακτος (αφρόγαλα) και των οποίων η υγρασία δεν υπερβαίνει το 75%>>.

· Τυριά από τυρόγαλα με ή χωρίς ωρίμανση, για τα οποία δίνεται ο ακόλουθος ορισμός : << Τυριά τυρογάλακτος χαρακτηρίζονται τα τυριά, τα οποία λαμβάνονται με ισχυρή θέρμανση τυρογάλακτος (με ή χωρίς οξίνιση) και με ή χωρίς προσθήκη:

- i. Γάλακτος (πρόσγαλα),

ii. Γάλακτος και κρέμας γάλακτος (αφρόγαλα),

iii. Βρώσιμου χλωριούχου νατρίου (κ. αλάτι),

Τα οποία μπορούν να διατεθούν νωπά (φρέσκα) [μερικά από αυτά μπορούν να διατεθούν και με μερική αφυδάτωση (ξερά) και άλλα κατόπιν ωρίμανσης] και των οποίων η υγρασία δεν υπερβαίνει το 70 %>>.

Για τα τυριά αυτά, ορίζονται τα επιτρεπόμενα πρόσθετα, οι συνθήκες και ο χρόνος της ωρίμανσης, οι συνθήκες αποθήκευσης, οι κατηγορίες ποιότητας και οι προδιαγραφές της καθεμιάς και τα χαρακτηριστικά των τυριών.

Τα ανακατεργασμένα τυριά ορίζονται ως εξής : <<Ανακατεργασμένα τυριά (processed cheese) ή τηγμένα τυριά (fromage fondu) και ανακατεργασμένα τυριά με αλοιφώδη υφή (spreadable processed cheese) ή τηγμένα τυριά με αλοιφώδη υφή χαρακτηρίζονται τα προϊόντα που παρασκευάζονται με άλεση, ανάμιξη, τήξη και γαλακτωματοποίηση διάφορων ειδών τυριών με θέρμανση και προσθήκη γαλακτωματοποιητών και με ή χωρίς την προσθήκη προϊόντων γάλακτος και/ή άλλων τροφίμων>>.

2.2 Ταξινόμηση τυριών

Η ταξινόμηση των τυριών αποτελεί δύσκολη υπόθεση. Αυτό συμβαίνει αφενός γιατί στις μέρες μας κυκλοφορούν στο εμπόριο πολλά είδη τυριών και αφετέρου γιατί δεν χρησιμοποιούνται για το σκοπό αυτό κοινά κριτήρια. Συμπερασματικά τα είδη τυριού είναι δυνατό να ταξινομηθούν κατά διαφορετικό τρόπο από χώρα σε χώρα και από διάφορους επιστήμονες. Η συνεκτικότητα, η υγρασία, η υγρασία στο άνευ λίπος τυρί, η εμφάνιση, ο τρόπος παρασκευής τους, το είδος του γάλακτος που χρησιμοποιήθηκε, η λιποπεριεκτικότητα, το λίπος επί % της ξηρής ουσίας του τυριού, ο χρόνος ωρίμανσης, ο τρόπος πήξης του γάλακτος και πολλά έχουν προταθεί σαν κριτήρια ταξινόμησής τους. (Ανυφαντάκης, 2004). Υπάρχουν πολλές γνωστές ονομασίες τυριών τα οποία δεν διαφέρουν ή διαφέρουν ελάχιστα μεταξύ τους. Δεν είναι λίγες οι περιπτώσεις που ένα είδος τυριού έχει οικειοποιηθεί από πολλές χώρες, οι οποίες διεκδικούν την αποκλειστικότητά του. Τέτοιου είδους τυριά αποτελούν το αγγλικό Cheddar, το ελληνικό Κεφαλοτύρι, το άσπρο τυρί Τελεμές, το τυρί Φέτα και το Roquefort . Οι ονομασίες των τυριών αυτών διαφέρουν από χώρα σε χώρα και διέπονται από τοπικές παραλλαγές π.χ. το

γαλλικό τυρί Roquefort παρασκευάζεται σχεδόν παντού με άλλες ονομασίες, όπως Danish Roquefort, Danablu, Blue-mold, Blue-veined (Ζερφυρίδης, 1989). Μερικοί διαχωρισμοί στα τυριά παρουσιάζονται στους Πίνακες 1, 2 και 3.

Σύμφωνα με το Codex General Standard for Cheese (Codex Stan 283, 1978), η ταξινόμηση των τυριών γίνεται ανάλογα με :

- την σκληρότητα (με κριτήριο την υγρασία εκφρασμένη στο ξηρό υπόλειμμα χωρίς λίπος)
- την λιπαρότητα (με κριτήριο την λιποπεριεκτικότητα εκφρασμένη στο ξηρό υπόλειμμα ή στο τυρί ως έχει)
- τον τρόπο ωρίμανσης

Πίνακας 1 .Κατάταξη των τυριών με κριτήρια την υγρασία, τον τρόπο ωρίμανσης και την λιποπεριεκτικότητα (Codex Stan 283-1978).

ΥΓΡΑΣΙΑ (%)*	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ / ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΡΟΠΟΣ ΩΡΙΜΑΝΣΗΣ (ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ)	ΛΙΠΟΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ (%)*	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ / ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
<51	Πολύ σκληρό	Ώριμο	>=60	Πολύ λιπαρό
49-56	Σκληρό	Ώριμο με παρουσία μυκήτων	>=45 και <60	Πλήρους λιπαρότητας
54-69	Ημισκληρο	Μη ώριμο/φρέσκο	>=25 και <45	Μέσης λιπαρότητας
>67	Μαλακό	Ωρίμανση και συντήρηση σε άλμη	>=10 και <25	Μερικώς αποβουτυρωμένο
			<10	Αποβουτυρωμένο

(*) Υγρασία στο ξηρό υπόλειμμα χωρίς λίπος =

Βάρος Υγρασίας στο τυρί × 100/ (Συνολικό βάρος τυριού-Βάρος λίπους στο τυρί)

(*) Λίπος στο ξηρό υπόλειμμα = Λιποπεριεκτικότητα τυριού × 100/(Συνολικό βάρος τυριού-Βάρος υγρασίας τυριού)

Κατάταξη των τυριών σύμφωνα με τους Walter & Hargrove (1972)

- ✓ Πολύ Σκληρά τυριά: τα τυριά που ωριμάζουν με βακτήρια όπως τα Parmesan και Romano.

- ✓ Σκληρά τυριά: τα τυριά που ωριμάζουν με βακτήρια τα οποία μπορεί να σχηματίζουν στη μάζα του οπές, όπως τα Emmental και Gruyere, είτε να μη σχηματίζουν, όπως τα Cheddar και Granular).
- ✓ Ημίσκληρα τυριά: τα τυριά που ωριμάζουν κυρίως με βακτήρια όπως τα Brick και Munster ή με βακτήρια και μικροοργανισμούς που αναπτύσσονται στην επιφάνεια των τυριών όπως τα Limburger και Trappist.
- ✓ Μαλακά τυριά: τα τυριά που ωριμάζουν όπως τα Bel Paese, Brie και Camembert και αυτά που δεν ωριμάζουν όπως τα Cottage, Pot, Cream και Ricotta.

Πίνακας 2. *Είδη τυριών που ωριμάζουν με βακτήρια*

ΠΟΙΚΙΛΙΑ ΤΥΡΙΟΥ	ΧΩΡΑ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ	ΕΙΔΟΣ ΤΥΡΙΟΥ
ΤΥΡΙΑ ΓΑΛΑΚΤΟΣ		
Φέτα	Ελλάδα	άλμης
Τελεμές	Ρουμανία	άλμης
Χαλούμι	Κύπρος	άλμης
Brindza	Ρουμανία	άλμης
Romano	Ιταλία	Πολύ σκληρό
Cheddar	Αγγλία	σκληρό
Κεφαλοτύρι	Ελλάδα	σκληρό
Λαδοτύρι	Ελλάδα	σκληρό
Emmental	Ελβετία	σκληρό
Γραβιέρα	Ελλάδα	σκληρό
Κεφαλογραβιέρα	Ελλάδα	σκληρό
Provolone	Ιταλία	σκληρό
Κασέρι	Ελλάδα	σκληρό
Μετσοβόνη	Ελλάδα	σκληρό
Edam	Ολλανδία	ημίσκληρο
Gouda	Ολλανδία	ημίσκληρο
Fontina	Ιταλία	ημίσκληρο
Lancashire	Αγγλία	ημίσκληρο

[Fox et al., 2004; Wong, 1988; Scott, 1986]

Πίνακας 3. *Είδη τυριών που ωριμάζουν με μύκητες*

ΠΟΙΚΙΛΙΑ ΤΥΡΙΟΥ	ΧΩΡΑ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ	ΕΙΔΟΣ ΤΥΡΙΟΥ
Εσωτερική ανάπτυξη μυκήτων		
Roquefort	Γαλλία	ημίσκληρο
Blue cheese	Η.Π.Α.	ημίσκληρο
Danablu	Δανία	ημίσκληρο
Stilton	Αγγλία	ημίσκληρο
Gorgonzola	Ιταλία	μαλακό
Επιφανειακή ανάπτυξη μυκήτων		
Cambebert	Γαλλία	μαλακό

Brie	Γαλλία	μαλακό
Coulommiers	Γαλλία	μαλακό

(Fox et al., 2004; Wong, 1988)

2.3. Τυριά Π.Ο.Π.

Στην χώρα μας υπάρχει μια μεγάλη ποικιλία παραδοσιακών τυριών, που δυστυχώς δεν είναι ακόμη γνωστά στο ευρύ καταναλωτικό κοινό. Παράγονται κατά κύριο λόγο από κατσικίσιο, αγελαδινό ή πρόβειο γάλα και χαρακτηρίζονται από τη μοναδική και ιδιαίτερη γεύση τους αλλά και το πλούσιο άρωμά τους.

Η ιδέα να προστατεύονται και να διατηρούνται τα παραδοσιακά προϊόντα της κάθε περιοχής είναι παλιά και χρονολογείται από το 1883, οπότε η συνθήκη του Παρισιού πρότεινε τον όρο Appellation d'Origine Contrôlée (AOC, Ονομασία ελεγχόμενης προέλευσης), όρος που χρησιμοποιείται ακόμα και σήμερα από τους Γάλλους (Bertozzi & Panari, 1993). Αυτή η ιδέα διαδόθηκε σε όλη την Ευρώπη και ο όρος AOC αντικαταστήθηκε από τον όρο PDO. Ο FAO/WHO έχει δημοσιεύσει πρότυπα για πολλά είδη τυριών σε διάφορες εκδόσεις του Κώδικα περί Προτύπων Ποιότητας για τυριά ως μέλος του FAO/WHO Κώδικα Τροφίμων. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση έχουν καταχωρηθεί, μέχρι στιγμής, 750 ονομασίες Τροφίμων ως ΠΟΠ ή ΠΓΕ. Από τις 750 ονομασίες οι 155 αφορούν τυριά, εκ των οποίων Μόνο οι 12 έχουν καταχωριστεί ως ΠΓΕ. Η Γαλλία έχει κατοχυρώσει 44 ονομασίες τυριών, η Ιταλία 32, η Ισπανία 19, η Πορτογαλία 12 και το Ηνωμένο Βασίλειο 11 (Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, 2007). Το 1992, η Ευρωπαϊκή Ένωση εξέδωσε δύο κανονισμούς, 2081/92 και 2082/92 και δύο οδηγίες 46/92 και 47/92 που έχουν σκοπό την προστασία των παραδοσιακών τροφίμων της κάθε χώρας-μέλους. Με πρωτοβουλίες της ΕΕ για κατοχύρωση των γεωγραφικών ενδείξεων και των ονομασιών προέλευσης υιοθετήθηκαν σχετικοί κανονισμοί (ΕΚ) αριθμ. 2081/1992 και (ΕΚ) αριθ. 2082/1982. Το 2006 με στόχο τη βελτίωση του συστήματος, οι παραπάνω κανονισμοί αντικαταστάθηκαν από τους 510/06 και 509/06 αντίστοιχα, χωρίς ωστόσο να μεταβληθεί το πεδίο εφαρμογής τους και η σκοπιμότητά τους. Με τον κανονισμό (ΕΕ) 1151/2012 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 21^{ης} Νοεμβρίου 2012 << για τα συστήματα ποιότητας των γεωργικών προϊόντων και τροφίμων >> έχουν συγχωνευτεί σε ένα ενιαίο νομοθετικό πλαίσιο οι ανώτεροι κανονισμοί (Κανονισμός (ΕΚ) 509/2006 και 510/2006).

Σύμφωνα με τα άρθρα 5 και 18 του Κανονισμού (ΕΕ) 1151/2012, εδραιώθηκαν οι ακόλουθοι ορισμοί :

Ως <<ονομασία προέλευσης>> νοείται η νομοθεσία που ταυτοποιεί ένα προϊόν:

- το οποίο κατάγεται από συγκεκριμένη περιοχή, τόπο, ή σε εξαιρετικές περιπτώσεις χώρα
- του οποίου η ποιότητα ή τα χαρακτηριστικά οφείλονται κυρίως ή αποκλειστικά στο ιδιαίτερο γεωγραφικό περιβάλλον που συμπεριλαμβάνει τους εγγενείς φυσικούς και ανθρώπινους παράγοντες και
- του οποίου όλα τα στάδια της παραγωγής εκτελούνται εντός της οριοθετημένης γεωγραφικής περιοχής

Ως <<γεωγραφική ένδειξη>> νοείται η νομοθεσία που ταυτοποιεί ένα προϊόν:

- το οποίο κατάγεται από συγκεκριμένο τόπο, περιοχή ή χώρα
- του οποίου ένα συγκεκριμένο ποιοτικό χαρακτηριστικό, η φήμη ή άλλο χαρακτηριστικό μπορεί να αποδοθεί κυρίως στη γεωγραφική του προέλευση και
- του οποίου ένα τουλάχιστον από τα στάδια παραγωγής εκτελείται εντός της οριοθετημένης γεωγραφικής περιοχής.

Ως <<εγγυημένο>> παραδοσιακό ιδιότυπο προϊόν νοείται ένα ιδιότυπο προϊόν ή τρόφιμο το οποίο ,παρασκευάζεται με τρόπο παραγωγής, μεταποίησης ή σύνθεσης που αντιστοιχεί στην παραδοσιακή τεχνική για το εν λόγω προϊόν ή τρόφιμο ή παράγεται από πρώτες ύλες ή συστατικά που είναι τα χρησιμοποιούμενα παραδοσιακά.

2.4.Ελληνικά τυριά Π.Ο.Π.

Στην Ελλάδα ο κατάλογος με τα Π.Ο.Π. – Π.Γ.Ε προϊόντα περιλαμβάνει μια ευρεία ποικιλία αυτών στα οποία συγκαταλέγονται και τυριά.

Ο κατάλογος των ελληνικών τυριών που έχουν χαρακτηριστεί ως Π.Ο.Π. περιλαμβάνει 20 τυριά τα οποία παρατίθενται στον Πίνακα 4.

Πίνακας 4 : Κατάλογος ελληνικών τυριών Π.Ο.Π.

<i>Όνομασία</i>	<i>Τύπος τυριού</i>	<i>Τρόπος ωρίμανσης</i>
<i>Γραβιέρα Αγράφων</i>	<i>Σκληρό</i>	<i>Ωριμασμένο</i>
<i>Γραβιέρα Κρήτης</i>	<i>Σκληρό</i>	<i>Ωριμασμένο</i>
<i>Γραβιέρα Νάξου</i>	<i>Σκληρό</i>	<i>Ωριμασμένο</i>
<i>Κεφαλογραβιέρα</i>	<i>Σκληρό</i>	<i>Ωριμασμένο</i>
<i>Λαδοτύρι Μυτιλήνης</i>	<i>Σκληρό</i>	<i>Ωριμασμένο</i>
<i>Φορμαέλλα Αράχωβας Παρνασσού</i>	<i>Ημισκληρο</i>	<i>Ωριμασμένο</i>
<i>Μπάντζος</i>	<i>Ημισκληρο</i>	<i>Λευκό τυρί άλμης</i>
<i>Σαν Μιχάλη</i>	<i>Ημισκληρο</i>	<i>Ωριμασμένο</i>
<i>Κασέρι</i>	<i>Μαλακό</i>	<i>Αναπλαθόμενης μάζας</i>
<i>Σφέλα</i>	<i>Μαλακό</i>	<i>Λευκό τυρί άλμης</i>
<i>Ανεβατό</i>	<i>Μαλακό</i>	<i>Ωριμασμένο</i>
<i>Γαλοτύρι</i>	<i>Μαλακό</i>	<i>Ωριμασμένο</i>
<i>Κατίκι Δομοκού</i>	<i>Μαλακό</i>	<i>Φρέσκο</i>
<i>Κοπανιστή</i>	<i>Μαλακό</i>	<i>Φρέσκο</i>
<i>Πηχτόγαλο Χανίων</i>	<i>Μαλακό</i>	<i>φρέσκο</i>
<i>Μετσοβόνη</i>	<i>Ημισκληρο</i>	<i>Ωριμασμένο</i>
<i>Καλαθάκι Λήμνου</i>	<i>Μαλακό</i>	<i>Λευκό τυρί άλμης</i>
<i>Φέτα</i>	<i>Μαλακό</i>	<i>Λευκό τυρί άλμης</i>
<i>Μανούρι</i>	<i>Μαλακό</i>	<i>Τυρογάλακτος</i>
<i>Ξινομυζήθρα Κρήτης</i>	<i>Μαλακό</i>	<i>Τυρογάλακτος</i>

2.5.Γραβιέρα

2.5.1. Ιστορικά στοιχεία Γραβιέρας

Η Γραβιέρα είναι παραλλαγή του Ελβετικού τυριού Gruyere. Η Γραβιέρα και το Έμμενταλ ανήκουν στην κατηγορία των τυριών με οφθαλμοειδείς τρύπες, δηλαδή μεγάλες σαν μάτια και ονομάζονται πολλές φορές τυριά «ελβετικού τύπου». Παρά την κοινή τους ονομασία, μόνο το Έμμενταλ είναι ελβετικής προέλευσης, ενώ η Γραβιέρα – Gruyere είναι το γαλλικό τυρί Comte που παράγεται στη γειτονική γαλλόφωνο περιοχή Gruyere της Ελβετίας στις Άλπεις (Ζερφυρίδης, 2001). Η Γραβιέρα παρασκευάστηκε για πρώτη φορά στην Ελλάδα από τον Ν. Ζυγούρη, το έτος 1914, “εις το εν Λάππα Μανωλάδος γαλακτοκομείον των τότε Βασιλικών κτημάτων”, είναι δε ο εκλεκτότερος

τύπος μεταξύ όλων των Ελληνικών σκληρών τυριών, ο οποίος, όταν κατασκευάζεται με επιμέλεια και προσοχή, γίνεται εφάμιλλος με τους καλύτερους ευρωπαϊκούς τοιούτους και διακρίνεται για το ευχάριστο άρωμα και την λεπτή γεύση του. (Ζυγούρης, 1956). Η Γραβιέρα παράγεται από γάλα αγελαδινό, αλλά στην Ελλάδα η περισσότερη Γραβιέρα παράγεται από πρόβειο ή αιγοπρόβειο γάλα. Η Γραβιέρα από πρόβειο γάλα είναι πιο εύγευστη από ότι η Γραβιέρα από αγελαδινό γάλα. Στην Ελλάδα η τεχνολογία της πρωτοδιδάχθηκε στη Γαλακτοκομική Σχολή Ιωαννίνων πριν από το δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο (Ζερφυρίδης, 2001). Αρκετές ποικιλίες του τυριού Γραβιέρα που παράγονται διακρίνονται από το όνομα της περιοχής της παραγωγής τους όπως Γραβιέρα Κρήτης (Π.Ο.Π), Γραβιέρα Μυτιλήνης, Γραβιέρα Αγράφων (Π.Ο.Π), Γραβιέρα Νάξου (Π.Ο.Π), Γραβιέρα Τήνου κ.λπ. (Parademas & Bintsis, 2017).

2.5.2. Τεχνολογία παρασκευής Γραβιέρας

Για την παρασκευή καλής ποιότητας Γραβιέρας χρησιμοποιείται πρόβειο γάλα ή μίγμα του με κασικίσιο, το οποίο δεν υπερβαίνει το 10% κατά βάρος. Εφόσον το γάλα παστεριώνεται, προστίθεται σε αυτό χλωριούχο ασβέστιο (έως 20 g ανά 100 kg γάλακτος) και οξυγαλακτικές καλλιέργειες (Ανυφαντάκης, 1994). Παραδοσιακά, στην ελληνική Γραβιέρα δεν απαιτείται προσθήκη καλλιέργειας εκκίνησης. Ωστόσο, επειδή η παστερίωση του γάλακτος έγινε υποχρεωτική με σκοπό να εξαλείψει τα βακτήρια, η προσθήκη καλλιέργειας καθιερώθηκε σαν άγραφος κανόνας. Παρ' όλα αυτά, υπάρχουν πολλοί τυροκόμοι, οι οποίοι προσθέτουν μια ποσότητα φρέσκου, μη παστεριωμένου γάλακτος στο ήδη παστεριωμένο γάλα, εξασφαλίζοντας ότι αυτό το γάλα προέρχεται από εξαιρετικά υγιή ζώα κάτω από υγιεινές συνθήκες. Αυτό βοηθάει αρκετά στην διεργασία της ωρίμανσης της Γραβιέρας και του σχηματισμού των "οπών –ματιών" (Ανυφαντάκης, 2004). Για την πήξη του γάλακτος χρησιμοποιείται ποσότητα πυτιάς στους 33-36 °C ικανή να πήξει το γάλα μέσα σε 25-30 λεπτά (Κυριακόπουλος, 1995). Το δημιουργούμενο τυρόπηγμα όταν αποκτήσει την επιθυμητή συνεκτικότητα διαιρείται σε μικρά κομμάτια, σε μέγεθος καλαμποκιού και αφήνεται να ηρεμήσει για μερικά λεπτά. Ακολουθεί ανάδευση για 5-10 λεπτά και αναθέρμανση του έως τους 48-50 °C υπό συνεχή ανάδευση. Η ανάδευση συνεχίζεται για 10-15 λεπτά έως ότου το πήγμα αποκτήσει την επιθυμητή σκληρότητα. Αφήνεται σε ηρεμία για 5 λεπτά και το πήγμα κόβεται σε κομμάτια, τόσο ώστε να γεμίζει ένα καλούπι. Κάθε καλούπι ντύνεται με τυρόπανο, γεμίζεται με τυρόπηγμα και συμπιέζεται για 24 ώρες (Liva et al., 2011). Έπειτα τοποθετείται σε άλμη (18-20 %) για 3- 5 ημέρες. Το

τυρί μεταφέρεται σε καλά αεριζόμενους χώρους με θερμοκρασία 12-18 °C και σχετική υγρασία 85-95 % πάνω σε ξύλινα ράφια για 90 ημέρες (Samelis et al., 2010). Στο στάδιο αυτό διενεργούνται περίπου 10 επιφανειακά ξηρά αλατίσματα με ταυτόχρονη αναστροφή. Όταν ολοκληρωθεί το αλάτισμα το τυρί μεταφέρεται σε θαλάμους με θερμοκρασία μικρότερη των 6°C για να ολοκληρωθεί η ωρίμανση. Ο συνολικός χρόνος ωρίμανσης διαρκεί τουλάχιστον 3 μήνες.

Τα βασικά χαρακτηριστικά του τυριού Γραβιέρα είναι ότι αποτελεί σκληρό τυρί με ευχάριστη, ελαφρά αλμυρή γεύση και πλούσιο άρωμα με μέγιστη υγρασία 38% και ελάχιστη λιποπεριεκτικότητα επί ξηρού 40% με σκληρή, λεπτή συνεκτικότητα, ξηρή εμφάνιση, σκληρή και ελαστική υφή με πολλές οπές σε όλη τη μάζα του. Το χρώμα του είναι υπόλευκο έως υποκίτρινο και το σχήμα του είναι κυλινδρικό με συνήθη διάμετρο 10 cm, ύψος 10 cm και βάρος 1,5 kg περίπου.

2.6. Λαδοτύρι

2.6.1. Ιστορικά στοιχεία για το Λαδοτύρι

Το Λαδοτύρι Μυτιλήνης Π.Ο.Π είναι ένα κίτρινο σκληρό τυρί που παράγεται με πρόβειο γάλα (ή μίγματα με γάλα κατσίκας μέχρι αναλογία 70%/30%). Το γάλα μπορεί να είναι είτε ακατέργαστο είτε παστεριωμένο. Παράγεται αποκλειστικά στο νησί της Λέσβου, έκτασης 1639 τετραγωνικών χιλιομέτρων. Το Λαδοτύρι σημαίνει κυριολεκτικά το τυρί λαδιού στα ελληνικά και το όνομα αναφέρεται στην τεχνική της διατήρησης του τυριού στο ελαιόλαδο. Η διατήρηση του προϊόντος στο ελαιόλαδο ήταν μια συνηθισμένη πρακτική μέχρι τη δεκαετία του 1960 -70, όταν η εξάπλωση των ψυγείων σε όλη τη Λέσβο είχε ως αποτέλεσμα ένα ριζικά διαφορετικό προϊόν (Vakoufaris, 2010). Σε πολλά τυροκομεία συνηθίζεται η παραφίνωση των τυριών οπότε αποφεύγεται η τοποθέτησή τους στο λάδι (Βεϊνόγλου & Ανυφαντάκης, 1981). Είναι σκληρό τυρί με λίγες μικρές διάσπαρτες οπές στη μάζα του και ελαφρά αλμυρή γεύση. Το Λαδοτύρι Μυτιλήνης είναι προϊόν ΠΟΠ από το 1994. Ο Κώδικας Πρακτικής βασίστηκε στα πρότυπα παραγωγής του Λαδοτυριού που δημιουργήθηκε το 1988. Επομένως, ακολούθησε μια προσέγγιση με τον κύριο παράγοντα το Υπουργείο

Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων. Αυτή η προσέγγιση δημιούργησε αναπόφευκτα προβλήματα: οι παραγωγοί τυριού δεν συμμετείχαν με κανέναν τρόπο στη διαμόρφωση του Κώδικα και δεν υπήρχε καμία αναφορά για το "παραδοσιακό" Λαδοτύρι και ως εκ τούτου το Λαδοτύρι που διατηρούνταν στο ελαιόλαδο κατά μία έννοια δεν μπορούσε να θεωρηθεί ως προϊόν Π.Ο.Π καθώς δεν υπήρχε καμία αναφορά του στην παραγωγή του σε αγροτική οικεία. Σύμφωνα με τον Κώδικα Πρακτικής του Λαδοτυριού Μυτιλήνης Π.Ο.Π. (ΦΕΚ 1994), το γάλα που χρησιμοποιείται για την παραγωγή του πρέπει να προέρχεται από «πρόβατα και αίγες που τροφοδοτούνται παραδοσιακά και προσαρμόζονται στην περιοχή παραγωγής. Η διατροφή τους πρέπει να βασίζεται στο φλοιό της περιοχής" (Vakoufaris, 2010).

Το Λαδοτύρι Μυτιλήνης (LADOTYRI MYTILINIS) σύμφωνα με την Απόφαση 313058/17.1.94 του Υφυπουργού Γεωργίας (ΦΕΚ 25/Β/18.1.94,101/Β/16.2.94) και το άρθρο 1 ορίζεται ως εξής :

Η ονομασία <<ΛΑΔΟΤΥΡΙ ΜΥΤΙΛΗΝΗΣ>> (LADOTYRI MYTILINIS) αναγνωρίζεται ως προστατευμένη ονομασία προέλευσης (Π.Ο.Π) για το τυρί που παρασκευάζεται παραδοσιακά στη νήσο Λέσβο, από γάλα πρόβειο ή μίγματά του με κατσικίσιο γάλα, καθώς και το γάλα το οποίο χρησιμοποιείται για το Λαδοτύρι Μυτιλήνης πρέπει να προέρχεται αποκλειστικά από τη περιοχή της νήσου Λέσβου.

2.6.2. Τεχνολογία παρασκευής Λαδοτυριού

Για τη παρασκευή του το γάλα πρέπει να πληροί τις προϋποθέσεις σύμφωνα με τη νομοθεσία. Η πήξη του γάλακτος γίνεται στους 32°C με 34°C, με παραδοσιακή ή άλλη πυτιά εντός 30 λεπτών. Ακολουθεί διαίρεση, αναθέρμανση μέχρι τους 45 °C και μεταφορά του τυροπήγματος σε καλούπια, όπου παραμένει μέχρι να αποκτήσει σταθερή δομή και το χαρακτηριστικό του σχήμα. Ακολουθεί επιφανειακό ξηρό αλάτισμα και ωρίμανση του τυριού σε χώρους με υψηλή σχετική υγρασία περίπου 85% και θερμοκρασία 12° C με 16° C επί τουλάχιστον 3 μήνες. Η παρασκευή και ωρίμανση του τυριού <<Λαδοτύρι Μυτιλήνης>> γίνεται σε εγκαταστάσεις που βρίσκονται εντός της περιοχής της νήσου Λέσβου και απαγορεύεται η χρήση χρωστικών, συντηρητικών και αντιβιοτικών στο τυρί. Τα βασικά χαρακτηριστικά του τυριού Λαδοτύρι είναι ότι αποτελεί ένα σκληρό τυρί με αλμυρή γεύση και ευχάριστο άρωμα με μέγιστη υγρασία 38% κατά βάρος και ελάχιστη λιποπεριεκτικότητα

επί ξηρού 40% με υφή σκληρή με μικρές οπές σε όλη τη μάζα και με λευκό έως υποκίτρινο χρώμα. Το σχήμα του είναι κυλινδρικό με συνθήη διάμετρο 10 cm και ύψος 10 cm και βάρος περίπου 1,5 κιλών.

2.7. Ωρίμανση των τυριών

Ιδιαίτερα κρίσιμο στάδιο στην τυροκομία αποτελεί η περίοδος της ωρίμανσης ,μετά την συμπλήρωση της οποίας, το τυρί είναι έτοιμο προς κατανάλωση. Η περίοδος αυτή σε ορισμένα τυριά είναι πολύ σύντομη, ενώ σε άλλα τόσο μακρά ώστε να φθάνει και τα δύο χρόνια. Η ωρίμανση του τυριού είναι μια βιοχημική διεργασία η οποία λαμβάνει χώρα κάτω από φυσικές, μικροβιολογικές και ενζυματολογικές συνθήκες(Spreer, 1995). Κάθε τυρί είναι ένα μοναδικό οικοσύστημα και οι αντιδράσεις που είναι υπεύθυνες για τη παραγωγή του αρώματος και της γεύσης συμβαίνουν σε διαφορετικό βαθμό και εξαρτώνται από τη θερμοκρασία, το pH, τη παρουσία ή την απουσία επιφάνειας μικροχλωρίδας, τη μέθοδο του αλατίσματος (σε άλμη ή ξηρό αλάτι), το βαθμό διάχυσης του αλατιού και τους εκκινητές. Τα υψηλά επίπεδα αλατιού, το χαμηλό pH, η χαμηλή ενδεχόμενη οξειδαναγωγή και οι αναερόβιες συνθήκες στο ώριμο τυρί συνεισφέρουν στην ανάπτυξη και τον πολλαπλασιασμό μη εκκινητήριων βακτηρίων γαλακτικού οξέος (NSLAB), σε όλα τα τυριά, ειδικά σε σκληρά και ημίσκληρα (Cogan, 1999). Η διάρκεια της ωρίμανσης γενικά σχετίζεται με το περιεχόμενο της υγρασίας του τυριού. Τα τυροπήγματα για κάθε τυρί είναι διαφορετικά στο τέλος της παρασκευής τους και στις περισσότερες περιπτώσεις τα χαρακτηριστικά τους αναπτύσσονται κατά την διάρκεια της ωρίμανσης (Fox et al., 1993). Η τυρομάζα, μετά την παρασκευή της, έχει υφάλμυρη και ξινή γεύση και στερείται του χαρακτηριστικού αρώματος του τυριού στο οποίο πρόκειται να μετατραπεί. Για το λόγο αυτό, με εξαίρεση ορισμένα είδη τυριών άμεσης κατανάλωσης, τα περισσότερα διατηρούνται κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες, ώστε να αναπτύξουν το χαρακτηριστικό τους άρωμα και την υφή (Κεχαγιάς, 2011).

Συνθήκες διατήρησης του τυροπήγματος μετά την τυροκόμηση :

Το τυρόπηγμα μεταφέρεται σε ειδικούς θαλάμους και για το κάθε είδος τυριού γίνεται κατάλληλος συνδυασμός θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας. Οι συσκευές ρύθμισης της υγρασίας και της θερμοκρασίας στους χώρους ωρίμανσης είναι απαραίτητες, γιατί η δράση των ενζύμων και των μικροοργανισμών θα προσδώσουν στο τυρί το χαρακτηριστικό άρωμα

,κάτω από ορισμένες τέτοιες συνθήκες. Όσον αφορά το Λαδοτύρι Μυτιλήνης και τη Γραβιέρα ωριμάζουν αρχικά σε θερμοκρασίες 12-18 °C και σχετικής υγρασίας περίπου 85%, ενώ στη συνέχεια ωριμάζουν και διατηρούνται σε θερμοκρασίες κάτω των 6 °C. Οι κλιματολογικές συνθήκες παίζουν σημαντικό ρόλο στη ταχύτητα ωρίμανσης, στην απώλεια βάρους λόγω αποβολής υγρασίας, στο σχηματισμό επιδερμίδας και στην ανάπτυξη επιφανειακής χλωρίδας σε ειδικές κατηγορίες τυριών. Στους χώρους ωρίμανσης τα τυριά τοποθετούνται σε ράφια κατασκευασμένα από ξύλο, το οποίο παρουσιάζει μειονεκτήματα γιατί απορροφά συστατικά του τυριού με αποτέλεσμα την ανάπτυξη ανεπιθύμητων μικροοργανισμών. Συνεπώς προτιμώνται τα ράφια κατασκευασμένα από ανοξείδωτο χάλυβα. Κατά την παραμονή των τυριών στους χώρους ωρίμανσης αυτά πρέπει να αναστρέφονται στην αρχή καθημερινά και αργότερα κατά διαστήματα. Έτσι διευκολύνεται η αποβολή υγρασίας και από τις δύο πλευρές τους, προφυλάσσονται από παραμόρφωση του σχήματός τους. Εάν τα τυριά δεν αναστρέφονται κανονικά, τότε η υγρασία τους κινείται προς τα κάτω και ο αέρας τους προς τα πάνω με αποτέλεσμα ανομοιομορφία στη σύσταση και στην εμφάνισή τους (Ανυφαντάκης, 2004). Στα τυριά υπάρχει κάποιο στάδιο κατά την διάρκεια της ωρίμανσης που αυτά έχουν αποκτήσει πλέον τα επιθυμητά χαρακτηριστικά και θα πρέπει να λαμβάνεται φροντίδα για τη διάθεσή τους στην κατανάλωση ή για τη συντήρησή τους σε χαμηλότερες θερμοκρασίες, για να επιβραδυνθούν οι χημικές μεταβολές που θα επιδράσουν αρνητικά στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά (Κεχαγιάς, 2011).

2.8. Η βιοχημεία ωρίμανσης των τυριών

Η ωρίμανση περιλαμβάνει όλες τις μεταβολές, ποιοτικές και ποσοτικές, που συμβαίνουν στο τυρί, μερικές εκ των οποίων ξεκινούν πριν το πέρας της δημιουργίας του τυροπήγματος. Η δομή και η σύσταση του τυριού μεταβάλλεται κατά την ωρίμανση και ως αποτέλεσμα και οι οργανοληπτικές του ιδιότητες. Στις μεταβολές αυτές εμπλέκονται βιοχημικές, μικροβιολογικές και φυσικοχημικές παράμετροι. Οι κύριες βιοχημικές διεργασίες που συμβαίνουν κατά την ωρίμανση είναι οι εξής :

- Ο μεταβολισμός της λακτόζης και του γαλακτικού οξέος
- Ο καταβολισμός του κιτρικού οξέος
- Η λιπόλυση και ο καταβολισμός των λιπαρών οξέων
- Η πρωτεόλυση και ο καταβολισμός των αμινοξέων

Τα προϊόντα των διεργασιών αυτών διαμορφώνουν το άρωμα και την γεύση των τυριών.

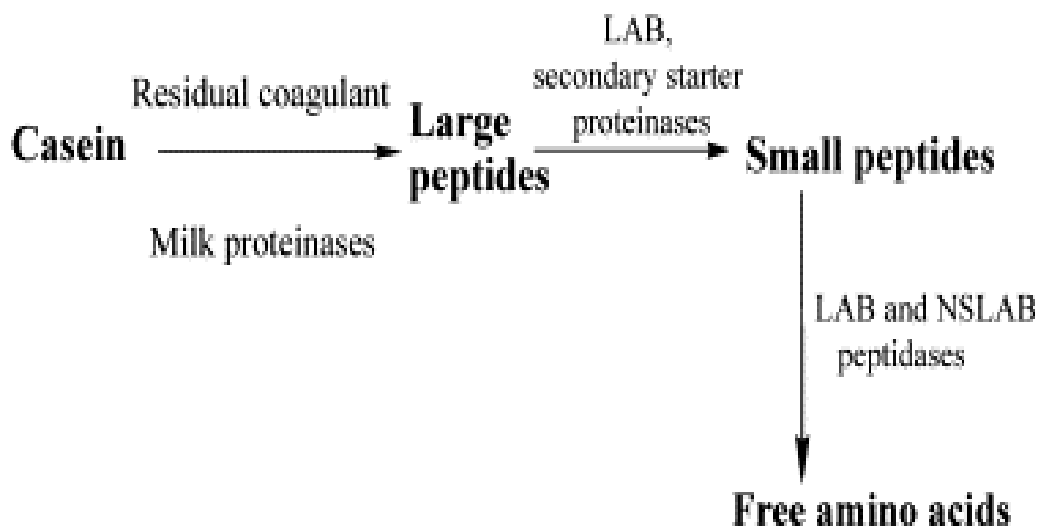
2.8.1. Πρωτεόλυση

Η πρωτεόλυση είναι η πιο σύνθετη και στις περισσότερες ποικιλίες η πιο σημαντική από τις τρεις βιοχημικές διεργασίες στις οποίες τα τυριά υποβάλλονται κατά την διάρκεια της ωρίμανσης (McSweeney, 2004). Εν περιλήψει, η πρωτεόλυση επάγει αλλαγές στη δομή του τυροπήγματος μέσω της υδρόλυσης του δικτύου της καζεΐνης και της μείωσης της ενεργότητας του νερού λόγω της δέσμευσης του νερού από τις καρβοξυλο- και αμινο-ομάδες των πεπτιδίων. Συμβάλλει άμεσα στα βασικά χαρακτηριστικά του τυριού συσσωρεύοντας τα μικρά πεπτίδια και τα ελεύθερα αμινοξέα στη μάζα του τυριού (Nega & Moatsou, 2013). Επιπλέον σύμφωνα με τους McSweeney et al. (2004), συμβάλλει στην ανάπτυξη της υφής του τυριού έμμεσα μέσω της αύξηση του pH που προκαλείται από την απελευθέρωση της αμμωνίας από τα αμινοξέα που παράγονται με πρωτεόλυση. Επίσης συμβάλλει στη γεύση και ίσως και στην αλλοίωση της γεύσης του τυριού, άμεσα από την παραγωγή βραχέων πεπτιδίων και αμινοξέων, μερικά από τα οποία έχουν γεύσεις, έμμεσα από την απελευθέρωση των αμινοξέων που δρουν ως υποστρώματα για ένα εύρος καταβολικών αντιδράσεων που δημιουργούν σημαντικές πτητικές αρωματικές ενώσεις διευκολύνοντας την απελευθέρωση γευστικών ενώσεων από τη μήτρα τυριού κατά την διάρκεια μάζησης.

Στην ωρίμανση του τυριού συμμετέχουν τέσσερις και πιθανόν πέντε πρωτεολυτικοί παράγοντες (Fox, 1989) :

1. η πυτιά και τα υποκατάστατα της
2. τα ενδογενή ένζυμα του γάλακτος, που έχουν σημαντική επίδραση στα τυριά που γίνονται από απαστερίωτο γάλα, αλλά και σε εκείνα που γίνονται από παστεριωμένο γάλα και υφίστανται υψηλές θερμοκρασιακές αναθερμάνσεις.
3. οι καλλιέργειες-εκκινητές και τα ένζυμά τους, που απελευθερώνονται μετά τη λύση των κυττάρων.
4. τα ένζυμα των δευτερευουσών καλλιιεργειών-εκκινητών (τα προπιονοβακτήρια, το *B. linens*, μύκητες όπως τα *P. camemberti*, *P. roqueforti*, οι ζύμες)

5. τα βακτήρια εκτός των καλλιεργειών – εκκινητών, που επιζούν της παστερίωσης, ή επιμολύνουν το γάλα της τυροκόμησης μετά την παστερίωση, ή επιμολύνουν το τυρόπηγμα. Η συμμετοχή των ενζύμων των βακτηρίων αυτών στην ποιότητα του τυριού είναι αμφιλεγόμενη. Οι γαλακτοβάκιλλοι, οι πεδιόκοκκοι και οι μικρόκοκκοι, πιθανόν υποβαθμίζουν την ποιότητα των τυριών, όπως το Cheddar ή τα Ολλανδικά τυριά, συμμετέχουν όμως στην διαμόρφωση της γεύσης και του αρώματος (McSweeney & Sousa, 1999).

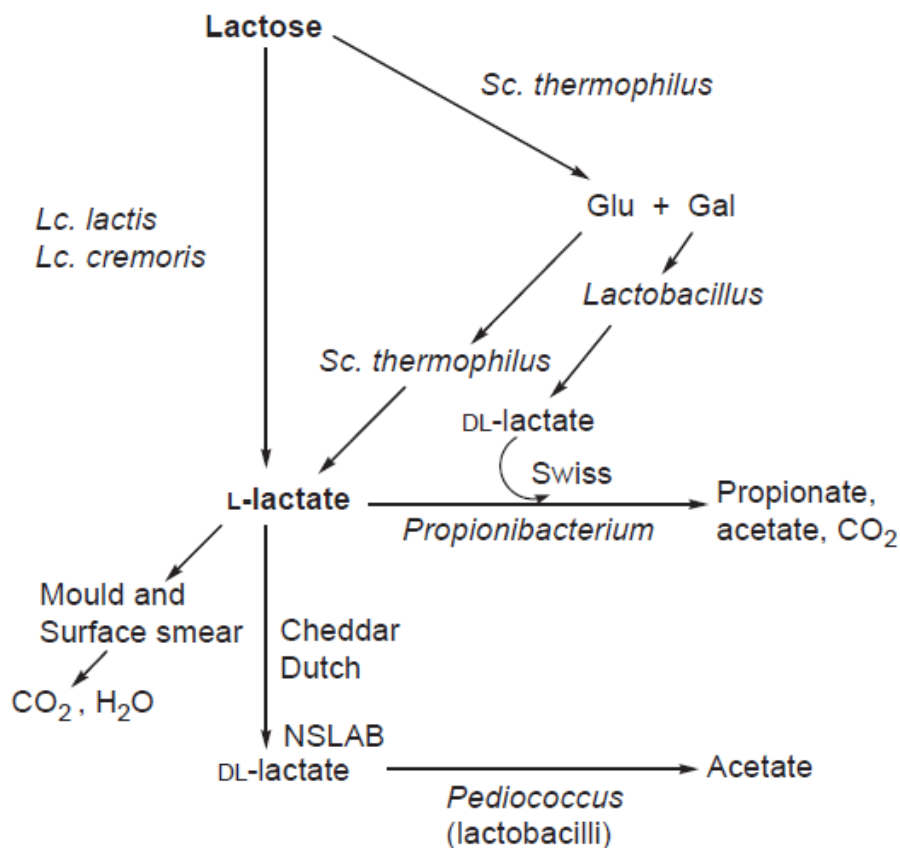


Σχήμα 1: Πρωτεολυτικοί παράγοντες σε τυριά κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης.

Σύμφωνα με τον Visser (1977c) η πρωτεόλυση ξεκινά με την περιορισμένη υδρόλυση των καζεϊνών από την πυτιά, η οποία ακολουθείται από την παραγωγή μικρών πεπτιδίων και ελεύθερων αμινοξέων από τη δράση του πρωτεολυτικού συστήματος των καλλιεργειών-εκκινητών. Επιπλέον ο Visser (1977c) θεωρεί ότι στην ωρίμανση του τυριού Gouda συμμετέχει, σε μικρότερη όμως έκταση, και η πλασμίνη. Ο σχηματισμός διαλυτού N σε pH 4,6, από τη δράση της πλασμίνης σε διάλυμα 2 % καζεϊνικού Na, pH 5,2, παρουσία 5 % NaCl έχει αναφερθεί και από τους Fox & Law (1991). Η διάσπαση των α_3 καζεϊνών από την πυτιά φαίνεται να είναι υπεύθυνη για το μαλάκωμα των τυριών κατά τα αρχικά στάδια της ωρίμανσης (Creamer & Olson, 1982). Οι αλλαγές που εκδηλώνονται στην αρχή της ωρίμανσης επηρεάζουν κατά κύριο λόγο την δομή των τυριών ενώ οι αρωματικές ουσίες παράγονται προς το τέλος της (Ανυφαντάκης, 2004).

2.8.2. Γλυκόλυση

Τα τυριά αμέσως μετά την παρασκευή τους περιέχουν μικρή ποσότητα λακτόζης, συνήθως 0,7 – 1,5 % ανάλογα με τον τρόπο παρασκευής τους. Η λακτόζη αποτελεί πηγή ενέργειας διαφόρων μικροοργανισμών που αναπτύσσονται στα τυριά, από τους οποίους καταβολίζεται προς διάφορα προϊόντα. Η μετατροπή της λακτόζης σε γαλακτικό οξύ (γαλακτική ζύμωση) επιτυγχάνεται μέσω πολύπλοκων βιοχημικών αντιδράσεων όπως φαίνεται στην εικόνα.



Σχήμα 2 : Μεταβολικό μονοπάτι λακτόζης (Fox, 2002).

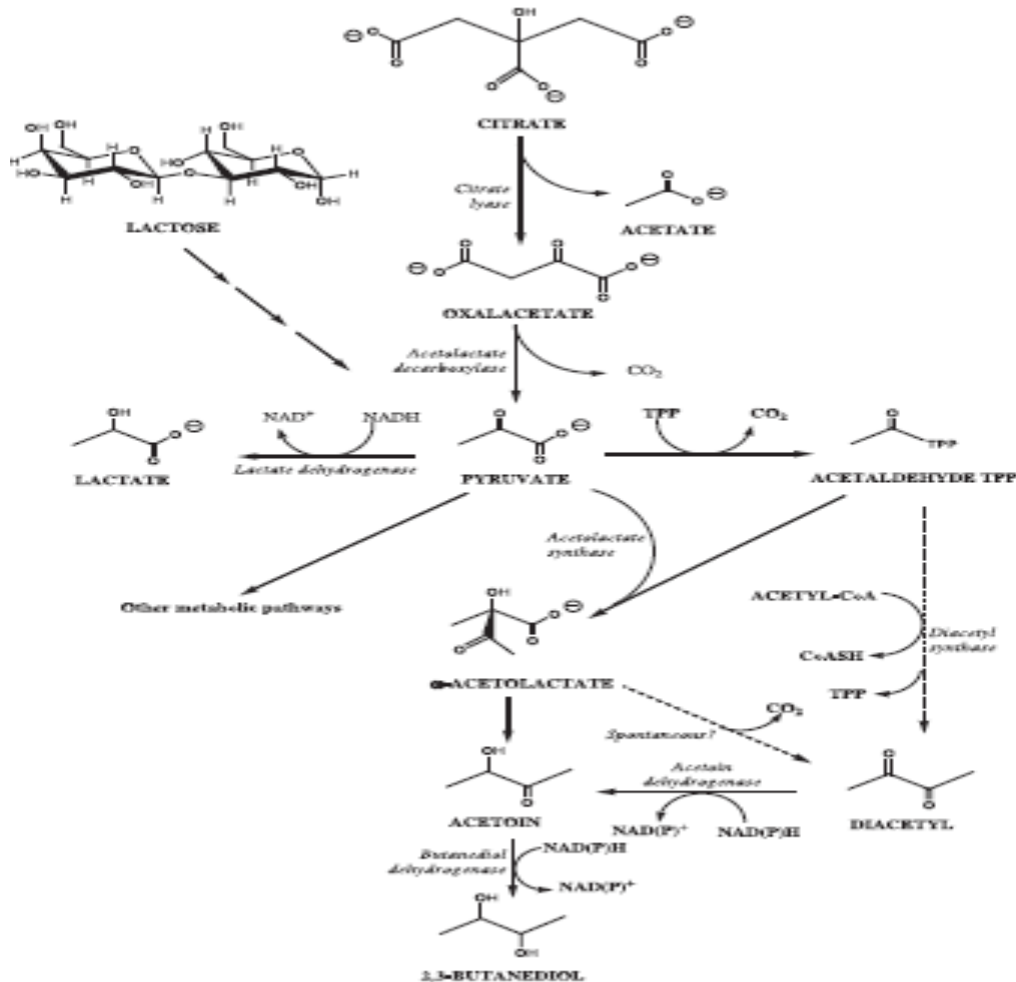
Ιδιαίτερη σημασία στην εξέλιξη της διεργασίας αυτής έχει η περιεκτικότητα σε NaCl στην υγρή φάση των τυριών, καθώς πειράματα στο Cheddar έδειξαν πως σε συγκεντρώσεις γύρω στο 4 % η πτώση του pH και ο καταβολισμός της υπολειμματικής λακτόζης ολοκληρώνονταν ταχύτερα από ότι σε συγκεντρώσεις 6 % (Turner & Thomas, 1980). Τα χρησιμοποιούμενα ως καλλιέργειες εκκίνησης οξυγαλακτικά βακτήρια διακρίνονται σε ομοζυγωτικά, τα οποία μεταβολίζουν την λακτόζη κατά 90 – 95 % προς γαλακτικό οξύ και

προς ένα μικρό ποσοστό άλλων προϊόντων, όπως CO₂, βουτυρικό οξύ, φορμικό οξύ, οξικό οξύ (υπό αναερόβιες συνθήκες) και ακεταλδεύδη και σε ετεροζυμωτικά που παράγουν εκτός από γαλακτικό οξύ και οξικό οξύ, αιθανόλη και CO₂ (Fox et al., 2000). Στα ομοζυωτικά οξυγαλακτικά βακτήρια *Lactococcus lactis* ssp. *lactis*, *Lactococcus lactis* ssp. *cremoris* και *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* bv. *diacetylactis*, η λακτόζη φωσφορυλιώνεται κατά την είσοδό της στο κύτταρο από ένα σύστημα φωσφοτρανσφοράσης στην κυτταρική μεμβράνη. Ακολουθεί η υδρόλυσή της από β-γαλακτοζιδάση προς γλυκόζη και γαλακτόζη και μετά από μια σειρά βιοχημικών αντιδράσεων τελικά από 1 mol λακτόζης προκύπτουν 4 mol L+ γαλακτικού οξέος. Η γαλακτόζη που δεν μεταβολίζεται παραμένει στο πήγμα και μπορεί να υπάρχει σε σημαντικά ποσά σε τυριά που παρασκευάζονται με καλλιέργειες τους μικροοργανισμούς αυτούς (McSweeney & Sousa, 2000). Τα ετεροζυμωτικά βακτήρια συμπεριλαμβανομένων και μερικών ειδών των γένων *Lactobacillus* sp. και *Leuconostoc* sp. διασπούν την λακτόζη μέσω του μεταβολικού μονοπατιού της φωσφοκετολάσης σε L+ ή D- ή μίγμα L, D γαλακτικού οξέος, αιθανόλη ή οξικό οξύ και διοξειδίο του άνθρακα (Cogan & Hill, 2004). Εκτός από τα τελικά προϊόντα των ζυμώσεων της λακτόζης συσσωρεύονται και μικρές ποσότητες ενδιάμεσων προϊόντων της γαλακτικής ζύμωσης, όπως το πυροσταφιλικό οξύ (McSweeney & Sousa, 2000). Η παραγωγή του γαλακτικού οξέος επιτελεί σημαντικές λειτουργίες που συμβάλλουν στην εξέλιξη της ωρίμανσης και την διαμόρφωση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών του τυριού, επιταχύνει τη συναίρεση του τυροπήγματος με αποτέλεσμα την αποβολή μεγαλύτερης ποσότητας τυρογάλακτος, προκαλεί πτώση του pH και του οξειδοαναγωγικού δυναμικού και κατά αυτόν τον τρόπο επηρεάζει άμεσα το είδος των μικροοργανισμών που αναπτύσσονται και την ενεργότητα των ενζύμων κι έχει επίδραση και στην γεύση (Ανυφαντάκης, 2004).

2.8.3. Μεταβολισμός του κιτρικού οξέος

Αν και η συγκέντρωση του κιτρικού οξέος στο τυρόπηγμα είναι χαμηλή, καθώς το μεγαλύτερο μέρος του χάνεται στον ορό, παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση της γεύσης του τυριού καθώς μεταβολίζεται σε έναν αριθμό αρωματικών συστατικών από μικροοργανισμούς που έχουν την δυνατότητα να το μεταβολίζουν. Το κιτρικό οξύ μεταβολίζεται από συγκεκριμένα είδη μεσόφιλων εναρκτήριων μικροοργανισμών, τους θετικούς στο κιτρικό οξύ (Cit⁺) λακτόκοκκους *Lactococcus lactis* ssp. *Lactis* bv. *diacetylactis*,

τον *Leuconostoc mesenteroides* ssp. *cremoris* και τον *Leuconostoc lactis*. Επίσης, μπορεί να μεταβολιστεί από συγκεκριμένους μεσόφιλους λακτοβάκιλλους της δευτερεύουσας καλλιέργειας (Fox et al., 2000). Οι Cit⁺ μικροοργανισμοί δεν χρησιμοποιούν το κιτρικό οξύ ως πηγή ενέργειας, αλλά το μεταβολίζουν ταχέως με κάποιο μεταβολισμό σάκχαρο, όπως η λακτόζη (McSweeney & Sousa, 2000).

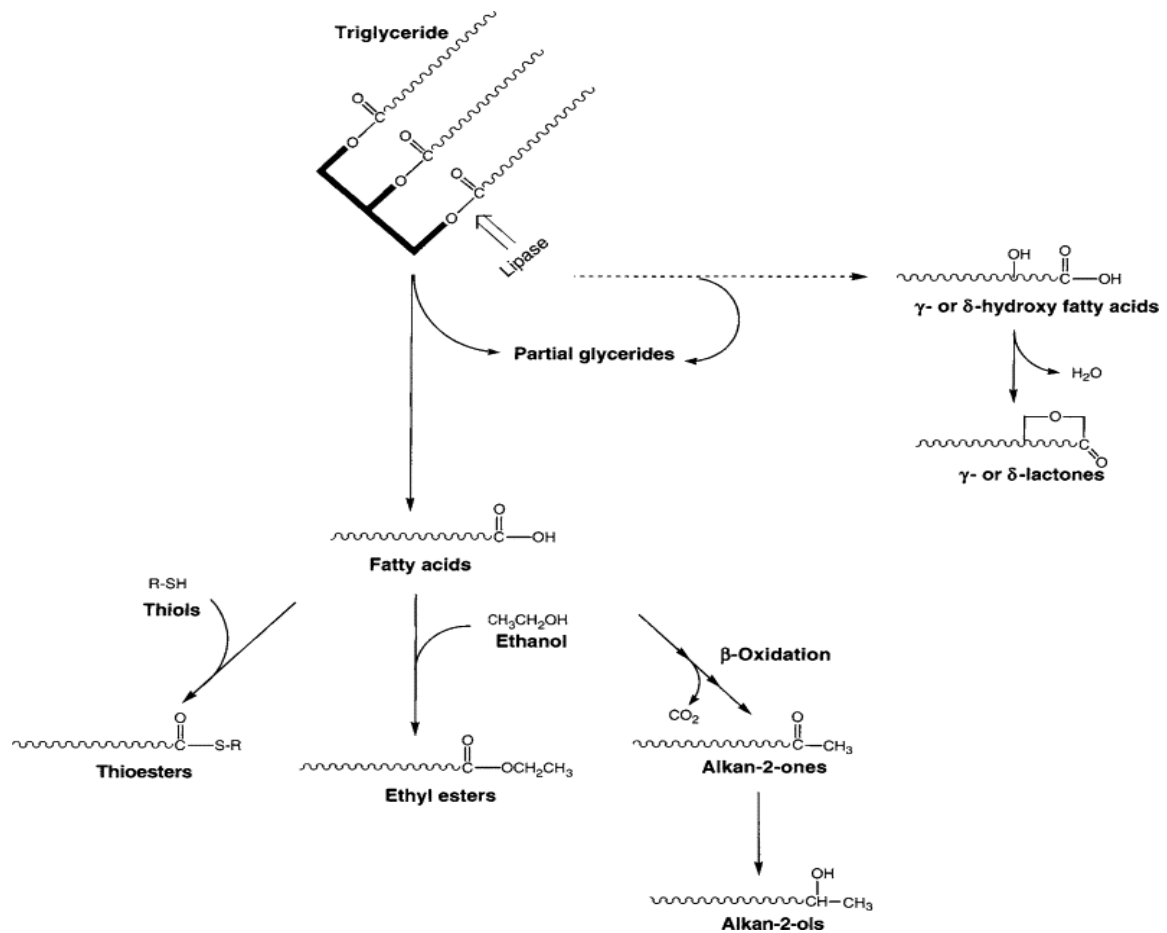


Σχήμα 3 : Μεταβολισμός κιτρικού οξέος σε Cit⁺ *Lactococcus* και *Leuconostoc* sp. (McSweeney, 2002).

Ο μεταβολισμός του κιτρικού οξέος είναι ιδιαίτερα σημαντικός για πολλά τυριά. Για παράδειγμα, η παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα συμβάλλει στη δημιουργία των οπών στα ολλανδικά τυριά, όμως η παραγωγή του σε μεγάλες ποσότητες είναι ανεπιθύμητη (Ανυφαντάκης, 2004).

2.8.4. Λιπόλυση

Η λιπόλυση είναι μία από τις σημαντικότερες βιοχημικές αλλαγές που συμβαίνουν κατά την ωρίμανση του τυριού (Georgala et al., 2005). Τα λιπίδια των τροφίμων υφίστανται οξειδωτική και υδρολυτική αποικοδόμηση. Η οξείδωση όμως των λιπιδίων δεν συμβαίνει σε εκτεταμένο βαθμό, πιθανόν εξαιτίας του χαμηλού του οξειδοαναγωγικού δυναμικού (-250 mV) (Fox et al., 2000). Η ενζυμική υδρόλυση (λιπόλυση) των τριγλυκεριδίων προς ελεύθερα λιπαρά οξέα, μονό-, ή διγλυκερίδια και γλυκερίνη είναι σημαντική για την διαμόρφωση του αρώματος και της γεύσης των τυριών κατά την διάρκεια της ωρίμανσης (McSweeney & Sousa, 2000). Το επίπεδο λιπόλυσης ποικίλει σημαντικά μεταξύ των διαφόρων τύπων τυριού από χαμηλή, όπως στα Ολλανδικά τυριά έως εκτεταμένη όπως στα ιταλικά σκληρά τυριά (Georgala et al., 2005). Δεν είναι μόνο τα προϊόντα υδρόλυσης του λίπους που συνεισφέρουν στο άρωμα του τυριού αλλά και το λίπος καθαυτό καθώς έχει παρατηρηθεί η μη σωστή ανάπτυξη αρώματος σε τυριά από άπαχο γάλα αφού το λίπος λειτουργεί ως μέσο διάλυσης των αρωματικών ενώσεων (Foda et al., 1974). Γενικά τα λιπολυτικά ένζυμα είναι ειδικά για λιπαρά οξέα εστεροποιημένα στις θέσεις sn-1 και sn-3 των τριγλυκεριδίων. Αρχικά τα τριγλυκερίδια υδρολύονται προς 1,2- και 2,3- διγλυκερίδια και αυτά στη συνέχεια προς 2-μονογλυκερίδια. Στις θέσεις sn-1 και sn-3 εντοπίζονται κυρίως το βουτυρικό οξύ και άλλα λιπαρά οξέα μακράς και μέσου αλυσίδας (Collins et al., 2013). Γενικά από την υδρόλυση των τριγλυκεριδίων παράγονται ελεύθερα λιπαρά οξέα, διγλυκερίδια, μονογλυκερίδια και πιθανώς γλυκερόλη. Τα ελεύθερα λιπαρά οξέα προσδίδουν οργανοληπτικά χαρακτηριστικά στα τυριά αλλά είναι και πρόδρομες ουσίες πολλών πτητικών αρωματικών ουσιών όπως οι μεθυλοκετόνες, οι λακτόνες, οι εστέρες, τα αλκάνια και οι δευτεροταγείς αλκοόλες (Fox et al., 2004).



Σχήμα 4: Μονοπάτια παραγωγής αρωματικών ουσιών από τα λιπαρά οξέα κατά την διάρκεια της ωρίμανσης των τυριών (Fox et al., 2004).

Οι λιπάσες προέρχονται από διάφορες πηγές :

- **Το γάλα :** Το γάλα περιέχει μια πολύ δραστική ενδογενή λιποπρωτεϊνική λιπάση (lipoprotein lipase LPL), η οποία διέρχεται από την κυκλοφορία του αίματος μέσω της κυτταρικής μεμβράνης των μαστικών κυττάρων και βρίσκεται επί των καζεϊνικών μικκυλίων (Fox et al., 2004).
- **Η παραδοσιακή πυτιά:** Αν και γενικά τα σκευάσματα πυτιάς σε σκόνη του εμπορίου είναι απαλλαγμένα από λιπολυτικά ένζυμα, η παραδοσιακή πυτιά σε μορφή πάστας, που χρησιμοποιείται και για τη παραγωγή ορισμένων σκληρών ιταλικών τυριών όπως το Pecorino και το Provolone, περιέχει μια λιπάση, την προγαστρική εντεράση (pregastrixenterase, PGE) (Hamosh, 1990). Η PGE είναι ειδική για λιπαρά οξέα μικρής αλύσου εστεροποιημένα στη θέση sn-3 των τριγλυκεριδίων. Διαφορές έχουν παρατηρηθεί στη δράση PGE προερχόμενων από διαφορετικό είδος μηρυκαστικού (αμνού, ερίφιου, μόσχου) και ως αποτέλεσμα τα

γευστικά χαρακτηριστικά στα αντίστοιχα παραγόμενα τυριά είναι ελαφρώς διαφορετικά (Fox, 2003).

- **Οι λιπάσες των μικροοργανισμών:** Τα οξυγαλακτικά βακτήρια των εναρκτήριων καλλιιεργειών διαθέτουν διάφορες ενδοκυττάρειες κατά κύριο λόγο εστεράσες και λιπάσες, ικανές να υδρολύουν ένα μεγάλο εύρος προϊόντων των μονό-, δι- και τριγλυκεριδίων, καθώς και των ελεύθερων λιπαρών οξέων (Liu et al., 2001). Τα βακτήρια αυτά και ειδικά των γένων *Lactococcus* και *Lactobacillus* έχουν ασθενή λιπολυτική δράση. Παρόλα αυτά επειδή είναι παρόντα σε μεγάλους πληθυσμούς κατά την διάρκεια της ωρίμανσης, είναι υπεύθυνα για την απελευθέρωση σημαντικών ποσοτήτων ελεύθερων λιπαρών οξέων σε πολλές ποικιλίες τυριών που δεν διαθέτουν μια ισχυρή λιπολυτική δευτερεύουσα καλλιέργεια (Fox et al., 2004). Οι λιπάσες και οι εστεράσες των εναρκτήριων οξυγαλακτικών καλλιιεργειών φαίνεται να είναι οι κύριοι λιπολυτικοί παράγοντες σε τυριά ολλανδικού τύπου που παράγονται από παστεριωμένο γάλα (Fox & McSweeney, 2000).

Τα λιπολυτικά ένζυμα των προπιονικών βακτηρίων έχουν 10 με 100 φορές ισχυρότερη λιπολυτική δράση σε σχέση με αυτά των εναρκτήριων οξυγαλακτικών καλλιιεργειών και συμβάλλουν στη λιπόλυση στα ελβετικά τύπου τυριά (Dupuis, 1994). Τα τυριά με επιφανειακή βακτηριακή ανάπτυξη, όπως το Limburger υφίστανται εκτεταμένη λιπόλυση κατά την διάρκεια της ωρίμανσης. Το *Brevibacterium linens*, που αποτελεί μέρος της επιφανειακής τους μικροχλωρίδας, διαθέτει λιπολυτική και εστερολυτική δραστηριότητα (Sorhaug & Ordal, 1974).

Στα τυριά με ανάπτυξη μύκητα είτε στο εσωτερικό (Roquefort) είτε στην επιφάνειά τους (Camembert, Brie), οι μύκητες του γένους *Penicillium* ssp., αποτελούν σημαντικούς παράγοντες λιπόλυσης με τις λιπάσες που διαθέτουν (MacSweeney & Sousa, 2000).

Λιπολυτική δραστηριότητα έχει παρατηρηθεί και σε οξυγαλακτικά βακτήρια που δεν αποτελούν εναρκτήριες καλλιέργειες (*Enterococcus faecium*, *Enterococcus faecalis*, *Lactobacillus plantarum* και *Lactobacillus paracasei*) και σε τρία είδη ζυμών (*Debaryomyces hansenii*, *Yarrowia lipolytica* και *Cryptococcus laurentii*) που αναπτύσσονται ως ανεπιθύμητη μικροχλωρίδα (Freitas et al., 1999). Μάλιστα σύμφωνα με τους Sifari et al. (2008) σε τυρί Κεφαλογραβιέρα έχουν ανιχνευτεί κυρίως στελέχη *E. faecium* ενώ ο *E. faecalis* έχει χρησιμοποιηθεί από πολλούς ερευνητές για την επιτάχυνση της ωρίμανσης και τη βελτίωση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών (Tzanetakis et al., 1995). Οι *Micrococci* και οι *Pediococci* που

μπορούν να υπάρξουν στην ανεπιθύμητη μικροχλωρίδα έχουν κι αυτοί ασθενή λιπολυτική δράση (Bhowmik & Marth, 1990). Τα ψυχρότροφα βακτήρια όπως αυτά του γένους *Pseudomonas* spp., παράγουν μια θερμοάντοχη λιπάση που απορροφάται μέσα στα λιποσφαιρία του γάλακτος και δεν καταστρέφεται κατά την παστερίωση. Οι μικροοργανισμοί αυτοί μπορεί να συμβάλλουν στη λιπόλυση των τυριών που παρασκευάζονται από γάλα με μεγάλους πληθυσμούς ψυχρότροφων βακτηρίων πριν την παστερίωση και έτσι να προκαλέσουν αλλοιώσεις στη γεύση (Cousins et al., 1977).

- **Εξωγενείς λιπάσες :** Συχνά προκειμένου να ενισχυθεί η γεύση και το άρωμα του τυριού κατά την τυροκόμηση χρησιμοποιούνται διάφορα ενζυμικά σκευάσματα διαφόρων προελεύσεων, που περιέχουν πρωτεϊνάσες, πεπτιδάσες, λιπάσες ή μίγματα αυτών. Οι ζωικές λιπάσες λαμβάνονται μέσω εκχύλισης ζωικών ιστών. Από το πάγκρεας των βοοειδών και των χοίρων απομονώνονται οι παγκρεατικές λιπάσες. Από τους προγαστρικούς ιστούς μικρών αμνοεριφίων και μόσχων προέρχονται οι προγαστρικές λιπάσες. Οι μικροβιακές λιπάσες λαμβάνονται μέσω βακτηρίων, ζυμών και μυκήτων μέσω ζυμώσεων. Οι λιπάσες που χρησιμοποιούνται είναι η *Piccantase* του *Mucormiehei*, *Lipases* του *Rhizopusarrhizus*, *PalataseA* του *Aspergillusniger*, *PalataseM* του *Mucormiehei* και *LipaseAP* του *Aspergillusniger*. Υπάρχουν εμπορικά διαθέσιμες λιπάσες και από άλλους μύκητες όπως είναι οι *Candida lipolytica*, *candida rugose*, *Penicillium camemberti*, *Rhizopus delamar*, *Rhizopus niveus* και *Pseudomonas* spp (Collins et al., 2003).

2.9.Επίδραση της ωρίμανσης στα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του τυριού

Τα κυριότερα και, που αλληλεπιδρούν, φυσικά, χημικά και βιοχημικά γεγονότα λαμβάνουν χώρα κατά την διάρκεια των πρώτων 24-48 ωρών της παραγωγής του τυριού (ιδιαίτερα μέχρι τη στιγμή του σχηματισμού), είναι η ανάπτυξη της οξύτητας, η μείωση υγρασίας (συγκέντρωση πρωτεΐνης και λίπους) και ο φυσικός χειρισμός του τυροπήγματος. Από αυτά η οξύτητα εκφρασμένη σαν pH είναι ο πιο στοιχειώδης φυσικοχημικός παράγοντας. Φυσικές παράμετροι περιλαμβανομένου και φυσικοχημικών είναι το pH, ο ρυθμιστής χωρητικότητα (BC) και η ενεργότητα νερού (a_w). Η εστίαση γίνεται στους φυσικούς

παράγοντες σχετικά με τη παραγωγή του τυριού, όχι απαραίτητα στις φυσικές ιδιότητες. Πολλές φυσικές ιδιότητες του γάλακτος είναι γνωστές αλλά δεν είναι όλες σχετικές με την ανάπτυξη της υφής και της γεύσης του τυριού. Για παράδειγμα η ένταση της επιφάνειας, η θερμοχωρητικότητα, το ιξώδες και η πυκνότητα του γάλακτος έχουν σχέση με την επεξεργασία του γάλακτος, συμπεριλαμβανομένου την τεχνολογία τυριού, αλλά δεν είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρον για το άρωμα του τυριού. Η υγρασία (και a_w) και η οξειδοαναγωγή (redox) είναι σημαντικά και σχετίζονται με το άρωμα και τη γεύση και αποτελούν σε γενικά πλαίσια τους πρέπων φυσικούς παράγοντες οι οποίοι εφαρμόζονται κατά την διάρκεια της παραγωγής τυριού (Weimer, 2007). Επίσης σύμφωνα με τον Prentice (1992), η εξάτμιση του νερού από την επιφάνεια του τυριού παίζει σημαντικό ρόλο. Η ωρίμανση του τυριού σε επαφή με τον αέρα αναπτύσσει φλούδα καθώς αυτό χάνει υγρασία από την επιφάνεια, αλλά καθώς η επιφάνεια χάνει υγρασία, περισσότερο νερό διαδίδεται μέσα στο τυρί για να το αντικαταστήσει. Η ύπαρξη υγρασίας για την μικροβιακή ανάπτυξη και την ενεργότητα των ενζύμων είναι κρίσιμη για την ασφάλεια του τυριού, για την αλλοίωση και την ωρίμανση του τυριού, οπότε υπάρχει συσχέτιση ανάμεσα στον χρόνο ωρίμανσης και στο ποσοστό υγρασίας για πολλές ποικιλίες τυριών. Όπως υποστηρίζει ο Martz (1962) ανάμεσα στις φυσικές ιδιότητες που ξεκάθαρα σχετίζονται με την υφή είναι το ιξώδες, η ελαστικότητα, το μέγεθος των σωματιδίων και τα χαρακτηριστικά της επιφάνειας όπως η τραχύτητα και το κολλώδες. Η πυκνότητα, η θερμοκρασία και κάποιες άλλες ιδιότητες έχουν μια έμμεση επίδραση στις υποκειμενικές αξιολογήσεις της υφής.

Ιξώδες. Το ιξώδες ορίζεται συνήθως σαν την αντίσταση που συναντάται από μια επίστρωση ρευστού καθώς αυτό μετακινείται πάνω σε άλλο στρώμα του ρευστού. Είναι η εσωτερική τριβή του υγρού. Περιγράφεται με τη σχέση $f = \eta (Au/s)$, όπου f είναι η εφαπτόμενη δύναμη και διατηρεί μια σταθερή διαφορά ανάμεσα στις ταχύτητες των δύο παράλληλων στρωμάτων της ροής του υγρού προς την ίδια κατεύθυνση και ποικίλει ανάλογα με τη διαφορά στην ταχύτητα (u) και στην περιοχή (A) της επιφάνειας της επαφής των δυο παράλληλων στρωμάτων και είναι αντιστρόφως ανάλογη με την απόσταση (s) ανάμεσα στα δύο υγρά στρώματα. Το σύμβολο η είναι ένας αναλογικός παράγοντας γνωστός ως συντελεστής του ιξώδες. Το αντίστροφό του $\phi = 1/\eta$ ονομάζεται ρευστότητα.

Επιπλέον οι φυσικοχημικές ιδιότητες σύμφωνα με τους Fox et al. (2000) περιλαμβάνουν παραμέτρους όπως το ποσοστό συσσωμάτωσης του λίπους, την αναλογία στερεού λίπους προς υγρό λίπος, το βαθμό υδρόλυσης και ενυδάτωσης του παρακαζεϊνικού πλέγματος και τη διαμοριακή έλξη μεταξύ παρακαζεϊνικών μορίων. Έτσι διάφορες φυσικοχημικές αλλαγές

παρουσιάζονται στα δομικά συστατικά του πλέγματος κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης. Αυτές οι αλλαγές οφείλονται σε ένζυμα τα οποία μπορεί να προέλθουν από την πυτιά, από τα φυσιολογικά στο γάλα υπάρχοντα ένζυμα (κυρίως πρωτεϊνάσες και λιπάσες), από τα ένζυμα των μικροοργανισμών των καλλιιεργειών, από τα ένζυμα άλλων μικροοργανισμών διαφορετικών από αυτούς που χρησιμοποιούνται ως καλλιέργεια, καθώς και στις αλλαγές στην ισορροπία των μετάλλων μεταξύ του ορού και του παρακαζεϊνικού πλέγματος. Ενδιαφέρον αποτελούν οι επιδράσεις των φυσικοχημικών παραγόντων στο τυρί της όπως η θερμοκρασία και το pH του γάλακτος και του τυροπήγματος.

Το pH και η θερμοκρασία κυρίως καθορίζουν την σύνθεση του τυριού και τη μακροδομή καθώς επίσης αυτά καθορίζουν τη βασική υφή του τυριού και μια σπουδαία ευρεία και άμεση ανάπτυξη της γεύσης του τυριού (Weimer,2007). Η ενεργότητα νερού (a_w) με το pH είναι ένας παράγοντας καθοριστικός της επιβίωσης και της ανάπτυξης των μικροοργανισμών στο τυρί. Η ενεργότητα νερού (a_w) κυμαίνεται από περίπου 0,88 έως 0,99. Οι ελάχιστες τιμές ανάπτυξης βακτηρίων ,περισσότερων ζυμών, οσμωφιλικών ζυμών και μούχλας σύμφωνα με τον Fox (2000), είναι 0,92, 0,83, 0,60, 0,75 αντίστοιχα. Το pH ευρέως καθορίζει τη βασική δομή του τυριού στο επίπεδο της μήτρας των καζεϊνικών μυκκελίων και στις αποτελεσματικές λειτουργικές ιδιότητες, συμπεριλαμβανομένου της σκληρότητας και της ευθρυπτότητας. Το pH είναι κρίσιμο στην ανάπτυξη και την επιβίωση της αλλοίωσης και των παθογόνων μικροοργανισμών στο τυρί και έτσι επηρεάζει σημαντικά την ασφάλεια και την διάρκεια ζωής του (Weimer, 2007).

Για τα τυριά τα οποία στραγγίζουν σε καλούπια ειδικά για τα τυριά με $pH \geq 5$, ο χρόνος και η θερμοκρασία του στραγγίσματος και μεταγενέστερα το αλάτισμα και η ψύξη είναι κρίσιμα στον έλεγχο του pH και επακόλουθα στην ενεργότητα των βακτηριακών και άλλων ωριμαντικών παραγόντων. Σύμφωνα με τον Weimer (2007) οι υψηλές θερμοκρασίες κατά το πρεσάρισμα των θερμοφιλικών ποικιλιών καθορίζει σημαντικά τη συνεργιστική ανάπτυξη των ανάμικτων θερμοφιλικών καλλιιεργειών με κόκκους και ράβδους ,και αυξάνει την ενεργότητα της πλασμίνης.

Ο τύπος και η έκταση των φυσικοχημικών αλλαγών εξαρτώνται από την ποικιλία του τυριού, τη σύσταση και τις συνθήκες ωρίμανσης. Οι αλλαγές περιλαμβάνουν τα εξής (Fox et al., 2000):

- Μετατροπή του υπολείμματος λακτόζης σε γαλακτικό οξύ, οξικό και προπιονικό οξύ.

- Υδρόλυση των καζεϊνών προς πεπτίδια διαφόρων μοριακών βαρών και αμινοξέα καθώς και καταβολισμός των αμινοξέων σε αμίνες, αλδεΐδες και αμμωνία.
- Υδρόλυση τριγλυκεριδίων σε ελεύθερα λιπαρά οξέα, τα οποία διασπώνται περαιτέρω σε αλκοόλες και κετόνες.
- Αυξημένη ενυδάτωση της παρακαζεΐνης λόγω της υδρόλυσής της, της αύξησης του pH του τυριού και της διαλυτοποίησης του συνδεδεμένου με την καζεΐνη ασβεστίου. Η αύξηση της ενυδάτωσης της καζεΐνης έχει ως αποτέλεσμα την διόγκωση του παρακαζεϊνικού πλέγματος.
- Συσσωμάτωση των λιποσφαιρίων με αποτέλεσμα τον σχηματισμό θυλάκων λίπους. Η αύξηση του ελεύθερου λίπους συμβαίνει λόγω της φυσικής διόγκωσης της πρωτεϊνικής φάσης στους χώρους που προηγουμένως υπήρχε λίπος, με αποτέλεσμα τα λιποσφαίρια να έρθουν πιο κοντά.

2.10.Ρεολογία

2.10.1. Γενικά για τη Ρεολογία

Οι ιδιότητες που αναφέρονται στην συμπεριφορά ενός υλικού όταν αυτό ρέει υπό την επίδραση δύναμης ή δυνάμεων, καθώς και η συμπεριφορά του υλικού όταν παραμορφώνεται υπό την επίδραση δύναμης ή όταν ρέει υπό την επίδραση δύναμης, ονομάζονται μηχανικές ιδιότητες. Στην περίπτωση που λαμβάνεται υπόψη και ο χρόνος επίδρασης της δύναμης πάνω στο υλικό, τότε οι ιδιότητες ονομάζονται ρεολογικές (Ραφαηλίδης, 1987). Πλέον η ρεολογία στοχεύει στη μέτρηση των ιδιοτήτων των υλικών οι οποίες ελέγχουν την παραμόρφωση και την ρεολογική συμπεριφορά όταν αυτά υποβάλλονται σε εξωτερικές δυνάμεις. Σύμφωνα με τον Steffe (1992) όλα τα υλικά έχουν ρεολογικές ιδιότητες και μελετάται σε αυτά η πίεση και η αντοχή. Έτσι η ρεολογία ασχολείται κυρίως με την συσχέτιση της τάσης (strain) και της παραμόρφωσης (stress) με τον χρόνο. Όταν τα υλικά που υπόκεινται σε εξωτερικές δυνάμεις είναι στερεά (ελαστικά υλικά), αυτά παραμορφώνονται, ενώ όταν είναι υγρά (ιξώδη υλικά) τότε αυτά ρέουν. Ωστόσο, η σύγχρονη ρεολογία ενδιαφέρεται περισσότερο για τη συμπεριφορά πραγματικών υλικών με ιδιότητες ενδιάμεσες των ιδανικών στερεών και υγρών. Τα υλικά αυτά ονομάζονται ιξωδοελαστικά και περιλαμβάνουν σχεδόν όλα τα πραγματικά υλικά

(Gunasekaran et al., 2002). Τα ιξωδοελαστικά υλικά διαφέρουν από τα πλαστικά στο ότι εμφανίζουν και τις δύο ιδιότητες ταυτόχρονα. Στα ιξωδοελαστικά υλικά μετά την απομάκρυνση του φορτίου (δύναμης) παραμένει μία μόνιμη παραμόρφωση. Εάν η παραμόρφωση αυτή συνδέεται γραμμικά με το φορτίο που την προκάλεσε τότε το υλικό εμφανίζει γραμμική ιξωδοελαστικότητα (Rao, 1999).

Το τυρί είναι ένα προϊόν που συμπεριφέρεται σαν ιξωδοελαστικό υλικό. Τα ιξωδοελαστικά υλικά περιγράφονται με διάφορα μοντέλα εκ των οποίων συνηθέστερα χρησιμοποιούμενα είναι το μοντέλο Maxwell και το μοντέλο Kelvin. Η ρεολογία μεν είναι μια μέθοδος μέτρησης της υφής όμως συχνά υπάρχει μία φτωχή σχέση μεταξύ αυτών των δύο παραμέτρων. Παρόλο αυτού η ρεολογία έχει αποδειχθεί χρήσιμη για τις ευθέως διευρυμένες αντιδράσεις των δομικών συστατικών του τυριού και μαζί με άλλες τεχνικές έχει επιτρέψει την ανάπτυξη των μηχανισμών να εξηγούν λειτουργικές ιδιότητες. Και οι δύο παράμετροι, οι ρεολογικές και της υφής επηρεάζονται από παράγοντες που περιλαμβάνουν τη καζεΐνη, την καζεΐνη ως προς νερό και τη καζεΐνη ως προς τις αντιδράσεις λίπους, τη φάση του νερού (ελεύθερο ή δεσμευμένο στο δίκτυο καζεΐνης), το pH και τη φάση του ασβεστίου (ιοντικό ή δεσμευμένο στο δίκτυο καζεΐνης), τη θερμοκρασία, το περιεχόμενο χλωριούχου νατρίου και την έκταση της πρωτεόλυσης. Οι ρεολογικές ιδιότητες σαν τρόπος μέτρησης της υφής εξαρτώνται από τις σχετικές ποσότητες και τις εκτάσεις της αλληλεπίδρασης ανάμεσα στα δομικά στοιχεία. Όπως υποστηρίζουν οι Everett et al., (2008), αυξάνοντας το καζεϊνικό δεσμό μήκους και πυκνότητας των δεσμών αυξάνεται η σταθερότητα του δικτύου. Επίσης σύμφωνα με τον Doiraswamy (2002), ένας μηχανικός ορισμός της ρεολογίας που πρότεινε είναι η περιγραφή των υλικών που χρησιμοποιούν εξισώσεις ανάμεσα στην πίεση και την παραμόρφωση. Ένας από τους θεμελιώδεις νόμους είναι αυτός του Hooke για ένα ελαστικό στερεό, το οποίο περιγράφει ότι η πίεση είναι ανάλογη με τη παραμόρφωση σε ένα υλικό. Στο άλλο φάσμα των υλικών τα οποία παρουσιάζουν στερεές και ρευστές ιδιότητες εξαπλώνεται το Νευτώνειο υγρό. Ο Νεύτωνας υποστήριξε ότι "η αντίσταση σε ένα ρευστό είναι ανάλογη της ταχύτητας με την οποία τα μέρη των ρευστών διαχωρίζονται το ένα από το άλλο". Τα ρευστά τα οποία υπακούν στο νόμο του Νεύτωνα και τα στερεά που υπακούν στο νόμο του Hooke καλούνται ιδανικά ή τέλεια.

Ο στόχος της έρευνας που διεξάγεται πάνω στην ρεολογία των τυριών είναι η συσχέτιση των αποτελεσμάτων που δίνονται από τα διάφορα όργανα που μετρούν υφή ή μηχανικές ιδιότητες, με τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά (Konstance & Holsiger, 1992). Είναι

σημαντικό να γνωρίζουμε το μέτρο αυτών των χαρακτηριστικών γιατί επιδρούν στα εξής χαρακτηριστικά :

- Στην αίσθηση που μας δίνει το τυρί κατά την μάσησή του.
- Στην χρήση του τυριού (κόψιμο αυτού, τρίψιμο, επάλειψη και χαρακτηριστικά λιωσίματος κατά το μαγείρεμα).
- Στην συσκευασία και διακίνηση αυτού (σταθερότητα του σχήματος του).

2.10.2. Η ρεολογία του τυριού

Η ρεολογία του τυριού εξαρτάται από τη σύστασή του, τη μικροδομή (η δομική διευσθέτηση των συστατικών του), τη φυσικοχημική κατάσταση των συστατικών του και τη μακροδομή του, η οποία απεικονίζει ετερογένειες, όπως ρωγμές και σχισμές του τυροπήγματος (Fox et al., 2004). Επομένως τα ρεολογικά χαρακτηριστικά διαφέρουν ανάλογα με την ποικιλία τυριού και την ηλικία του.

Σύμφωνα με τον Fox (2004) οι ρεολογικές ιδιότητες περιλαμβάνουν χαρακτηριστικά όπως η ελαστικότητα, το ιξώδες και η ιξωδοελαστικότητα που σχετίζονται κυρίως με τη σύσταση, τη δομή και την αντοχή μεταξύ των δομικών στοιχείων του τυριού. Η ιξωδοελαστικότητα του τυριού εξαρτάται από τη ρεολογική συμπεριφορά των μεμονωμένων συστατικών του (πρωτεΐνη, λίπος και υγρασία) καθώς και από την αλληλεπίδραση αυτών. Σύμφωνα με τους Fox et al., (2000), θεωρείται ότι το σημαντικότερο δομικό συστατικό του τυριού είναι η συνεχής πρωτεϊνική μάζα. Γενικά το καζεϊνικό δίκτυο εκτείνεται σε όλες τις κατευθύνσεις, δημιουργώντας ένα πλαίσιο στήριξης εκ του οποίου εξαρτάται ο βαθμός ανοίγματος, η ποσότητα του νερού που δεσμεύεται με την καζεΐνη, η παρουσία λίπους και ελεύθερου νερού.

Η υγρασία στο τυρί δρα ως «πλαστικοποιητής», έτσι μεγαλύτερο ποσοστό υγρασίας καθιστά την καζεΐνη πιο πλαστική και ευάλωτη στην θραύση. Η συμβολή του λίπους στις ρεολογικές ιδιότητες του τυριού εξαρτάται από τη φυσική κατάστασή του και επομένως από τη θερμοκρασία, η οποία ελέγχει την αναλογία του στερεού λίπους προς το υγρό λίπος. Σε χαμηλές θερμοκρασίες, όπου το λίπος του γάλακτος είναι κυρίως στερεό, το λίπος ενδυναμώνει την ελαστικότητα του καζεϊνικού πλέγματος. Εκτός αυτού δρα σαν λιπαντικό στην επιφάνεια θραύσης του καζεϊνικού πλέγματος και έτσι μειώνει την καταπόνηση που

χρειάζεται για να θρυμματιστεί το πλέγμα. Σε γενικές γραμμές η αύξηση του ποσοστού λίπους στο τυρί επιφέρει μείωση στα ποσοστά της υγρασίας και της πρωτεΐνης, μείωση της θραύσης και αυξημένη ελαστικότητα (Fox et al., 2000).

Ο Fox (1993) επιπλέον αναφέρει πως όλα τα τυριά είναι ιξωδοελαστικά και γι' αυτό η ρεολογική συμπεριφορά τους θα εξαρτηθεί από την τιμή και την έκταση της πίεσης. Το χαρακτηριστικό που διακρίνει ένα στερεό είναι η ακαμψία του, η οποία είναι η ικανότητα του να διατηρεί αναμφισβήτητο το ιδιαίτερό του σχήμα. Η παραμόρφωση εφαρμόζεται, ώστε να εξηγήσει τις ιδιότητες του οποιοδήποτε τυριού καθώς και το σχήμα του (Fox et al., 1993). Μετά την εφαρμογή μίας τάσης σε ένα τυρί, το πλέγμα θα αντισταθεί αρχικά στην παραμόρφωση. Καθώς η συγκέντρωση της καζεΐνης στο πλέγμα του τυριού αυξάνεται, οι διαμοριακοί και ενδομοριακοί δεσμοί του γίνονται πολυάριθμοι και το πλέγμα παρουσιάζει μεγαλύτερη ελαστικότητα και είναι δυσκολότερο να παραμορφωθεί. Ένα κοινό γνώρισμα από όλες τις πειραματικές ενδείξεις είναι το γεγονός ότι οι αλλαγές στις ρεολογικές ιδιότητες του τυροπήγματος είναι πάντα συσχετισμένη με τις αλλαγές στον ορό ο οποίος επηρεάζει την καζεΐνη στο γάλα.

Μία ενδιαφέρουσα παρατήρηση στη δομή του τυριού έγινε από τους Shama & Sherman (1973). Κατά την μικροσκοπική εξέταση του τυριού στην διάρκεια του σχηματισμού του τυροπήγματος και στη συνέχεια στα τελικά τυριά, φαίνεται ότι η βασική στερεά δομή οφείλεται στη δημιουργία ενός πλέγματος αλυσίδων μιας εκτεταμένης (μετουσιωμένης) καζεΐνης, παγιδευμένης και περικυκλωμένης από λίπος και υδατικές φάσεις. Αυτά τα δίκτυα αναμένεται να μεταδώσουν κάποιες ελαστικές ιδιότητες στο τυρί και επειδή υπάρχουν συχνές εξαθρώσεις στη δομή εξαιτίας των επεξεργασιών της παραγωγής, είναι αναμενόμενο επίσης ότι το τυρί ρέει κάτω από πίεση (Prentice, 1972).

2.10.3. Παράγοντες που επηρεάζουν τις ρεολογικές ιδιότητες των τυριών

Οι ρεολογικές ιδιότητες των τυριών επηρεάζονται από διάφορους παράγοντες. Πολλοί από αυτούς μπορούν επίσης να επηρεάσουν την οσμή, γεύση, την εμφάνιση και άλλες ιδιότητες που συχνά είναι σημαντικές για τον καταναλωτή. Οι παράγοντες που επηρεάζουν τις ρεολογικές ιδιότητες των τυριών ανήκουν στις παρακάτω κατηγορίες :

- i. Ιδιότητες του γάλακτος (φυλή του ζώου, το στάδιο θηλασμού, η περίοδος απογαλακτισμού, η σύσταση, η ρυθμιστική ικανότητα).
- ii. Η διαδικασία παρασκευής του τυριού (υγρασία, άλας και οξύτητα - pH)
- iii. Οι διαδικασίες που γίνονται μετά την παρασκευή του τυριού (ωρίμανση, όταν πρόκειται για τυριά που ωριμάζουν, συντήρηση υπό ψύξη, θερμική επεξεργασία) (Pomeranz & Meloan, 1994).

2.10.4. Ρεολογικές μέθοδοι

Οι πρώτες ρεολογικές μετρήσεις του τυριού ήταν εμπειρικές. Ο βαθμολογητής του τυριού πίεζε την επιφάνεια με αντίχειρα για να κρίνει την σταθερότητα και την ελαστικότητα του. Ο Davis (1965) ήταν ο πρώτος που παρουσίασε θεμελιώδεις ρεολογικές μελέτες του τυριού όταν συμπίεσε κυλίνδρους τεσσάρων Αγγλικών τυριών, κάτω από ένα συνεχόμενο φορτίο. Σύμφωνα με τους Holsinger et al. (1995), αυτά τα πειράματα δύναμης-παραμόρφωσης ήταν πρόδρομα εκτεταμένης έρευνας της ρεολογίας του τυριού. Το σχήμα της ταξινόμησης του Davis ήταν βασισμένο στο ιξώδες, στην ελαστικότητα και στους ελαστικούς λογαριθμικούς παράγοντες. Επίσης οι Scott Blair et al., (1949) έχουν παρουσιάσει αρκετή στοιχειώδη δουλειά για το τυρί και άλλα τρόφιμα, δίνοντας έμφαση στις ιξωδοελαστικές ιδιότητες. Οι Tunick & Nolan (1992) και οι Konstance & Holsinger (1992) έχουν εξετάσει μεθόδους πειραμάτων της ρεολογίας του τυριού. Τα ρεολογικά χαρακτηριστικά του τυριού είναι προσδιορισμένα από ρεολογικές ποσότητες οι οποίες είναι μετρημένες με δοκιμές συμπεριλαμβανομένου της εφαρμογής της πίεσης και της έντασης κάτω από καθορισμένες πειραματικές συνθήκες. Οι μεταβλητές που εξάγονται από αυτές τις δοκιμές (π.χ., ερπυσμός, χαλάρωση, δοκιμές συμπίεσης), μπορεί να περιλαμβάνουν την αλλαγή σε διαστάσεις με την πάροδο του χρόνου, πίεση που απαιτείται για να προκαλέσει θραύση, μπορούν έπειτα να χαρακτηριστούν ως σκληρότητα, σταθερότητα, ελαστικότητα, συγκολλητικότητα. Σύμφωνα με τον Steffe (1992) υπάρχουν δύο τρόποι αξιολόγησης της υφής του τροφίμου, η οργανοληπτική και η ενόργανη. Η οργανοληπτική μέθοδος ανάπτυξης ενός προφίλ υφής χρησιμοποιεί ένα ανθρώπινο πάνελ γεύσης, το οποίο δίνει το τελικό αποτέλεσμα αλλά δεν μπορεί εντελώς να αναπαραχθεί από κανένα μηχάνημα. Γενικότερα είναι πιο αξιόπιστες οι ενόργανες μέθοδοι από τις οργανοληπτικές. Η δημιουργία και η διερμηνεία πληροφοριών υφής με συνδυασμό οργανοληπτικών και

ενόργανων μεθόδων ονομάζεται αναλυτικό προφίλ υφής και μελετάει τις έννοιες της υφής σε σκληρά και ημίσκληρα τρόφιμα. Όταν γίνεται η μέτρηση των ρεολογικών ιδιοτήτων του τυριού, είναι απαραίτητο να ληφθεί υπ όψιν ο σκοπός της μέτρησης, διότι αυτός θα επιβάλλει τις συνθήκες κάτω από τις οποίες θα διεξαχθεί το πείραμα. Σύμφωνα με τον Steffe (1992) οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό των γραμμικών ιξωδοελαστικών λειτουργιών των υλικών χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, τις στατικές και τις δυναμικές μεθόδους. Οι δυναμική μέθοδος περιλαμβάνει μια εφαρμογή ταλαντευόμενης διατμητικής τάσης και η στατική μέθοδος περιέχει τη δοκιμή creep ή το stress relaxation.

Η πιο διαδεδομένη εμπειρική δοκιμή είναι το TPA (texture profile analysis) δηλαδή η ανάλυση του προφίλ υφής. Η υφή αναφέρεται ως η ανθρώπινη αίσθηση στο τρόφιμο και αντλείται από την ρεολογική του συμπεριφορά κατά την μάσηση και τη κατάποση του. Η πρώτη ιδέα προήλθε το 1963 με ένα όργανο υφής τροφίμων και έπειτα το ανέπτυξε ο Bourne (1968) στη δοκιμή του Instron Universal Testing Machine, όπου δείγμα τροφίμου συμπιέζεται δυο φορές σε 80% του ύψους του. Η ανάπτυξη του οργάνου μέτρησης της υφής και η είσοδος του Instron Universal Testing Machine στα είδη μέτρησης της υφής, βοήθησε το πείραμα της μη αξονικής συμπίεσης να γίνει δημοφιλής στην αξιολόγηση της σταθερότητας. Σε αυτό το πείραμα ένα κυλινδρικό σχήμα συνθλίβεται ανάμεσα σε δύο παράλληλες πλάκες είτε σε μια συνεχή τιμή εκτόπισης ή σε μία συνεχή τιμή παραμόρφωσης.

2.10.4.1.Ανάλυση του προφίλ υφής

Η ανάλυση του προφίλ υφής (Texture Profile Analysis, TPA) είναι δημοφιλές πείραμα διπλής συμπίεσης για τον προσδιορισμό των ιδιοτήτων της υφής των τροφίμων. Κατά την διάρκεια του πειράματος τα δείγματα συμπιέζονται δύο φορές χρησιμοποιώντας ένα αναλυτή υφής που κάνει προσομοίωση της απομίμησης μάσησης των τροφίμων. Το πλεονέκτημα του TPA, ως αναλυτική μέθοδος, είναι ότι μπορεί να προσδιορίσει ποσοτικά πολλαπλές παραμέτρους της υφής μέσα σε ένα πείραμα.

Τέτοιοι παράμετροι περιλαμβάνουν τη σκληρότητα, συνεκτικότητα, την ελαστικότητα και άλλες όπως φαίνονται στον πίνακα 5. Η Dr Alina Surmacka Szczesniak ανέπτυξε τις αρχικές αυτές παραμέτρους σαν μέρος της οργανοληπτικής εργασίας που διεξήγαγε το 1960. Το 1968 ο Dr Malcolm Bourne δημοσίευσε εργασία και υιοθέτησε τις έννοιες του TPA καθώς

τις εφάρμοσε με μια πειραματική μηχανή το Instron. Έπειτα το 1988 αναπτύχθηκαν τα μηχανήματα του TA.XT2 για την ανάλυση της υφής και αργότερα το TA.XT2i και το TA.XTplus.

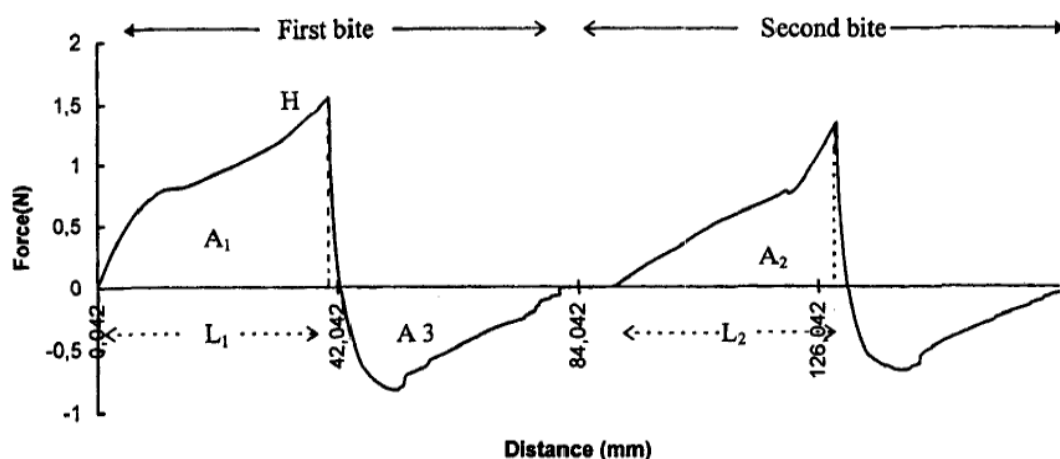
Όπως αναφέρει ο Rohm (2002) γενικά η μονοαξονική συμπίεση παράλληλων πλακών είναι μια μέθοδος με την οποία ένα κυλινδρικό ή κυβικό δείγμα με επίπεδες επιφάνειες τοποθετείται μεταξύ δύο επίπεδων πλακών και μία από τις πλάκες μετά τείνει να μετακινείται σε προεπιλεγμένη σταθερή ταχύτητα. Επίσης σύμφωνα με τη Sherman (1979) η δύναμη που αναπτύσσεται καταγράφεται σαν συνάρτηση της απόστασης (παραμόρφωσης) ή του χρόνου. Αυτή η τεχνική είναι βασισμένη στην ταξινόμηση της υφής και την διαδοχή της διαδικασίας μάσησης, η οποία έχει διαχωριστεί σε τρία βήματα. Κατά την πρώτη επαφή με το τρόφιμο συνήθως με τα δόντια, ένας άνθρωπος μπορεί να αναγνωρίσει και να μετρήσει μηχανικές ιδιότητες (σκληρότητα, ευθραυστότητα, ιξώδες) καθώς και τις ιδιότητες από την αίσθηση στο στόμα. Κατά την διάρκεια της μάσησης, όπου το τρόφιμο συνθλίβεται για να πάρει ένα σχήμα για κατάποση, μπορούν να προσδιοριστούν και άλλες μηχανικές ιδιότητες (μασητικότητα, συγκολλητικότητα, κολλώδες) και ιδιότητες αίσθησης στο στόμα.

Όπως υποστήριξε ο Park (2007), το TPA χρησιμοποιεί πειραματική μηχανή που μιμείται τη μάσηση διαμέσου της χρήσης μεγάλων καταστρεπτικών διατμήσεων και υπολογίζονται μέσω αυτού επίσης η σκληρότητα, η ελαστικότητα και η συνεκτική φύση του τροφίμου. Το TPA διεξάγεται μέσω της ρίψης μιας εγκάρσιας κεφαλής κάτω κατακόρυφη στήλη η οποία προκαλεί μια ευθεία πλάκα στο να παραμορφώσει ένα κυλινδρικό σχήμα τοποθετημένο σε μία χαμηλότερη πλάκα (Tunick, 2000). Ο Rosental (1999) θεώρησε ότι πραγματοποιείται ένας κύκλος από δύο δαγκωματιές και η τάση που αναπτύσσεται στο δείγμα μετράται καθώς αυτό είναι συμπιεσμένο και μετά από το πρώτο δάγκωμα, το φορτίο αφαιρείται, δηλαδή η εγκάρσια κεφαλή του πειραματικού οργάνου επιστρέφει στην ίδια τιμή και επαναλαμβάνει τη διαδικασία προσεκτικά παριστάνοντας την δράση του δαγκώματος δύο φορές σε ένα κομμάτι τυριού. Σημαντικό είναι το γεγονός ότι πρέπει να προσδιοριστούν οι βασικές συνθήκες για την διεξαγωγή του πειράματος, ειδικά η ταχύτητα παραμόρφωσης διότι τα περισσότερα υλικά τρόφιμα τείνουν να είναι ιξωδοελαστικά (Sherman, 1979).

ΠΙΝΑΚΑΣ 5. Ορισμοί και υπολογισμοί των ρεολογικών παραμέτρων (Szczesniak, 1963; Bourne, 1968; Tunick, 2000).

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΟΡΙΣΜΟΣ	ΑΠΟΚΤΗΣΗ ΑΠΟ	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ (ΚΑΙ ΜΟΝΑΔΕΣ)
Ευθραυστότητα	Η δύναμη με την οποία το τρόφιμο σπάει.	Η δύναμη στο πρώτο σημαντικό σπάσιμο (αν υπάρξει) στη καμπύλη	Το ύψος του F (N)
Σκληρότητα	Η δύναμη που χρειάζεται για να επιτευχθεί μια καθορισμένη παραμόρφωση.	Η μεγαλύτερη δύναμη κατά τον πρώτο κύκλο συμπίεσης.	Το ύψος του H (N)
Συγκολλητικότητα	Προσπάθεια που χρειάζεται για να ξεπεράσει την δύναμη ανάμεσα στο τρόφιμο και στην άλλη επιφάνεια.	Η επιφάνεια της δύναμης της αρνητικής κορυφής(αν υπάρχει) μετά την πρώτη κορυφή.	Η περιοχή του A (J)
Συνεκτικότητα	Μήκος των εσωτερικών δεσμών του τροφίμου	Η αναλογία της περιοχής της θετικής δύναμης της δεύτερης κορυφής προς αυτή της πρώτης κορυφής	Η αναλογία της A_2 περιοχής προς την A_1 περιοχή.
Ελαστικότητα	Τιμή στην οποία το παραμορφωμένο προϊόν επιστρέφει στην πραγματική του κατάσταση μετά την αφαίρεση της δύναμης .	Το ύψος του δείγματος ανακτάται ανάμεσα στο τέλος του κύκλου της πρώτης συμπίεσης και στην αρχή του δεύτερου.	Μήκος του S (mm)
Κομμώδης υφή	Η δύναμη που χρειάζεται για να διαλυθεί ένα ημιστερεό τρόφιμο σε μια κατάσταση έτοιμη για κατάποση.	Γινόμενο της σκληρότητας και της συνεκτικότητας (N)	
Μασητικότητα	Η προσπάθεια που χρειάζεται για να μασηθεί ένα στερεό τρόφιμο σε μια κατάσταση έτοιμη για κατάποση.	Γινόμενο της σκληρότητας , συνεκτικότητας , και ελαστικότητας (J)	

Ο υπολογισμός των ρεολογικών παραμέτρων γίνεται με βάση τη μορφή της καμπύλης δύναμης – χρόνου που προκύπτει κατά τη δοκιμή συμπίεσης για το εκάστοτε δοκίμιο. Η μορφή της καμπύλης αυτής παρατίθεται στο Σχήμα 5.



Σχήμα 5. Τυπική καμπύλη ρεολογικής ανάλυσης τυριού (Stachtiaris & Kaminarides, 2000).

Οι ρεολογικές παράμετροι που εξετάζονται κατά τη μέθοδο TPA συνοπτικά είναι:

H1 (N): σκληρότητα 1.

H2 (N): σκληρότητα 2

A1 (J): έργο επί του δείγματος κατά την πρώτη συμπίεση, μέχρι να πιεστεί το δείγμα στο 80%

A2 (J): έργο επί του δείγματος κατά τη δεύτερη συμπίεση

A3 (J): συγκολλητικότητα. Το έργο επί του δείγματος μέχρι αυτό να αποκολληθεί από την πλάκα συμπίεσης. Έχει αρνητικές τιμές

C : Συνεκτικότητα. Ο λόγος $A2/A1$

S1 (mm): ελαστικότητα

S2 (mm): εκτατότητα

Αναλυτική Περιγραφή παραμέτρων

Σύμφωνα με τη θεωρία του texture profile analysis, η **Σκληρότητα (Hardness)** δεν χρειάζεται να πραγματοποιηθεί στο σημείο της βαθύτερης συμπίεσης αν και τυπικά συμβαίνει στα περισσότερα προϊόντα και εκφράζεται σαν η μέγιστη δύναμη στη πρώτη συμπίεση. Ένα τρόφιμο δεν μπορεί να είναι 100% συνεκτικό αν είναι κάτω από τάση παραπάνω από το σημείο της πλαστικής παραμόρφωσης, επειδή θα χάσει ανεπανόρθωτα κάποια ενέργεια σε αυτό το σημείο θραύσης. Η **Ευθραυστότητα (Fracturability)** συμβαίνει όταν το δείγμα τυριού σπάει και το γράφημα έχει την πρώτη του σημαντική κορυφή (όπου η δύναμη αρχίζει να πέφτει) κατά την πρώτη συμπίεση του δείγματος από την κεφαλή και εκφράζεται ως η δύναμη στη πρώτη καμπύλη. Η **Συνεκτικότητα (Cohesiveness)** είναι η περιοχή του πειράματος κατά τη δεύτερη συμπίεση διαιρεμένη με την περιοχή του πειράματος κατά την πρώτη συμπίεση ($\text{Area 2}/\text{Area 1}$). Εκφράζει το πόσο καλά το προϊόν αντέχει μια στιγμή παραμόρφωσης με την αντίστασή του κάτω από την πρώτη παραμόρφωση. Η **Ελαστικότητα (Springiness)** είναι το πόσο καλά το δείγμα τυριού επανέρχεται μετά την παραμόρφωσή του κατά την πρώτη συμπίεση και του επιτρέπεται να παραμείνει συγκεκριμένη χρονική περίοδο για τον στόχο μεταξύ των χτυπημάτων. Η ανάκαμψη μετριέται στο κάτω χτύπημα της δεύτερης συμπίεσης ($\text{Distance 2}/\text{Distance 1}$). Η **Κομμώδης υφή (Guminess)** σύμφωνα με τους Pomeranz και Meloan (1994) είναι χαρακτηριστικό των ημιστερεών τροφίμων με χαμηλό βαθμό σκληρότητας και υψηλό βαθμό συνεκτικότητας. Η τιμή στην οποία το τρόφιμο επιστρέφει στην αρχική του κατάσταση μετά την αφαίρεση μιας δύναμης παραμόρφωσης είναι ένας δείκτης της ελαστικότητας του τροφίμου. Είναι σχετικό με τη μασητικότητα και εφαρμόσιμο σε ημιστερεά γιατί το δείγμα δεν μπορεί να είναι την ίδια στιγμή και στερεό και ήμιστερο και εκφράζεται με το γινόμενο σκληρότητας και συνεκτικότητας (**Hardness × Cohesiveness**). Η **Μασητικότητα (Chewiness)** απευθύνεται σε στερεά και εκφράζεται με το γινόμενο της σκληρότητας, της συνεκτικότητας και της ελαστικότητας (**Hardness × Cohesiveness × Springiness**). Η **Συγκολλητικότητα (Adhesiveness)** μετράται σαν η αρνητική περιοχή ανάμεσα στους δύο κύκλους, όμως σε μερικές περιπτώσεις το δείγμα έχει κολλήσει στη κεφαλή και η μέτρηση αυτή δεν εφαρμόζεται για πολλά τυριά. Η συγκολλητικότητα σύμφωνα με τους Pomeranz & Meloan (1994) προσδιορίζεται ανάλογα με το έργο που απαιτείται για να ξεπεραστούν οι ελκυστικές δυνάμεις ανάμεσα στην επιφάνεια του τροφίμου και στην επιφάνεια άλλων υλικών με τα οποία το τρόφιμο έρχεται σε επαφή. Η λέξη ελαστικότητα εξάγεται από την λίστα των παραμέτρων από το Texture Profile Analysis. Ο Davis (1965) υποστήριξε ότι η ελαστικότητα στο TPA ορίζεται ως η τιμή στην οποία ένα

παραμορφωμένο υλικό επιστρέφει στην αρχική του κατάσταση , αφού έχει αφαιρεθεί η δύναμη της παραμόρφωσης. Η ελαστικότητα σχετίζεται με τον χρόνο της χαλάρωσης και αυτή στην πραγματικότητα θα έπρεπε να ορίζεται σαν μια έκταση στην οποία ένα παραμορφωμένο υλικό επιστρέφει στην αρχική του κατάσταση.

2.10.4.2. Δοκιμή της χαλάρωσης τάσης

Στη δοκιμή αυτή, στο υλικό δίνεται μια στιγμιαία παραμόρφωση και μετράται η πίεση που απαιτείται για να διατηρήσει αυτή την παραμόρφωση. Οι τελικές καμπύλες θα εξαρτηθούν από τον συνδυασμό της ελαστικής και της ιξώδους φύσης της ένωσης που εξετάζεται (Steffe, 1992). Επίσης σύμφωνα με τους Gunasekaran & Mehmet (2003), η μείωση της τάσης σε σταθερή πίεση ονομάζεται χαλάρωση τάσης.

Για τα γραμμικά ιξωδοελαστικά υλικά η τάση φθίνει με τον χρόνο t και μπορεί να περιγραφεί σε πίεση ή συμπίεση με την παρακάτω εξίσωση :

$$\Sigma(t) = E(t)\epsilon_0 \quad \text{ή} \quad E(t) = \sigma(t)/\epsilon_0$$

όπου $E(t)$ ονομάζεται το μοντέλο χαλάρωσης. Το μοντέλο χαλάρωσης αντιπροσωπεύει την αλλαγή της τάσης ανά μονάδα σε εφαρμοσμένη πίεση και έχει υλική ιδιότητα.

Για τα γραμμικά ελαστικά στερεά ισχύει :

$$E(t) = E, \text{ το μοντέλο του Young.}$$

Τα ιδανικά ελαστικά στερεά αποθηκεύουν όλη την ενέργεια που έχουν κατά το στάδιο που πιέζονται και την δαπανούν πάνω στην αφαίρεση της τάσης έτσι ώστε να επιστρέψουν στο αρχικό τους μέγεθος και σχήμα, ενώ για τα ιδανικά ιξώδη στερεά η τάση πέφτει στο μηδέν αμέσως μετά την διακοπή της εφαρμογής πίεσης. Όμως διάφορα υλικά όπως τα τρόφιμα και ειδικά τα τυριά είναι ιξωδοελαστικά και παρουσιάζουν μια ενδιαμέση απόκριση όπου η τάση χαλαρώνει σε μια πεπερασμένη τιμή που χαρακτηρίζεται ως χρόνος χαλάρωσης. Αν ένα ιξωδοελαστικό υλικό χαλαρώσει σε μηδέν τάση μέσα σε μια ορισμένη περίοδο (πειραματικό χρόνο), αυτό θα χαρακτηριστεί πιο εκτεταμένα ως ιξωδοελαστικό υγρό, ενώ ένα ιξωδοελαστικό υλικό θα χαρακτηριστεί ως ιξωδοελαστικό στερεό αν μια πεπερασμένη

τάση παραμένει μη χαλαρή μετά από αρκετά μεγάλο χρόνο (Gunasekaran & Mehmet, 2003).

Σύμφωνα με τον Carter (1989), ο χρόνος χαλάρωσης έχει αποδειχθεί ότι μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας. Όταν η θερμοκρασία του δείγματος αυξάνεται, τα μόρια δονούνται με μεγαλύτερη ενέργεια προκαλώντας συχνότερες συγκρούσεις ανάμεσά τους και υπάρχει πτώση στο χρόνο χαλάρωσης. Το ελάχιστο όριο του χρόνου χαλάρωσης ίσως είναι εξαιτίας της αύξησης της πυκνότητας του υλικού με τη ποσοστιαία συμπίεση η οποία θα μπορούσε να αυξήσει ξανά την συχνότητα των μοριακών συγκρούσεων εξαιτίας της μειωμένης διαμοριακής απόστασης. Όταν σημειωθεί το σπάσιμο, με επακόλουθη πτώση στη δύναμη, η πυκνότητα επιτρέπεται να μειωθεί αλλά εξαιτίας της ιξωδοελαστικότητας του υλικού υπάρχει μια τελική χρονική περίοδος πριν ο όγκος ανταποκριθεί στη μείωση της δύναμης. Ο χρόνος χαλάρωσης μειώνεται με την συμπίεση μέχρι ένα κρίσιμο σημείο, πέρα από το οποίο, συνεχίζει να αυξάνεται. Το μοντέλο προτείνεται να υπολογίζει και να λαμβάνει υπόψη την συμπεριφορά του υλικού του τροφίμου να είναι παρόμοια με την δομή στο γενικό μοντέλο Maxwell εκτός από το ότι τα ελατήρια αντιπροσωπεύουν την αποθήκευση ενέργειας και ο αποσβεστήρας αντιπροσωπεύει την τιμή της αλλαγής της ενέργειας από ενδεχόμενο ελαστικό σε θερμότητα.

3. Σκοπός της Εργασίας

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη και ο προσδιορισμός των φυσικοχημικών και ρεολογικών χαρακτηριστικών των παραδοσιακών τυριών Γραβιέρας και Λαδοτυριού Μυτιλήνης κατά την ωρίμανση, συσκευασμένων υπό κενό.

4.Υλικά και μέθοδοι

4.1. Παρασκευή Λαδοτυριού Μυτιλήνης

Το Λαδοτύρι Μυτιλήνης παρασκευάστηκε στο τυροκομείο Τασάνη στην Άγρα Λέσβου με τον παρακάτω παραδοσιακό τρόπο: Πρόβειο γάλα παστεριώθηκε και μεταφέρθηκε σε τυρολέβητα σε θερμοκρασία 34°C. Στη συνέχεια προστέθηκε πυτιά σε σκόνη με σκοπό την πήξη του γάλακτος εντός 30 λεπτών. Μετά την πήξη του γάλακτος το τυρόπηγμα διαιρέθηκε σε κύβους περίπου 2 cm και αφέθηκε σε ηρεμία για 10-15 λεπτά. Έπειτα διαιρέθηκαν επιπλέον οι κύβοι του πηγματος σε μικρότερα κομμάτια σε σχήμα κόκκων καλαμποκιού. Ακολούθησε η αναθέρμανση του τυροπήγματος μέχρι τους 45 °C υπό συνεχή ανάδευση και πραγματοποιήθηκε η μεταφορά του τυροπήγματος σε καλούπια σχήματος κυλίνδρου, χωρητικότητας 1,2 kg τυριού, όπου παρέμεινε μέχρι να αποκτήσει σταθερή δομή και το χαρακτηριστικό του σχήμα. Τα συγκεκριμένα καλούπια διαθέτουν οπές ώστε να διαφεύγει το τυρόγαλα. Εν συνεχεία το τυρί αφέθηκε να στραγγίξει για 10-15 ώρες ώστε να κρυσώσει και τοποθετήθηκε σε δεξαμενές με άλμη (20 Baumé). Το τυρί παρέμεινε στην άλμη για 48 ώρες και έπειτα τοποθετήθηκε σε ράφια για να στεγνώσει και να στραγγίσει για 8-10 ώρες. Ακολούθησε εμβάπτιση σε παραφίνη (130-140 °C) και συσκευάστηκε σε σακούλες πολυαιθυλενίου υπό κενό (vacuum).

4.2 Παρασκευή Γραβιέρας Μυτιλήνης

Η Γραβιέρα Μυτιλήνης παρασκευάστηκε στο ίδιο τυροκομείο με τον παρακάτω τρόπο: Μετά την παστερίωση του πρόβειου γάλακτος ακολούθησε η πήξη του στους 34°C, με πυτιά σε σκόνη εντός 30 λεπτών. Το δημιουργούμενο τυρόπηγμα αφού απέκτησε την επιθυμητή συνεκτικότητα διαιρέθηκε σε μικρότερα κομμάτια, μεγέθους φουντουκιού, επειδή η ποσότητα της γραβιέρας (1,6 kg) είναι μεγαλύτερη από το Λαδοτύρι (1,2 kg) και αφέθηκε σε ηρεμία για μερικά λεπτά. Ακολούθησε αναθέρμανσή του έως τους 45°C υπό συνεχή ανάδευση. Η ανάδευση συνεχίστηκε για 10-15 λεπτά έως ότου το πήγμα απέκτησε την επιθυμητή σκληρότητα. Αφέθηκε σε ηρεμία για 5 λεπτά και το πήγμα διαιρέθηκε σε κομμάτια, το καθένα αρκετά ώστε να γεμίζει ένα καλούπι. Μετά την μεταφορά του τυροπήγματος σε καλούπια, παρέμεινε μέχρι να αποκτήσει σταθερή δομή και το

χαρακτηριστικό του σχήμα. Τοποθετήθηκε και παρέμεινε περισσότερο στις δεξαμενές με άλμη (20 Baumé) για 50 ώρες και έπειτα τοποθετήθηκε σε ράφια για να στεγνώσει και να στραγγίσει για 8-10 ώρες. Έπειτα εμβαπτίστηκε σε παραφίνη (130-140°C) και συσκευάστηκε σε σακούλες πολυαιθυλενίου υπό κενό (vacuum).

4.3 Ωρίμανση των τυριών

Τα τυριά μεταφέρθηκαν στην Θεσσαλονίκη και ωρίμασαν σε αποθήκη συσκευασμένα στους 16 °C επί 6 μήνες.

4.4. Φυσικοχημικές αναλύσεις

Τόσο οι φυσικοχημικές όσο και οι ρεολογικές αναλύσεις διεξήχθησαν ανά μήνα για κάθε δείγμα τυριού.

4.4.1 Προσδιορισμός υγρασίας

Σκοπός:

Ο προσδιορισμός της επί της εκατό υγρασίας στο τυρί αποτελεί σημαντικότερη πληροφορία που βοηθά να κατατάξουμε ποιοτικά ένα τυρί, κατά πόσο πληροί τις προϋποθέσεις για τα επιτρεπτά όρια υγρασίας που θέτει ο Κώδικας Τροφίμων και Ποτών. Η περιεκτικότητα σε υγρασία στο τυρί μπορεί να υπολογιστεί από τον προσδιορισμό της ξηρής ουσίας του τυριού.

Ορισμός:

Στερεό Υπόλειμμα ή Ξηρή Ουσία καλείται το μέρος του τυριού που παραμένει μετά την απομάκρυνση του νερού. Η ξηρή ουσία συνεπώς του τυριού περιλαμβάνει όλα τα συστατικά του εκτός από το νερό.

Αρχή μεθόδου:

Ο προσδιορισμός ξηρής ουσίας στο τυρί προσδιορίστηκε με τη μέθοδο, η οποία στηρίζεται στην ξήρανση του δείγματος και με υπολογισμό της διαφοράς του βάρους του τυριού πριν

και μετά από την θέρμανση του στους 102 °C (± 2 °C) σε κλίβανο ξήρανσης (Δημητρέλη, 2012; Kasapian et al., 2014; AOAC ,1995).

Υλικά και όργανα:

- Κλίβανος
- Δίσκος από αλουμίνιο
- Πορσελάνινη κάψα
- Γυάλινη ράβδος
- Ξηραντήρας
- Άμμος
- Αναλυτικός ζυγός με ακρίβεια 0,1 mg

Τεχνική :

Αρχικά, φιαλίδιο ξήρανσης (κάψα) μαζί με 20 g άμμου και ράβδο υάλου (α_1) ξηραίνονται σε κλίβανο στους 102°C (± 2 °C) για μια ώρα. Η άμμος χρησιμεύει στη διασπορά της επιφάνειας του τροφίμου και η ράβδος για την περιοδική ανάδευση (Ανδρικόπουλος, 2010.) Έπειτα τοποθετούνται στο ξηραντήρα για να αποκτήσουν τη θερμοκρασία περιβάλλοντος και ζυγίζονται με ακρίβεια 0,1 mg (α_1). Προστίθενται κατόπιν 3g τυριού και ακολουθεί ζύγιση (α_2). Αναμιγνύονται τυρί και άμμος με την γυάλινη ράβδο (για διευκόλυνση απομάκρυνσης της υγρασίας) και η κάψα τοποθετείται στον κλίβανο στους 102 °C (± 2 °C) για 3 ώρες. Μετά την ξήρανση ψύχεται στο ξηραντήριο και ζυγίζεται (α_3). Η ξηρή ουσία (Ξ.Ο.) του δείγματος υπολογίζεται σύμφωνα με τον τύπο:

$$\text{Ξ.Ο. (\%)} = (\alpha_3 - \alpha_1) \times 100 / (\alpha_2 - \alpha_1)$$

όπου:

α_1 : το βάρος της κάψας, της άμμου και της ράβδου.

α_2 : το βάρος της κάψας, της άμμου, της ράβδου και του δείγματος τυριού πριν την ξήρανση

α_3 : το βάρος της κάψας, της άμμου, της ράβδου και του δείγματος μετά την ξήρανση.

Η τιμή της υγρασίας υπολογίζεται ως εξής: $Y (\%) = 100 - \text{Ξ.Ο. (\%)}$.

4.4.2. Προσδιορισμός λίπους

Σκοπός:

Η παραλαβή των λιπαρών του τυριού με φυγοκέντριση τους σε φυγόκεντρο Gerber και ο προσδιορισμός της % λιπόπερικτικότητάς τους.

Αρχή μεθόδου:

Η μέθοδος Gerber στηρίζεται στην καταστροφή όλων των συστατικών του γάλακτος, με εξαίρεση το λίπος, με τη χρήση θειικού οξέος. Το οξύ διασπά και την μεμβράνη των λιποσφαιρίων και έτσι το λίπος απελευθερώνεται. Η λιπαρή ύλη διαχωρίζεται με τη βοήθεια αμυλικής αλκοόλης και της φυγοκέντρισης.

Υλικά και όργανα:

- Βουτυρόμετρα
- Θειικό οξύ
- Αμυλική αλκοόλη
- Αναλυτικός ζυγός με ακρίβεια 0,1 mg
- Φυγόκεντρος (1100-1200 στροφές/ min)
- Σιφώνια μέτρησης θειικού οξέος και αλκοόλης

Τεχνική :

Στον υποδοχέα των βουτυρόμετρων ζυγίζονται 2 g τριμμένου τυριού (2g για Γραβιέρα ή 3g για Λαδοτύρι) και ο υποδοχέας τοποθετείται στα βουτυρόμετρα. Πάνω από το ανοιχτό στόμιο του βουτυρόμετρου προστίθεται θειικό οξύ μέχρι να καλυφθεί το τυρί και το οποίο "καίει" τις πρωτεΐνες του τυριού και απελευθερώνει τα λιπαρά συστατικά του (Ανδρικόπουλος, 2010). Έπειτα μεταφέρεται σε υδατόλουτρο θερμοκρασίας 65 (\pm 2) °C για 20 με 30 λεπτά με συνεχή ανάδευση μέχρι να διαλυθεί η μάζα του τυριού. Προστίθεται 1 ml αμυλικής αλκοόλης για να βοηθήσει στον διαχωρισμό του λίπους και των υδατικών φάσεων (Kasarian et al., 2014). Έπειτα προστίθεται θειικό οξύ μέχρι τα 4/5 της κλίμακας του βουτυρόμετρου, πωματίζεται και τοποθετείται στο υδατόλουτρο για 5 λεπτά με σκοπό να φέρει το ανώτερο στρώμα λίπους στη ζώνη μέτρησης. Τα βουτυρόμετρα σκουπίζονται

εξωτερικά και τοποθετούνται ανά δύο κατοπτρικά στις υποδοχές της φυγοκέντρου Gerber με το πλαστικό πώμα προς την περιφέρεια της φυγοκέντρου και να ακουμπάει καλά στον πυθμένα υποδοχής. Η φυγοκέντριση πραγματοποιείται με σκοπό τα λιπαρά συστατικά να διαχωριστούν πλήρως. Η φυγόκεντρος τίθεται σε λειτουργία και η φυγοκέντριση γίνεται στις 1100 στροφές/λεπτό (r.p.m) επί 5 λεπτά. Μετά το σταμάτημα της φυγοκέντρου, τα βουτυρόμετρα αποσύρονται και τοποθετούνται και πάλι στο υδατόλουτρο των 65 (± 2) °C επί 5 λεπτά (Μάντης κ.α, 2015). Φέρονται σε κατακόρυφη θέση με το πώμα προς τα κάτω και στο κάθε ένα γίνεται ανάγνωση του αποχωρισμένου λίπους μέσα στο στέλεχος του βουτυρομέτρου. Η περιεκτικότητα του δείγματος σε λίπος ανά 100g τυριού είναι η διαφορά της κλίμακας μεταξύ της ανάγνωσης του κάτω και άνω άκρου της στοιβάδας του λίπους.

Λίπος επί ξηρής ουσίας = $\text{λίπος}(\%) \times 100 / \text{ξηρή ουσία}(\%)$

4.4.3. Προσδιορισμός του pH

Σκοπός:

Η σημασία του ελέγχου του pH σε μία βιομηχανία παραγωγής γαλακτοκομικών προϊόντων είναι τεράστια. Με τον έλεγχο του pH εξασφαλίζεται ότι το τυρί σε όλα τα στάδια της παραγωγής-ωρίμανσής του δεν έχει αλλοιωθεί, ενώ παράλληλα διασφαλίζεται το καλύτερο ποιοτικό αποτέλεσμα.

Αρχή μεθόδου :

Λέγοντας pH εννοούμε τον αρνητικό δεκαδικό λογάριθμο της συγκέντρωσης των κατιόντων υδρογόνου δηλαδή : $\text{pH} = -\log ([\text{H}^+])$.Το pH κυμαίνεται από 0-14 και χαμηλές τιμές του υποδηλώνουν όξινο περιβάλλον ενώ υψηλές αλκαλικό. pH ίσο με 7 μαρτυρά ουδέτερο περιβάλλον.

Υλικά και όργανα:

Επιτραπέζιο Πεχάμετρο

Τεχνική :

Βυθίζεται το ηλεκτρόδιο στο προς μέτρηση μέσο κάθετα, και διαβάζεται απευθείας η ένδειξη στην οθόνη του οργάνου.

4.4.5. Προσδιορισμός της τέφρας

Ορισμός :

Η τέφρα αποτελεί το υπόλειμμα από την καύση του τυριού και ουσιαστικά είναι το καθαρό ανόργανο μέρος του τυριού (Greek Journal of Dairy, 2008). Λαμβάνεται με καύση του δείγματος τυριού στους 500-550 °C σε κάμινο πύρωσης (Ανδρικόπουλος, 2010).

Αρχή μεθόδου:

Η τέφρα σύμφωνα με τη Nollet (2004) και το AOAC (1995) υπολογίζεται από την απώλεια βάρους που συμβαίνει κατά την διάρκεια της ολοκληρωμένης οξειδωσης του δείγματος σε υψηλή θερμοκρασία (συνήθως 500-600°C) μέσω της εξάτμισης των οργανικών στοιχείων.

Υλικά και όργανα:

- Ζυγός ακριβείας 0,1 mg
- Κλίβανος ξηραντήρας
- Πορσελάνινες κάψες
- Αποτεφρωτήρας

Τεχνική:

Κατάλληλα στεγνές και ξηρές από κλίβανο ξήρανσης και μετά από ψύξη σε ξηραντήριο, οι πορσελάνινες κάψες ζυγίστηκαν κενές (α_1). Στη συνέχεια ζυγίστηκε μέσα στη κάθε κάψα με ακρίβεια επακριβώς ποσότητα των 2 g τυριού (α_2). Μεταφέρθηκαν σε κλίβανο στους 550°C για 5-6 ώρες και το δείγμα αποτεφρώθηκε. Στη συνέχεια ζυγίστηκε (α_3) και υπολογίστηκε η τέφρα στο τυρί.

$$\text{Τέφρα} = 100 (\alpha_3 - \alpha_1) / (\alpha_2 - \alpha_1)$$

Όπου:

α_1 : το βάρος της κάψας

α_2 : το βάρος της κάψας και του δείγματος τυριού πριν την αποτέφρωση

α_3 : το βάρος της κάψας και του δείγματος τυριού μετά την αποτέφρωση

4.4.6. Προσδιορισμός Πρωτεϊνών

Ο προσδιορισμός των αζωτούχων ουσιών στα τυριά συνήθως γίνεται για την εκτίμηση της σύστασης και του βαθμού ωρίμανσής τους, καθώς και για τον καθορισμό του ποσοστού μεταφοράς τους από το προερχόμενο γάλα στο τυρί.

Σκοπός:

Ο έμμεσος ποσοτικός προσδιορισμός του συνόλου των πρωτεϊνών ενός δείγματος τυριού, εφαρμόζεται με άμεσο προσδιορισμό του συνολικού αζώτου των πρωτεϊνών σε συσκευή Kjeldahl. Ο Δανός ερευνητής Kjeldahl Johan το 1883 ανακάλυψε μια μέθοδο για τον προσδιορισμό του οργανικού αζώτου. Η ολική πρωτεΐνη αναφέρεται σε όλο το άζωτο στο τυρί ανεξάρτητα από τον τύπο του (Kosikowski, 1982).

Αρχή μεθόδου:

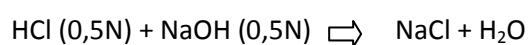
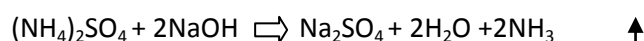
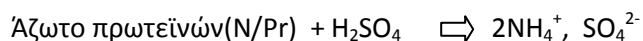
Ο προσδιορισμός του ολικού αζώτου (TN) γίνεται με τη μέθοδο Kjeldahl και αποτελεί τη βάση για τον υπολογισμό των πρωτεϊνών του τυριού (IDF STANDARD 20B:1993). Η πρωτεΐνη υπολογίζεται από το γινόμενο του αζώτου με τον συντελεστή 6,38 για γαλακτοκομικά προϊόντα, Πρωτεΐνη % = (Ολικό άζωτο-Μη πρωτεϊνικό άζωτο) × 6,38). Σύμφωνα με τη Nielsen (1998) στην διαδικασία της Kjeldahl στις πρωτεΐνες και σε άλλα οργανικά στοιχεία στο δείγμα γίνεται πέψη με θειικό οξύ παρουσία καταλυτών. Το ολικό οργανικό άζωτο μετατρέπεται σε θειικό αμμώνιο. Το σύνολο αυτό εξουδετερώνεται με αλκάλιο και αποστάζεται σε ένωση βορικού οξέος. Τα ανιόντα του βορικού άλατος που δημιουργούνται είναι τιτλοδοτημένα με τυποποιημένο οξύ το οποίο μετατρέπεται σε άζωτο στο δείγμα. Το αποτέλεσμα της ανάλυσης αντιπροσωπεύει το ακατέργαστο πρωτεϊνικό περιεχόμενο του τροφίμου διότι το άζωτο προέρχεται επίσης από τα μη πρωτεϊνικά στοιχεία.

Περιγραφή:

Μια τυποποιημένη συσκευή Kjeldahl αποτελείται από τρία μέρη, την συσκευή πέψης, την συσκευή δέσμευσης των ατμών της πέψης και την συσκευή απόσταξης με υδρατμούς. Οι πρωτεΐνες του προζυγισμένου δείγματος καίγονται με H₂SO₄, με θέρμανσή τους στην συσκευή πέψης της συσκευής Kjeldahl και το άζωτο των πρωτεϊνών μετατρέπεται έτσι σε αμμωνιακά άλατα. Τα ιόντα NH₄⁺ των αλάτων μετατρέπονται σε NH₃ με την επίδραση διαλύματος αλκάλειος NaOH 32% και η πτητική NH₃ αποστάζεται με υδρατμούς στην

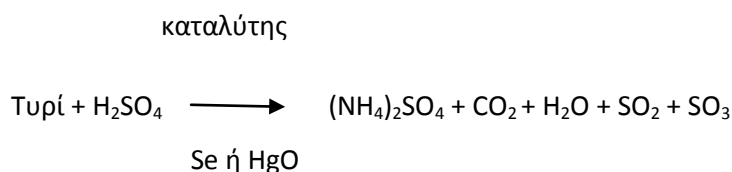
συσκευή απόσταξης Kjeldahl και το σύνολό της εξουδετερώνεται με γνωστή περίσσεια διαλύματος οξέος, HCl 0,5 N. Από την κατανάλωση της ογκομέτρησης υπολογίζεται η αποσταχθείσα NH₃ και μετά το άζωτο της αμμωνίας δηλαδή το άζωτο των πρωτεϊνών και τελικά η ποσότητα των πρωτεϊνών του δείγματος (Ανδρικόπουλος, 2010).

Αντιδράσεις:

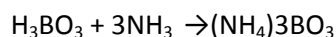
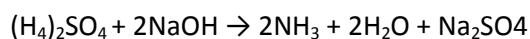


Τα στάδια της μεθόδου είναι τα παρακάτω :

Πέψη ή χώνευση του δείγματος (Θέρμανση του δείγματος του τυριού με πυκνό θειικό οξύ παρουσία καταλύτη. Κατά τη θέρμανση γίνεται καύση των οργανικών ουσιών του τυριού και το άζωτο του τυριού μετατρέπεται σε αμμωνιακό).

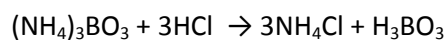


Απόσταξη με υδρατμούς (Απελευθέρωση της αμμωνίας με την επίδραση καυστικού νατρίου και διαχωρισμός της με απόσταξη και παραλαβή της σε βορικό οξύ).



Ογκομέτρηση της αμμωνίας με υδροχλωρικό οξύ

Η κωνική φιάλη με την περίσσεια του HCl 0,5N ογκομετρείται με διάλυμα NaOH 0,5N από προχοΐδα μέχρι να αλλάξει το χρώμα του δείκτη EM σε κίτρινο.



Από το αποτέλεσμα της τιτλοδότησης υπολογίζεται η περιεκτικότητα του δείγματος σε άζωτο. Η περιεκτικότητα σε άζωτο πολλαπλασιαζόμενη με το συντελεστή 6,38 μας δίνει την περιεκτικότητα του δείγματος σε πρωτεΐνες.

Υλικά και Όργανα :

- Θεικό κάλιο (K_2SO_4)
- Θεικός χαλκός (CuSO_4)
- Πυκνό θεικό οξύ
- Καυστικό νάτριο, 500g NaOH διαλύονται σε 1000ml νερό
- Βορικό οξύ, 40g H_3BO_3 διαλύονται σε 1000ml νερό
- Υδροχλωρικό οξύ, HCl 0,1N
- Δείκτης 2g ερυθρού του μεθυλίου και 1g κυανού του μεθυλενίου διαλύονται σε 1000ml αιθυλικής αλκοόλης 96%
- Αναλυτικός ζυγός με ακρίβεια 0,1mg
- Φιάλες Kjeldahl των 500ml
- Συσκευή καύσης
- Ψυκτήρες Liebig
- Κωνικές φιάλες των 500ml
- Ογκομετρικοί κύλινδροι των 25, 50, 100 και 250ml
- Προχοΐδα με υποδιαιρέσεις 0,05ml
- Κομμάτια ελαφρόπετρας

Πείραμα

Σε σωλήνες Kjeldahl τοποθετούνται δύο κάψουλες, που αποτελούν τους καταλύτες (θεικό κάλιο (K_2SO_4) και θεικός χαλκός (CuSO_4)). Το πρώτο χρησιμεύει για τον έλεγχο της ανόδου του σημείου ζέσεως και το δεύτερο για την κατάλυση της οξειδωσης (της καύσης) των πρωτεϊνών (Ανδρικόπουλος, 2010). Στη συνέχεια ζυγίζεται με ακρίβεια 1 g τυριού, που τοποθετείται σε ειδικό χαρτί απαλλαγμένο από άζωτο. Έπειτα προστίθενται 25 ml θεικού οξέος (H_2SO_4) και θερμαίνεται προσεκτικά στη συσκευή καύσης περίπου στους 400 °C μέχρις ότου σταματήσει ο αφρισμός και το περιεχόμενο γίνει υγρό (Ardö & Polychroniadou,

1999). Η θέρμανση συνεχίζεται και κατά τη διάρκεια της η φιάλη αναμιγνύεται τακτικά, μέχρι το περιεχόμενο γίνει διαυγές. Μετά τη διαύγαση, ο βρασμός συνεχίζεται για 90min. Το χρώμα που αποκτάται τελικά είναι πράσινο. Ο σωλήνας αφήνεται να ψυχθεί σε θερμοκρασία δωματίου και το χρώμα γίνεται γαλάζιο και ακολουθεί προσθήκη 150ml νερού και γυάλινων σφαιριδίων ή ελαφρόπετρας.

Σε κωνική φιάλη προστίθενται 50ml διαλύματος βορικού οξέος και 4 σταγόνες δείκτη (ερυθρού του μεθυλίου και κυανού του μεθυλενίου). Μετά την ανάμιξη η κωνική τοποθετείται στο κάτω άκρο του ψυκτήρα, ώστε το ράμφος να βυθίζεται στο βορικό οξύ.

Στη φιάλη Kjeldahl προστίθενται 80ml καυστικού νατρίου με προσοχή, ώστε αυτό να μην αναμιχθεί με το περιεχόμενο της φιάλης. Η φιάλη συνδέεται με τον ψυκτήρα και ακολουθεί ανάμιξη και θέρμανση μέχρι βρασμού. Η απόσταξη συνεχίζεται για 20min. Κατά τη διάρκεια της απόσταξης δεν πρέπει να θερμαίνεται το διάλυμα του βορικού οξέος. Μετά το τέλος της απόσταξης απομακρύνεται το ράμφος του ψυκτήρα από το βορικό οξύ και ξεπλένεται με λίγο αποσταγμένο νερό. Το απόσταγμα τιτλοδοτείται με 0,1N HCl μέχρι το χρώμα του δείκτη να γίνει γκριζωπό (Μάντης κ.α, 2015). Για σύγκριση χρησιμοποιείται το χρώμα του μάρτυρα. Για το μάρτυρα ακολουθείται η ίδια διαδικασία που αναφέρεται παραπάνω για το δείγμα του τυριού και στη θέση του τυριού προστίθεται 1 ml νερού.

$$n(\text{HCl}) = n(\text{NH}_3) + n(\text{NaOH}) \text{ οπότε}$$

$$n(\text{NH}_3) = n(\text{HCl}) - n(\text{NaOH})$$

$$n(\text{NH}_3) = n(\text{N}) \text{ άρα}$$

$$m(\text{N}) = n(\text{N}) \times 14 \text{ \% N (τυριού) } = [m(\text{N}) / m(\text{τυριού})] \times 100 \%$$

Δηλαδή το ολικό άζωτο του δείγματος υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\text{Ολικό άζωτο (\%)} = (\alpha - \beta) \times N \times 1,4 / B$$

$$\text{Πρωτεΐνες} = (\text{Ολικό άζωτο (\%)} - \text{Μη πρωτεϊνικό άζωτο(\%)}) \times c$$

όπου:

α : είναι τα ml HCl που καταναλώθηκαν κατά τον προσδιορισμό του ολικού αζώτου στο δείγμα

β : είναι τα ml HCl που καταναλώθηκαν κατά τον προσδιορισμό του ολικού αζώτου στο μάρτυρα

N: είναι η κανονικότητα του HCl

B: είναι το βάρος του δείγματος σε g

c: είναι ο συντελεστής μετατροπής του N σε πρωτεΐνη = 6,38

ή

Πρωτεΐνη (%) = ml HCl × 0,1N × 14 × 6,38 × 100/1000 × w

w: βάρος δείγματος

4.4.7. Προσδιορισμός του μη πρωτεϊνικού αζώτου

Σκοπός :

Σύμφωνα με τη Nollet (2004), είναι μεγάλη η σημασία των μη πρωτεϊνικών, οργανικών αζωτούχων ενώσεων στα τρόφιμα. Αυτές οι ενώσεις περιλαμβάνουν αμινοξέα, αμίνες, αμίδια, τετραδικές αζωτούχες ενώσεις, πυριμιδίνες, πουρίνες και άλλες. Αυτές παρέχουν πηγή από θρεπτικές ουσίες και από την άλλη πλευρά τα αρκετά υψηλά επίπεδα των ελεύθερων αμινοξέων μπορεί να είναι αποτέλεσμα της πρωτεολυτικής αποδόμησης των πρωτεϊνών σε υψηλά επίπεδα υγρασίας και θερμοκρασιών.

Αρχή μεθόδου :

Ο προσδιορισμός του μη πρωτεϊνικού αζώτου στηρίζεται στην προσθήκη διαλύματος τριχλωροξικού οξέος 12,5% για ιζηματοποίηση των πρωτεϊνών. Ακολουθεί διήθηση και προσδιορισμός στο διήθημα του αζώτου με τη μέθοδο Kjeldahl. Σύμφωνα με τους Webb et al. (1974), το μη πρωτεϊνικό άζωτο προσδιορίζεται με την κατακρήμνιση της ολικής πρωτεΐνης μέσω του TCA, διηθείται και αναλύεται το διήθημα για άζωτο. Η πρωτεΐνη κατακρημνίζεται από το τυρί με την προσθήκη διαλύματος τριχλωροξικού οξέος (TCA). Η τελική συγκέντρωση του TCA στο μίγμα είναι 12,5 % και η πρωτεΐνη του τυριού που έχει κατακρημνιστεί αφαιρείται με διήθηση. Το διήθημα περιέχει μη πρωτεϊνικά αζωτούχα συστατικά του τυριού (AOAC, 1991).

Υλικά και Όργανα:

- Τριχλωροξικό οξύ 12,5 %
- Φυγόκεντρος
- Υαλοβάμβακας

- Γυάλινα χωνιά
- Υδατόλουτρο
- Αναλυτικός ζυγός με ακρίβεια 0,1mg
- Φιάλες Kjeldahl των 500ml
- Συσκευή καύσης
- Ψυκτήρες Liebig
- Κωνικές φιάλες
- Προχοΐδα με υποδιαιρέσεις 0,05ml
- Κομμάτια ελαφρόπετρας ή γυάλινα σφαιρίδια

Τεχνική :

Ζυγίζονται με ακρίβεια σε ποτήρι ζέσεως 3g λειοτριβημένου τυριού και μετά προστίθενται 50 ml διαλύματος τριχλωροξικού οξέος 12,5 % . Το δείγμα τοποθετείται και παραμένει σε υδατόλουτρο για 1 ώρα στους 37 °C. Ακολουθεί διήθηση με φίλτρο Whatman σε φιάλη Kjeldahl όπως και στον προσδιορισμό του ολικού αζώτου. Δηλαδή προστίθενται 20 ml σε κάθε φιάλη, με 2 ταμπλέτες θειικού χαλκού και θειικού καλίου και ελαφρόπετρα, ακολουθεί η καύση έως ότου γίνει διαυγές υγρό. Έπειτα η απόσταση και η ογκομέτρηση με HCl 0,1N. Παράλληλα τιτλοδοτείται και το τυφλό δείγμα.

$$C \times V = \text{meq} \times Ar_N = \text{meq} \times 14 = \text{mgN}$$

$$\text{mgN σε 50 ml TCA} = \text{mgN σε 50ml TCA} / 20\text{ml TCA}$$

$$\text{mg N σε 100 g τυριού} = \text{mg σε 50 ml TCA} \times 100\text{g τυριού} / \text{βάρος τυριού}$$

ή

$$\text{Μη πρωτεϊνικό άζωτο} = \text{ml HCl} \times 0,1 \times 14 \times 100 \times A / 1000 w$$

Όπου:

A :συντελεστής αραίωσης

4.5. Ρεολογικές Αναλύσεις

4.5.1 Περιγραφή του Texture Analyser TA.XT.plus

Το TA – XTPlus Universal Texture Analyser (Texture Technologies Corp., USA) ανήκει στις συσκευές αξιολόγησης της υφής τροφίμων και μελέτης των ρεολογικών ιδιοτήτων τους. Περιλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα τυποποιημένων προγραμμάτων ανάλυσης υφής, συμπεριλαμβανομένων των δοκιμών τάσης – παραμόρφωσης, ημιτονοειδών δοκιμών, δοκιμή του προφίλ υφής (TPA), και τάσης χαλάρωσης. Για την ορθή λειτουργία του TA – XTPlus απαιτείται η έναρξη της συσκευής περίπου μια ώρα πριν την χρήση της. Αρχικά, πραγματοποιείται βαθμονόμηση του μετρούμενου ύψους (απόσταση άνω πλάκας συμπίεσης από την κάτω, height calibration) και της δύναμης που καταγράφει η κεφαλή ως αντίσταση (force calibration). Έπειτα, το προς ανάλυση δείγμα τοποθετείται κεντρικά στον άξονα της πλάκας συμπίεσης, ακριβώς κάτω από την κινούμενη πλάκα. Μετά την εισαγωγή των απαραίτητων ρυθμίσεων έλεγχου της συσκευής, όπως ταχύτητα κίνησης, ποσοστό παραμόρφωσης, χρόνος χαλάρωσης, ταχύτητα λήψης δεδομένων κ.α. που είναι επιθυμητά για την δοκιμή, πατώντας την έναρξη ξεκινάει η καταγραφή των μετρήσεων. Η κινούμενη κεφαλή κινείται με σταθερή ταχύτητα προς τα κάτω και συμπιέζει το τρόφιμο. Η σύνδεση του TA-XPlus με υπολογιστή βοηθάει τον χρήστη στην ορατή αντίληψη των ενδείξεων της συσκευής, καθώς στην οθόνη καταγραφής εξελίσσεται σταδιακά το διάγραμμα σε σχέση με τον χρόνο. Η κινούμενη κεφαλή σταματά στο σημείο που έχει ρυθμιστεί από το χρήστη. Μετά την πρώτη χρήση της, μπορεί να αφαιρεθεί από τη συσκευή η άνω πλάκα συμπίεσης, να καθαριστεί από υπολείμματα τροφίμου και να επανατοποθετηθεί για την ανάλυση του επόμενου δείγματος, αφού πρωτίστως βαθμονομηθεί εκ νέου ως προς την καταγεγραμμένη αντίσταση.

4.5.2 Πειραματική μεθοδολογία

Αρχικά αποξύθηκε η επιφάνεια των τυριών για να γίνει λεία και τα δείγματα αφαιρέθηκαν με δακτυλίους κυρίως από το κέντρο των τυριών. Το κάθε δείγμα τυριού Γραβιέρας μετρήθηκε μετά από ωρίμανση (στους 16⁰ C) τις: 21^η ημέρα, 69^η, 84^η, 113^η, 150^η και 180^η ημέρα και αντίστοιχα για το Λαδοτύρι τις: 9^η, 57^η, 72^η, 101^η, 138^η, 168^η ημέρα, αφού είχαν αφαιρεθεί από ειδικά ανοξείδωτα κυλινδρικά καλούπια 23 χιλιοστά σε ύψος και διάμετρο

και μεταφέρθηκαν, χωρίς πλέον τα καλούπια και επαλειφόμενα με υγρό παραφινέλαιο στο επάνω μέρος, σε μια επίπεδη επιφάνεια, ανάμεσα σε δύο πλάκες απ' τις οποίες η άνω μόνο πλάκα είναι κινητή, σε θερμοκρασία δωματίου. Το φορτίο κυψέλης καλιμπράρεται με 200g βάρος. Ο εξοπλισμός ρυθμίστηκε αυτόματα στο μηδέν, κατεβάζοντας την πλάκα μέχρι η κάτω επιφάνεια της πλάκας οριακά να μην ακουμπήσει την κάτω πλάκα.

4.5.2.1. Ανάλυση του προφίλ υψής

Πάνω από το δείγμα ένα έμβολο διαμέτρου 22cm συνδεδεμένο με μια κινούμενη κεφαλή κινήθηκε προς το δείγμα με ταχύτητα 0,33 mm/s. Τα δείγματα των τυριών Γραβιέρας και Λαδοτυριού συμπιέστηκαν μονοαξονικά σε θερμοκρασία δωματίου σε 80% παραμόρφωση επί του αρχικού τους ύψους. Κάθε δείγμα υποβλήθηκε σε δύο ακόλουθους κύκλους (δαγκωματιές) συμπίεσης-αποσυμπίεσης. Η άνω πλάκα κατέρχεται μέχρι να συναντήσει το δοκίμιο. Από εκείνο το σημείο αρχίζει η μέτρηση μέχρις ότου το δείγμα συμπιεστεί στο 80% του αρχικού του ύψους. Στη συνέχεια η άνω πλάκα επανέρχεται στο αρχικό ύψος και επαναλαμβάνεται η συμπίεση στην ίδια παραμόρφωση. Η δοκιμή δηλαδή αποτελείται από δυο διαδοχικούς και όμοιους κύκλους συμπίεσης-αποσυμπίεσης, ως προσομοίωση της μάσησης. Η ταχύτητα κίνησης της πλάκας έχει οριστεί για την παρούσα εργασία να είναι 0,33 mm/s. Καθ' όλη τη διάρκεια της δοκιμής, το ηλεκτρονικό καταγραφικό του οργάνου κατέγραφε τη στιγμιαία δύναμη.

4.5.2.2. Δοκιμή της χαλάρωσης τάσης

Η δοκιμή της χαλάρωσης τάσης πραγματοποιήθηκε μέσω του TA – XTPPlus Universal Texture Analyser (Texture Technologies Corp., USA) και τα δείγματα προετοιμάστηκαν με τον ίδιο τρόπο όπως και στην δοκιμή του προφίλ υψής. Στην συγκεκριμένη δοκιμή κάθε δείγμα υποβλήθηκε σε παραμόρφωση 10% σε σχέση με το αρχικό του ύψος και παρέμεινε σε αυτή για 5 min. Οι πληροφορίες που αντλούνται από την δοκιμή της χαλάρωσης (stress relaxation) είναι πολύ σημαντικές, καθώς αφορούν φαινόμενα που συμβαίνουν σε διάφορα τρόφιμα κατά την ωρίμανση τους (Kim & Okos, 1999). Με τον όρο stress, ορίζεται η εφαρμογή δύναμης πάνω σε μία περιοχή ενός υλικού. Η περιοχή στην οποία διανέμεται η δύναμη, μπορεί να είναι μία επιφάνεια (π.χ. η επιφάνεια ενός κυλινδρικού δείγματος εκτίθενται σε μια πλάκα συμπίεσης), όπως στην περίπτωση του τυριού, στο οποίο η δύναμη

εφαρμόζεται στην επιφάνεια του και διανέμεται σε όλο το υλικό. Οι παράμετροι που αναλύθηκαν φαίνονται στον Πίνακα 6.

Πίνακας 6 : Παράμετροι και ορισμοί της χαλάρωσης τάσης.

Παράμετρος	Ορισμός
(F₀) Αρχική δύναμη χαλάρωσης	Αρχική δύναμη χαλάρωσης (F ₀) που αντιστοιχεί σε παραμόρφωση 10% .
(F_r) Υπολειμματική δύναμη χαλάρωσης	Υπολειμματική δύναμη χαλάρωσης (F _r) μετά από 5 min σταθερής παραμόρφωσης .
(F_r/F₀) Ελαστικότητα	Ο λόγος της υπολειμματικής δύναμης χαλάρωσης προς την αρχική δύναμη χαλάρωσης (F _r / F ₀), ο οποίος ορίζεται ως ελαστικότητα και μπορεί να παίρνει τιμές από 0 για τα ιδανικά ιξώδη σώματα (υγρά) μέχρι 1 για τα ιδανικά ελαστικά (στερεά).

5. Στατιστικός έλεγχος

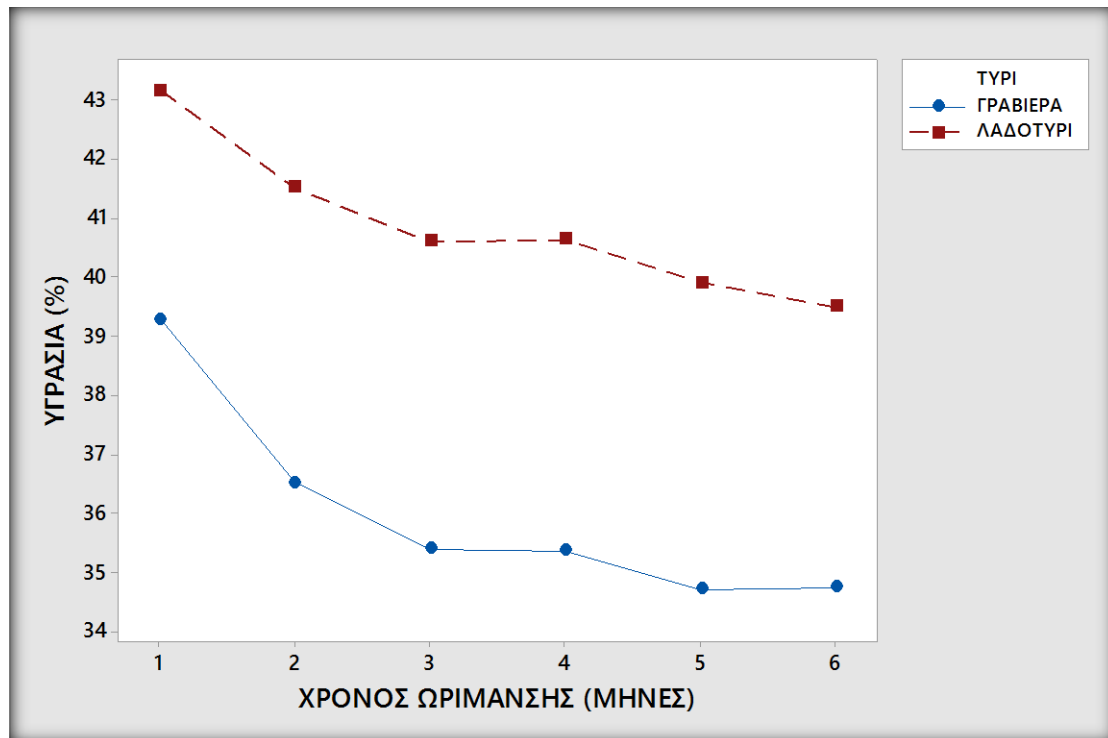
Ο στατιστικός έλεγχος είχε ως σκοπό τη διερεύνηση (1) της επίδρασης του είδους τυριού και του χρόνου ωρίμανσης στις φυσικοχημικές και ρεολογικές παραμέτρους και (2) της συσχέτισης μεταξύ των παραμέτρων ανάλογα με το είδος τυριού. Αναλυτικότερα, έχουμε δύο είδη τυριών (Λαδοτύρι και Γραβιέρα) στα οποία μετρήθηκαν παράμετροι όπως η ελαστικότητα, η σκληρότητα, η υγρασία (%), η τέφρα (%), το λίπος (%), το pH κ.ά. Συνολικά έγιναν 2 επαναληπτικές μετρήσεις κάθε μήνα σε διάστημα 6 μηνών. Για να διερευνηθεί η πιθανή επίδραση του χρόνου στην μεταβολή των παραμέτρων καθώς και η πιθανή διαφοροποίηση των παραμέτρων ανάλογα με το είδος τυριού χρησιμοποιήθηκε η ανάλυση διακύμανσης (General Linear Model) με παράγοντες το χρόνο (6 επίπεδα) και το είδος τυριού (2 επίπεδα). Ενώ για να διερευνηθεί η πιθανή συσχέτιση μεταξύ των παραμέτρων στα 2 είδη τυριών χρησιμοποιήθηκε ο συντελεστής συσχέτισης του Pearson. Η ανάλυση διεξήχθη με το λογισμικό Minitab version 18 και ως επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε η τιμή $\alpha=0,05$ (5%).

6. Αποτελέσματα

6.1 Φυσικοχημικές παράμετροι

6.1.1. Υγρασία

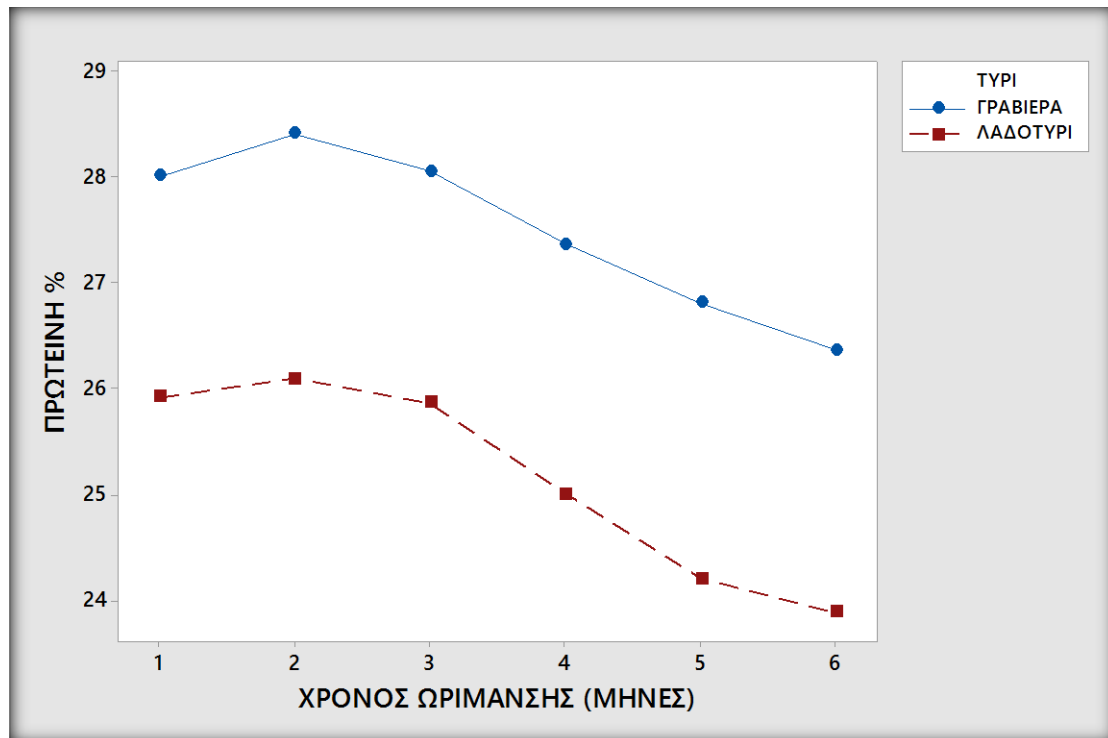
Όπως φαίνεται στο Σχήμα 6 τόσο στη Γραβιέρα όσο και στο Λαδοτύρι υπήρξε απώλεια υγρασίας κατά την διάρκεια της ωρίμανσής τους. Η υγρασία στη Γραβιέρα κατά τον πρώτο μήνα ήταν 39,5 % και σημείωσε πτώση σε 35,5 % τον τρίτο μήνα (μείωση κατά 10,1%), ενώ στο Λαδοτύρι από 43,2 % τον πρώτο μήνα σε 40,7 % τον τρίτο μήνα (μείωση 5,8%). Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με τον Kalantzorou (1993) σε Κεφαλοτύρι, όπου η υγρασία μειώθηκε από τον πρώτο μήνα (39%) στον τρίτο μήνα ωρίμανσης (36%). Τα τυριά δηλαδή που συσκευάστηκαν υπό κενό παρουσίασαν απώλεια υγρασίας κατά το πρώτο στάδιο ωρίμανσης και η αποβολή αυτή της υγρασίας από την επιφάνεια του τυριού προς τα τοιχώματα της συσκευασίας πραγματοποιήθηκε μέχρι εξισορρόπησης της υγρασίας στο διάκενο χώρο. Τα αποτελέσματα συμφωνούν επίσης με τους Bertola et al. (1995) σε συσκευασμένο τυρί, όπου η περιεκτικότητα σε υγρασία μειώθηκε κατά τους πρώτους τρεις μήνες και έπειτα δεν παρατηρήθηκε σημαντική απώλεια υγρασίας μέχρι και τους έξι μήνες. Υποστηρίζουν ότι η ωρίμανση σε συσκευασία παράγει τυριά με περιορισμένη κρούστα καθώς οι συνθήκες για την ωρίμανση του τυριού αποτρέπουν την εξάτμιση του νερού από την επιφάνεια.



Σχήμα 6: Υγρασία της Γραβιέρας και του Λαδοτυριού κατά το χρόνο ωρίμανσης.

6.1.2. Πρωτεΐνη

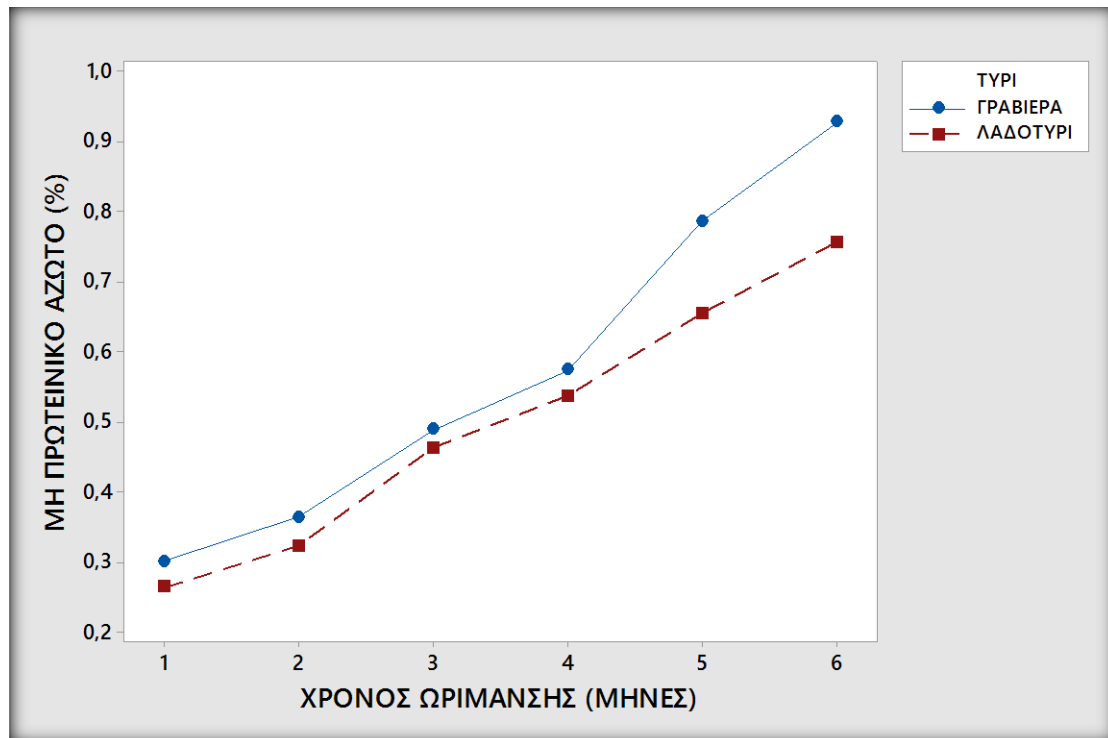
Στο Σχήμα 7 δίνεται η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη των δύο τυριών που εξετάστηκαν. Από το γράφημα προκύπτει ότι η Γραβιέρα έχει υψηλότερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη και στους 6 μήνες σε σύγκριση με το Λαδοτύρι, λόγω της χαμηλότερης υγρασίας στη Γραβιέρα. Επίσης παρατηρείται ότι η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη και στα δύο τυριά παρέμεινε σταθερή κατά τους τρεις πρώτους μήνες, ενώ παρουσίασε καθοδική τάση κατά τους επόμενους. Η σταθερότητα της περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη πρέπει να οφείλεται σε δύο ανταγωνιστικές δράσεις. Αφενός, η μείωση της υγρασίας προκαλεί αύξηση της περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη και αφετέρου η υδρόλυση κατά την ωρίμανση οδηγεί ταυτόχρονα σε μείωσή της. Η περαιτέρω μείωση της πρωτεΐνης τόσο στη Γραβιέρα όσο και στο Λαδοτύρι από τον τρίτο μήνα και μετά υποδεικνύει την έντονη υδρόλυση των πρωτεϊνών (Abdalla et al., 1993), γεγονός που επιβεβαιώνεται από τα αποτελέσματα του μη πρωτεϊνικού αζώτου, το οποίο αυξάνεται έντονα.



Σχήμα 7: Πρωτεΐνη της Γραβιέρας και του Λαδοτυριού κατά το χρόνο ωρίμανσης.

6.1.3. Μη πρωτεϊνικό άζωτο

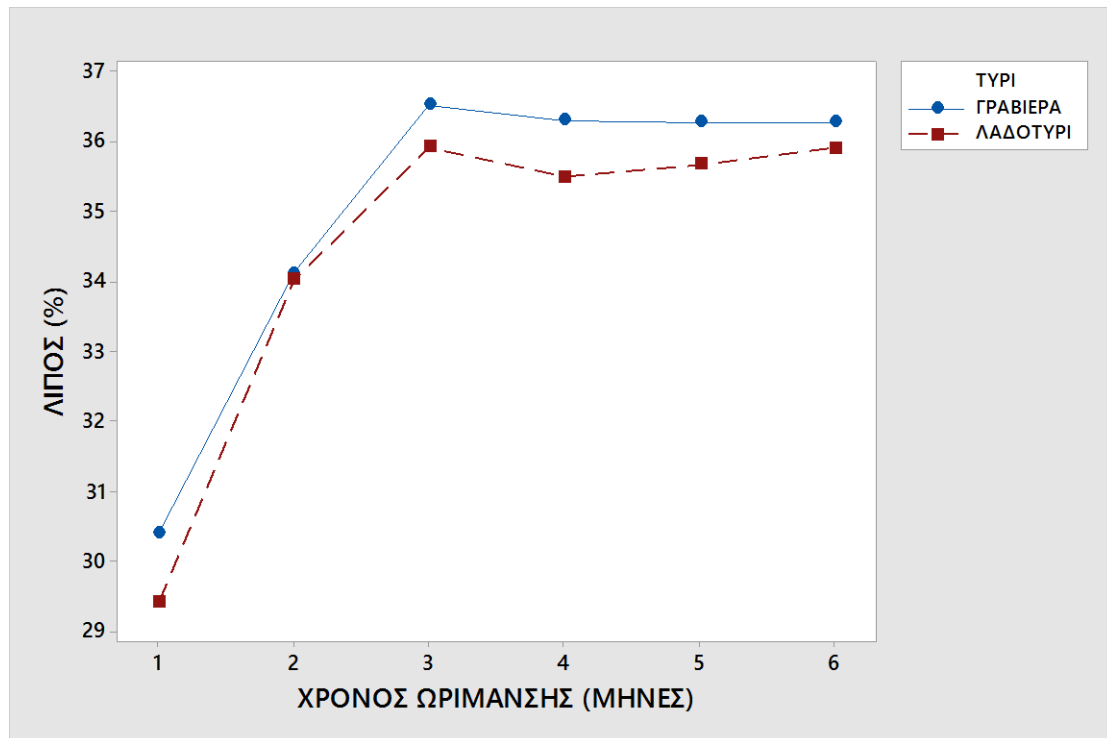
Όπως φαίνεται στο Σχήμα 8 η περιεκτικότητα σε μη πρωτεϊνικό άζωτο αυξάνεται (τριπλασιάζεται) τόσο στη Γραβιέρα όσο και στο Λαδοτύρι. Αυτή η εμφανής αύξηση υποδεικνύει ταχεία πρωτεόλυση. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με τους Katsiari & Voutsinas (1994) σε Κεφαλογραβιέρα, όπου παρατηρήθηκε αύξηση του μη πρωτεϊνικού αζώτου μέχρι και τους 6 μήνες, καθώς και με την Παππά (2003) σε τυρί Τελεμέ και τον Καμινारीδη (1987) σε τυρί Κοπανιστή.



Σχήμα 8: Μη πρωτεϊνικό άζωτο της Γραβιέρας και του Λαδοτυριού κατά το χρόνο ωρίμανσης.

6.1.4 Λίπος

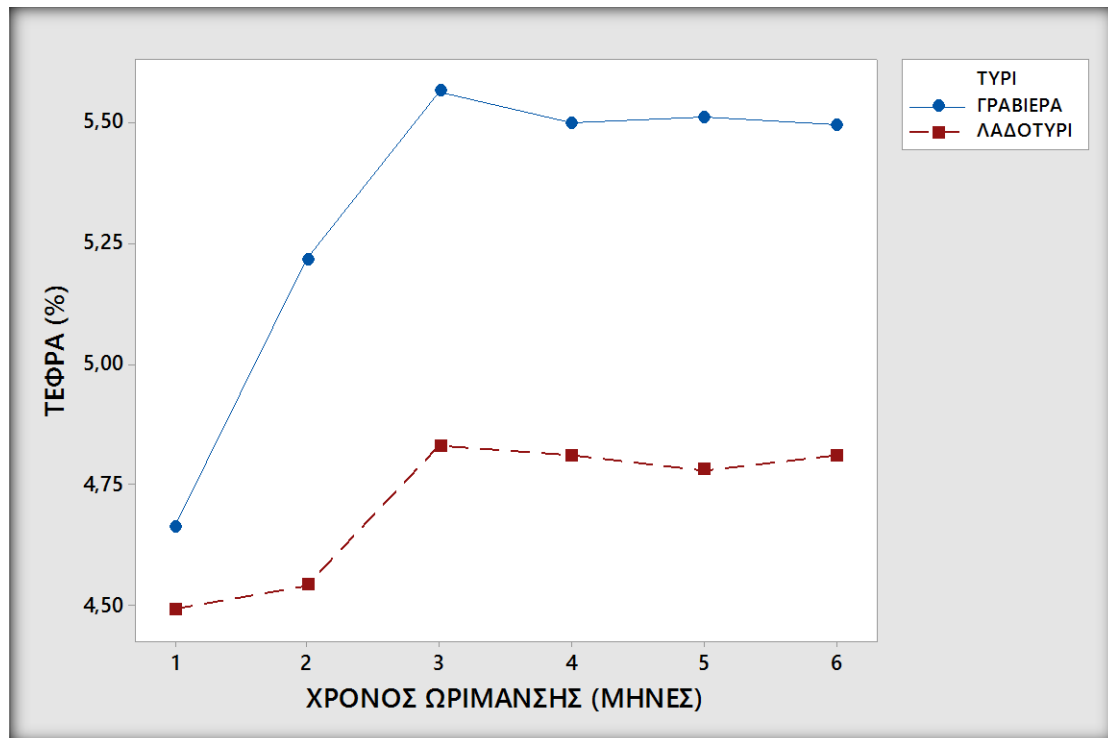
Στο Σχήμα 9 παρουσιάζεται η περιεκτικότητα σε λίπος της Γραβιέρας και του Λαδοτυριού, από το οποίο προκύπτει ότι η λιποπεριεκτικότητα της Γραβιέρας είναι αρκετά υψηλότερη αυτής του Λαδοτυριού. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η υγρασία της Γραβιέρας είναι χαμηλότερη. Παρατηρείται επίσης τόσο στην Γραβιέρα όσο και στο Λαδοτύρι ότι υπάρχει αυξητική τάση της λιποπεριεκτικότητας μέχρι τον τρίτο μήνα ωρίμανσης, λόγω της απώλειας υγρασίας. Στη συνέχεια η λιποπεριεκτικότητα των δειγμάτων σταθεροποιείται λόγω της σταθεροποίησης της υγρασίας τους. Η συμπεριφορά αυτή της λιποπεριεκτικότητας σε σχέση με την υγρασία των τυριών βρίσκεται σε συμφωνία με αντίστοιχες έρευνες σε τυριά τύπου Γραβιέρας (Kandarakis et al., 1998, Moatsou et al., 2015, Zerfiridis et al., 1984, Anifantakis & Kaminaridis, 1987).



Σχήμα 9: Λίπος της Γραβιέρας και του Λαδοτυριού κατά το χρόνο ωρίμανσης.

6.1.5. Τέφρα

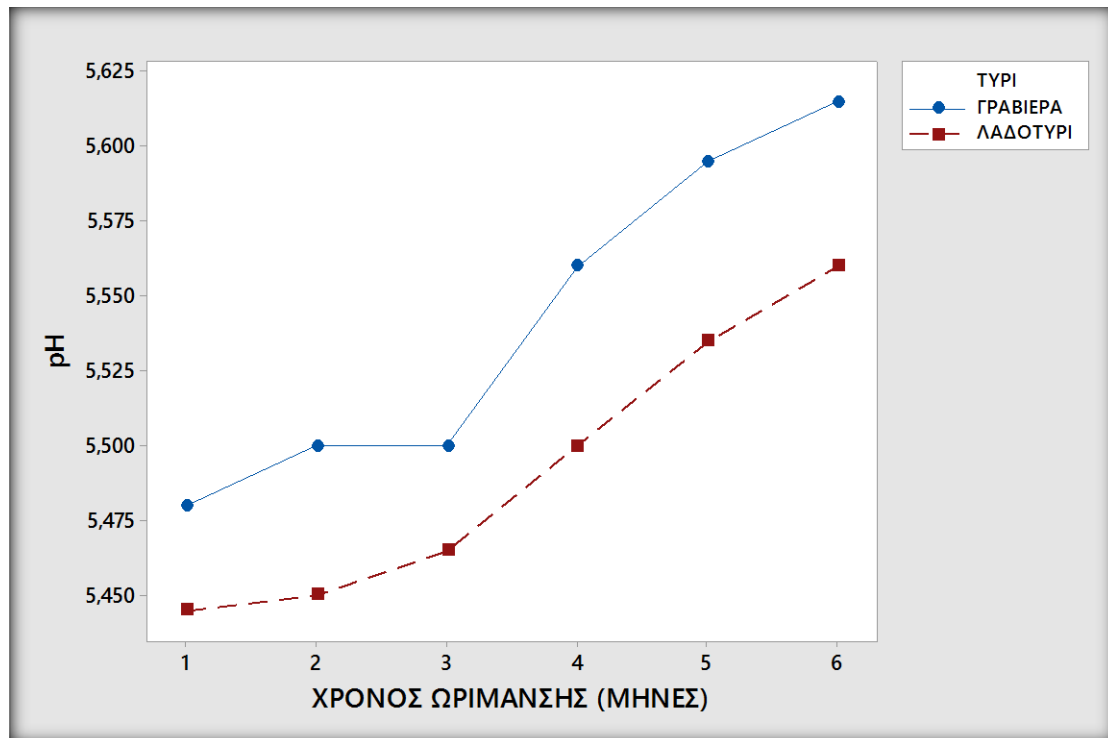
Στο Σχήμα 10 δίνεται η περιεκτικότητα σε τέφρα της Γραβιέρας και του Λαδοτυριού. Από το γράφημα προκύπτει ότι η Γραβιέρα έχει υψηλότερη τέφρα και στους 6 μήνες σε σύγκριση με το Λαδοτύρι, λόγω της χαμηλότερης υγρασίας στη Γραβιέρα. Η περιεκτικότητα σε τέφρα αυξήθηκε και στα δύο τυριά μέχρι και τον τρίτο μήνα ωρίμανσης. Αυτό οφείλεται στην απώλεια υγρασίας των τυριών κατά την αποθήκευση. Από τον τρίτο έως και τον έκτο μήνα ωρίμανσης η τέφρα των δειγμάτων παρέμεινε σταθερή, λόγω της σταθεροποίησης της υγρασίας τους. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με τους El Owni & Hamid (2008), Abdalla & Abdel Razig (1997) και Moatsou et al. (2015), οι οποίοι μελέτησαν την εξέλιξη της τέφρας διαφόρων τύπων τυριών κατά την ωρίμανση.



Σχήμα 10 : Τέφρα της Γραβιέρας και του Λαδοτυριού κατά τον χρόνο ωρίμανσης.

6.1.6. pH

Όπως παρατηρείται στο Σχήμα 11, τόσο το pH της Γραβιέρας όσο και του Λαδοτυριού παρουσιάζουν αυξητική τάση. Η μεταβολή που παρατηρείται στο διάγραμμα είναι της τάξεως του 0,1 και μπορεί να θεωρηθεί και αμελητέα. Παρ' όλα αυτά τα αποτελέσματα συμφωνούν με αυτά του μη πρωτεϊνικού αζώτου. Σύμφωνα με τους Volken de Souza et al (2003) και τον Καμιναρίδη (1987), αυτή η σχετική αύξηση στο pH κατά τα στάδια της ωρίμανσης προέρχεται από την μεταβολική δράση των μικροοργανισμών, οι οποίοι χρησιμοποιούν γαλακτικό οξύ ως πηγή άνθρακα και από την πρωτεολυτική διεργασία που απελευθερώνει μεγάλες ποσότητες αζωτούχων αλκαλικών ενώσεων.



Σχήμα 11: pH της Γραβιέρας και του Λαδοτυριού κατά το χρόνο ωρίμανσης.

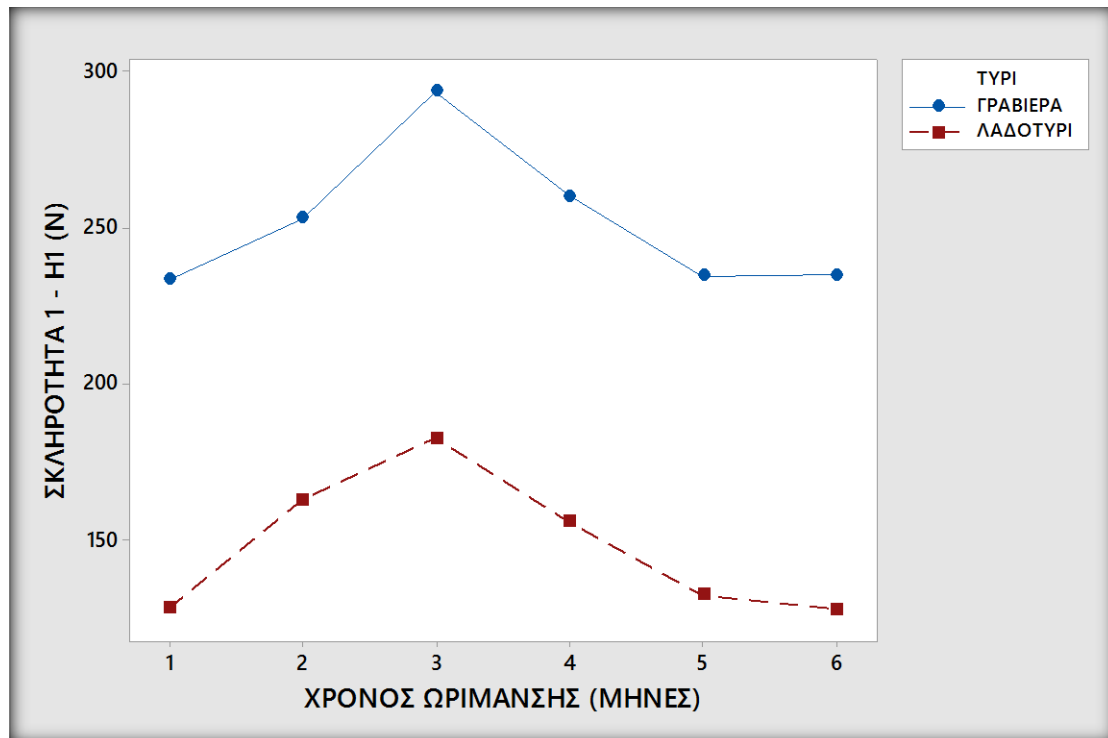
6.2. Ρεολογικές παράμετροι

Στα Σχήματα 12-18 παρουσιάζονται χρονικά οι ρεολογικές παράμετροι για τα δύο είδη τυριών.

6.2.1. Σκληρότητα 1

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 12, οι τιμές της σκληρότητας 1 (H1) των δειγμάτων Γραβιέρας είναι υψηλότερες από εκείνες των δειγμάτων Λαδοτυριού, γεγονός που υποδεικνύει ότι η Γραβιέρα είναι σκληρότερο τυρί από το Λαδοτύρι. Αυτό οφείλεται στη χαμηλότερη υγρασία και στην υψηλότερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη στη Γραβιέρα. Σύμφωνα με τους Antoniou et al. (2000), η υψηλή περιεκτικότητα σε ξηρή ουσία υποδεικνύει την παρουσία ενός πιο συμπαγούς πρωτεϊνικού δικτύου. Παρ' όλα αυτά, το προφίλ της σκληρότητας και των δύο τυριών έχει την ίδια τάση και πιο συγκεκριμένα κατά τους τρεις πρώτους μήνες ωρίμανσης παρατηρήθηκε αύξηση της σκληρότητας. Στη συνέχεια, η σκληρότητα μειώθηκε και από τον

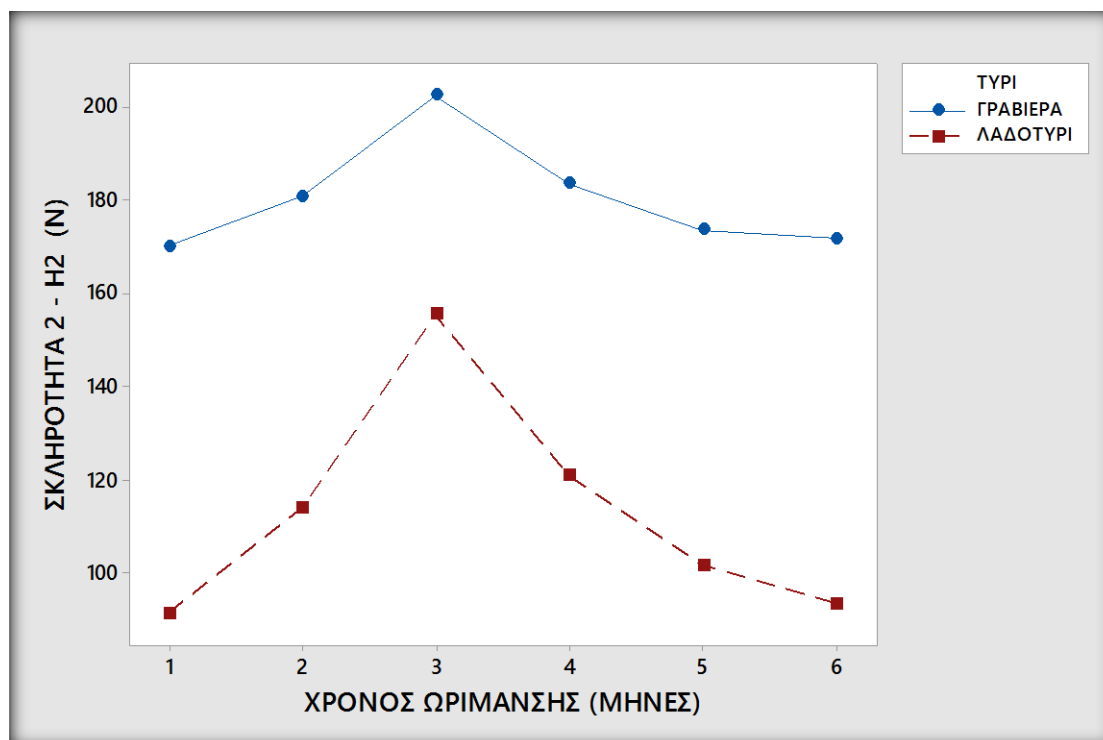
πέμπτο μήνα παρέμεινε σταθερή. Κατά τα πρώτα στάδια της ωρίμανσης παρατηρείται στα δείγματα απώλεια υγρασίας ενώ η πρωτεΐνη παραμένει σταθερή. Οι Farahani et al. (2013) υποστήριξαν ότι σε ιρανικό πρόβειο τυρί η σκληρότητα αυξήθηκε κατά την ωρίμανση. Ίδια αποτελέσματα εξήχθησαν από τους Sheibani et al. (2017), όπου η σκληρότητα σε τυρί Cheddar αυξήθηκε κατά τους πρώτους τρεις μήνες ωρίμανσης. Αυτό συμβαίνει διότι, σύμφωνα με τον Prentice (1987), η αύξηση της τάσης θραύσης και της σκληρότητας δικαιολογούνται από τη μείωση της περιεκτικότητας σε υγρασία κατά την ωρίμανση, καθώς το νερό θα μπορούσε να προκαλέσει ανομοιογενείς περιοχές που διευκολύνουν την θραύση του τυριού. Αναφέρεται επίσης ότι η μείωση του διαθέσιμου νερού για την διαλυτοποίηση των πρωτεϊνικών αλυσίδων και η απώλεια των ελαστικών δομικών στοιχείων κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης μπορεί να οδηγήσει σε ένα πιο σκληρό και λιγότερο παραμορφώσιμο τυρί. Συμπερασματικά, η απώλεια υγρασίας σε συνδυασμό με τη σταθερότητα της πρωτεΐνης έπαιξαν κυρίαρχο ρόλο στην αύξηση της σκληρότητας κατά τους τρεις πρώτους μήνες. Εν αντιθέσει, οι Bertola et al. (1993) σε μελέτη αεροστεγώς συσκευασμένου τυριού Reggianito παρατήρησαν ότι η σκληρότητα μειώθηκε στην αρχή της ωρίμανσης μέχρι και τον δεύτερο μήνα και ύστερα σταθεροποιήθηκε, γεγονός που απέδωσαν στην μείωση της υγρασίας. Από τον τρίτο μήνα και έπειτα, όπως παρατηρείται και στο διάγραμμα, η σκληρότητα μειώνεται γεγονός που οφείλεται στην έντονη πρωτεόλυση, σε συνδυασμό με τη σταθεροποίηση της υγρασίας. Τα αποτελέσματα συμφωνούν με τους Sheibani et al. (2016), όπου από τον τρίτο μήνα και έπειτα η σκληρότητα μειώθηκε, καθώς και με τα αποτελέσματα των Darnay et al. (2016) σε ημίσκληρο τυρί, όπου μειώνεται επίσης. Όπως ανέφεραν οι Katsiari & Voutsinas (1994), κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης πολλών τύπων τυριών, η πρωτεϊνική μήτρα μετατρέπεται σε μια μαλακότερη δομή.



Σχήμα 12 : Σκληρότητα 1 της Γραβιέρας και του Λαδοτυριού κατά το χρόνο ωρίμανσης.

6.2.2 Σκληρότητα 2

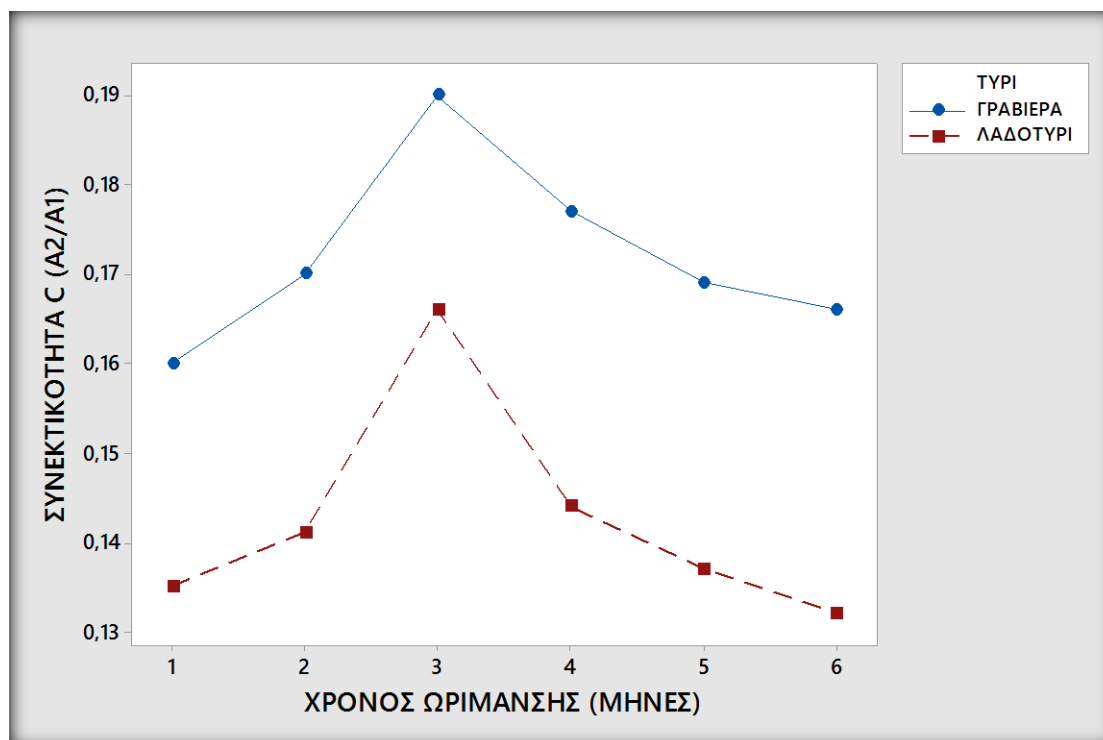
Όπως φαίνεται στο Σχήμα 13, η σκληρότητα 2 (H2) έχει την ίδια συμπεριφορά με τη σκληρότητα 1 (H1) και αποδίδεται τόσο στην απώλεια της υγρασίας κατά τους τρεις πρώτους μήνες όσο και στην έντονη πρωτεολυτική δράση κατά τους επόμενους μήνες.



Σχήμα 13 : Σκληρότητα 2 της Γραβιέρας και του Λαδοτυριού κατά το χρόνο ωρίμανσης.

6.2.3. Συνεκτικότητα

Όπως παρατηρείται στο Σχήμα 14, η μεγαλύτερη συνεκτικότητα της Γραβιέρας μπορεί να αποδοθεί στη χαμηλότερη περιεκτικότητά της σε υγρασία και στην υψηλότερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες, έναντι του Λαδοτυριού. Η αυξημένη συγκέντρωση των καζεϊνών, έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του αριθμού των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των παρακαζεϊνικών μικκυλίων (Fox et al., 2000) και επομένως την αύξηση της συνοχής του τρισδιάστατου πρωτεϊνικού πλέγματος και της συνεκτικότητας των δειγμάτων. Αντίθετα, το νερό δρα ως πλαστικοποιητής (Fox et al., 2000) και μειώνει την συνοχή του πλέγματος. Όπως φαίνεται επίσης στο Σχήμα 14, η συνεκτικότητα και στα δύο τυριά αυξάνεται κατά τα πρώτα στάδια της ωρίμανσης, ενώ μετά τον τρίτο μήνα μειώνεται, λόγω της εντονότερης πρωτεόλυσης των δειγμάτων. Η μείωση της συνεκτικότητας των δειγμάτων μπορεί να αποδοθεί στην εξασθένηση του πρωτεϊνικού πλέγματος εξαιτίας της διάσπασης των καζεϊνών από την χυμοσίνη και τα ένζυμα μικροβιακής προελεύσεως, τα οποία είναι υπεύθυνα για την πρωτεόλυση των τυριών (Fox et al., 2000). Με αυτόν τον τρόπο μειώνεται η συνοχή του πρωτεϊνικού πλέγματος και τα δείγματα παρουσιάζουν μειωμένη αντίσταση στην εφαρμογή τάσης και επομένως μειωμένη συνεκτικότητα.

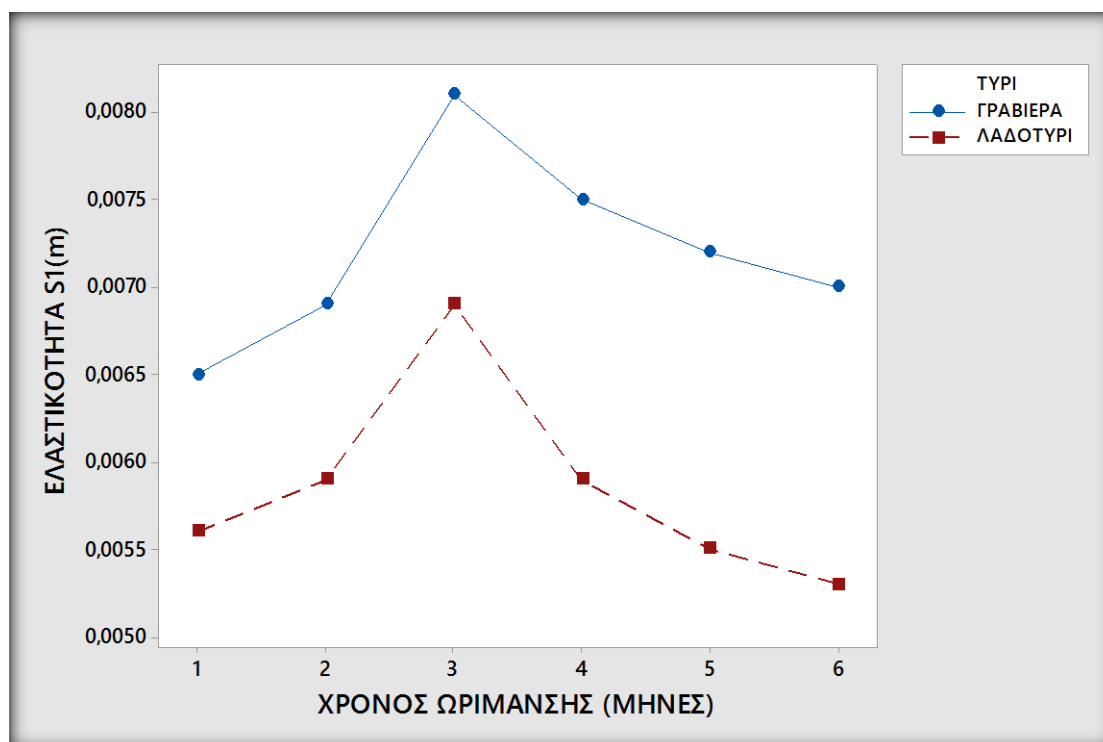


Σχήμα 14 : Συνεκτικότητα της Γραβιέρας και του Λαδοτυριού κατά το χρόνο ωρίμανσης.

6.2.4. Ελαστικότητα

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 15, και στα δύο τυριά παρατηρείται αύξηση της ελαστικότητας, με υψηλότερες τιμές στη Γραβιέρα, κατά τα πρώιμα στάδια της ωρίμανσης, ενώ από τον τρίτο μήνα και μετά σημειώνεται μείωση. Στην έρευνά τους, οι Cunha et al. (2009) αναφέρουν ότι οι ισχυροποιημένες αλληλεπιδράσεις μεταξύ πρωτεϊνών και μεταξύ πρωτεϊνών και λιποσφαιρίων, που προκύπτουν από την αύξηση της περιεκτικότητας σε πρωτεΐνες, έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση της ελαστικότητας του προϊόντος. Επίσης, σύμφωνα με τους Subramanian & Gunasekaran (1997), η πρωτεόλυση κατά την ωρίμανση οδηγεί στο μαλάκωμα του τυριού, όπως αποδεικνύεται από τη μείωση των τιμών της ελαστικότητας από τον τρίτο μήνα και μετά. Η πυτιά και η πλασμίνη σχετίζονται με την πρωταρχική φάση της πρωτεόλυσης και της υδρόλυσης των καζεϊνών σε μεγάλα πολυπεπίδια. Αυτή η πρωτεόλυση αλλάζει το τρισδιάστατο δίκτυο της πρωτεΐνης του τυριού για να δημιουργήσει ένα λιγότερο ελαστικό τυρί (Hui, 2008). Επιπλέον, όπως υποστήριξαν οι Hort & Le Grys (2001), σε τυρί Cheddar που ωρίμασε σε συσκευασία ερμητικά κλειστή υπό κενό, η ελαστικότητα μειώθηκε με τον χρόνο ωρίμανσης και το

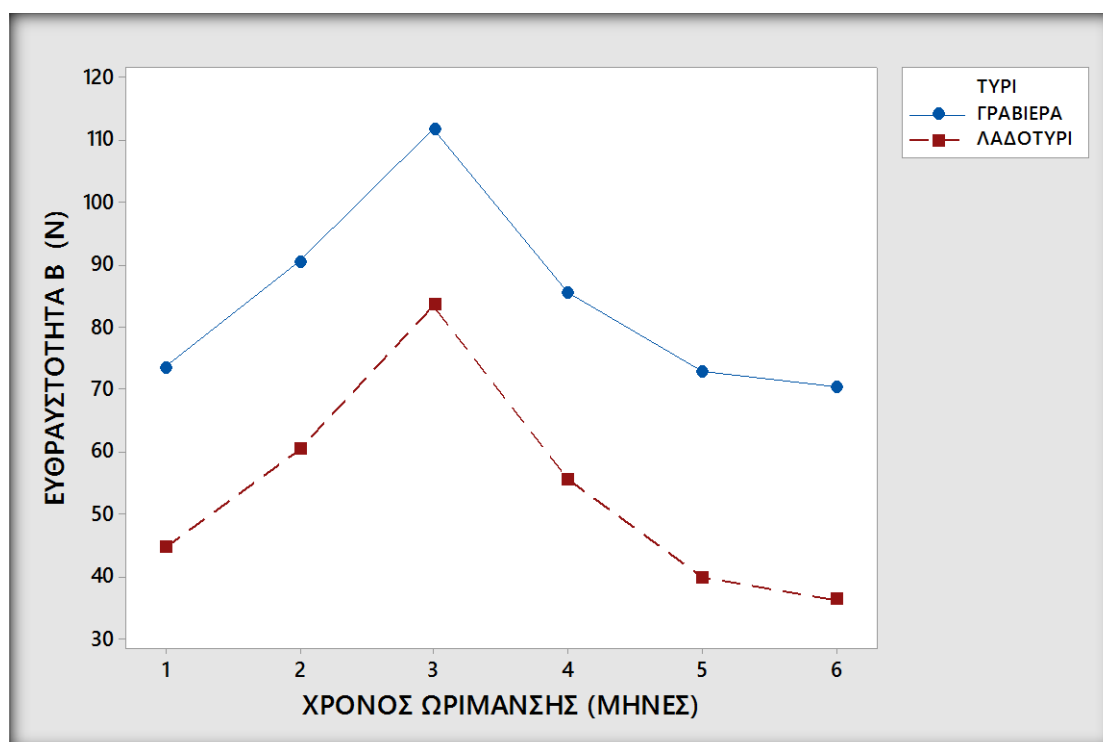
απέδωσαν στη διάσπαση του πρωτεϊνικού δικτύου που θα μπορούσε να δημιουργήσει μείωση στην ελαστικότητα του τυριού.



Σχήμα 15 : Ελαστικότητα της Γραβιέρας και του Λαδοτυριού κατά το χρόνο ωρίμανσης.

6.2.5 Ευθραυστότητα

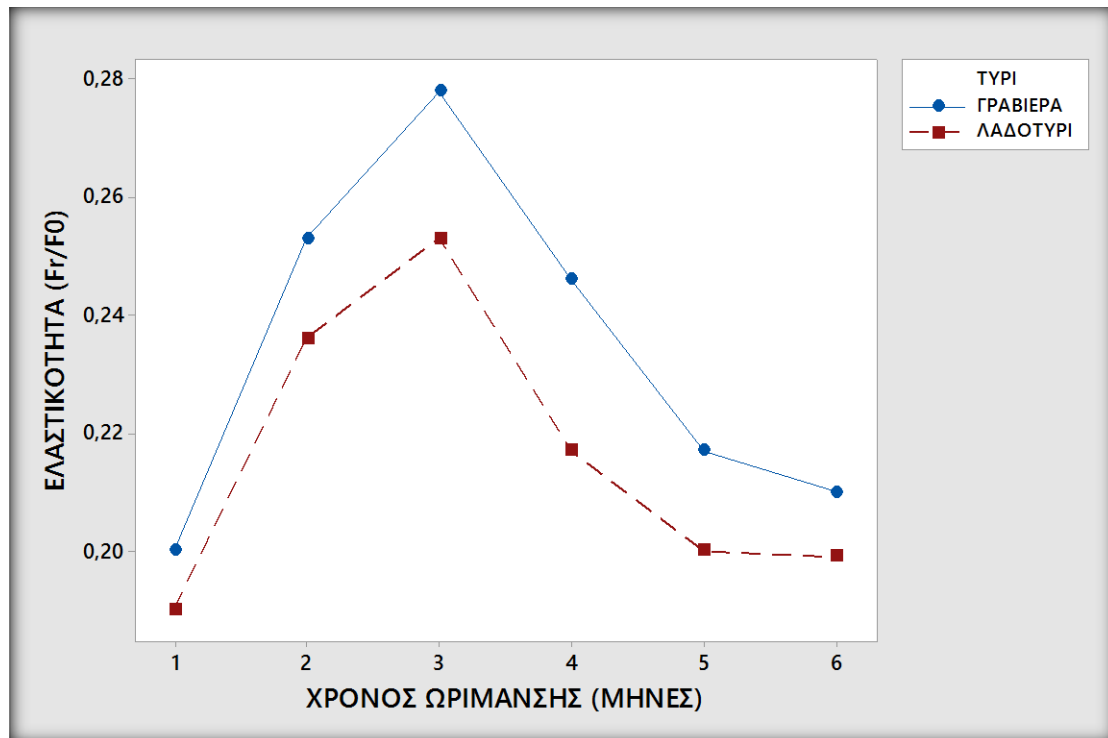
Σύμφωνα με το Σχήμα 16, και στα δύο τυριά παρατηρείται αύξηση της ευθραυστότητας με υψηλότερες τιμές στη Γραβιέρα, κατά τα πρώτα στάδια της ωρίμανσης, ενώ από τον τρίτο μήνα και μέχρι το τέλος της ωρίμανσης σημειώνεται μείωση. Όσο περισσότεροι είναι οι πρωτεϊνικοί δεσμοί τόσο μεγαλύτερη είναι και η παραμόρφωση που πρέπει να υποστεί το δείγμα για να ξεκινήσει η θραύση του. Ο Farahani (2014) υποστήριξε ότι σε ιρανικό πρόβειο τυρί, καθώς η ωρίμανση προχωρούσε, η τάση θραύσης αυξανόταν σε αντίθεση με την παραμόρφωση θραύσης που μειωνόταν. Σύμφωνα με τους Juan et al. (2006), σε ημίσκληρο πρόβειο τυρί παρατηρήθηκε αύξηση της τάσης θραύσης μέχρι και τον τρίτο μήνα που οφείλεται στην αντίστοιχη απώλεια υγρασίας. Αντίθετα, από τον τρίτο μήνα και μετά οι τιμές ευθραυστότητας μειώνονται, λόγω της υδρόλυσης των πρωτεϊνών και ως εκ τούτου της αποδυνάμωσης του πρωτεϊνικού πλέγματος.



Σχήμα 16 : Ευθραυστότητα της Γραβιέρας και του Λαδοτυριού κατά το χρόνο ωρίμανσης.

6.2.6 Ελαστικότητα κατά τη δοκιμή χαλάρωσης τάσης

Στο Σχήμα 17 δίνεται ο λόγος της υπολειμματικής δύναμης χαλάρωσης προς την αρχική δύναμη χαλάρωσης (F_r/F_0) που εκφράζει ελαστικότητα. Από το γράφημα προκύπτει ότι η Γραβιέρα είναι ελαστικότερη και κατά τους 6 μήνες ωρίμανσης, σε σύγκριση με το Λαδοτύρι. Στην προκειμένη περίπτωση, ο λόγος F_r/F_0 είναι μικρότερος του 0,5 που σημαίνει ότι όλα τα δείγματα είναι ιξωδοελαστικά με χαμηλή ελαστικότητα. Τα αποτελέσματα για την παράμετρο της ελαστικότητας με την μέθοδο της χαλάρωσης τάσης συμφωνούν με τα αποτελέσματα της ελαστικότητας με τη μέθοδο της ανάλυσης του προφίλ υφής.



Σχήμα 17 : Ελαστικότητα με την δοκιμή χαλάρωση τάσης για δείγματα της Γραβιέρας και του Λαδοτυριού κατά το χρόνο ωρίμανσης.

6.3. Συσχετίσεις μεταξύ χημικών και ρεολογικών παραμέτρων

Όπως φαίνεται αναλυτικά στο Παράρτημα, η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη των δειγμάτων παρουσίασε υψηλή θετική συσχέτιση με τη συνεκτικότητα ($r=0,799$), την ελαστικότητα ($r=0,766$), τη σκληρότητα 1 ($r=0,878$), τη σκληρότητα 2 ($r=0,844$) και την ευθραυστότητα ($r=0,845$). Αυτό επιβεβαιώνει ότι όσο πιο υψηλή είναι η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη, τόσο πιο ισχυρό είναι το πρωτεϊνικό πλέγμα και κατά συνέπεια πιο ισχυρή είναι η δομή των δειγμάτων. Αντίθετα, η υγρασία των δειγμάτων παρουσίασε υψηλή αρνητική συσχέτιση με τη συνεκτικότητα ($r= -0,787$), την ελαστικότητα ($r= -0,785$), τη σκληρότητα 1 ($r= -0,830$) και τη σκληρότητα 2 ($r= -0,813$). Αυτό δείχνει ότι τα μόρια του νερού παρεμβάλλονται μεταξύ των πρωτεϊνικών μορίων και εξασθενίζουν το πρωτεϊνικό πλέγμα, δηλαδή αποδυναμώνουν τη δομή των δειγμάτων.

6.4 Συσχετίσεις μεταξύ ρεολογικών παραμέτρων

Σύμφωνα με το Παράρτημα υπάρχει ισχυρή θετική συσχέτιση μεταξύ των διαφόρων ρεολογικών παραμέτρων και των δύο δοκιμών που εφαρμόστηκαν. Συγκεκριμένα, η ελαστικότητα κατά τη δοκιμή χαλάρωσης παρουσίασε αυξημένη συσχέτιση με τις παραμέτρους της ανάλυσης του προφίλ υφής όπως, τη συνεκτικότητα ($r=0,754$), την ευθραυστότητα ($r=0,860$) και την ελαστικότητα ($r=0,747$). Επίσης, η ελαστικότητα της ανάλυσης του προφίλ υφής παρουσίασε υψηλή συσχέτιση με τη σκληρότητα 1 ($r=0,943$), τη σκληρότητα 2 ($r=0,957$), τη συνεκτικότητα ($r=0,992$) και την ευθραυστότητα ($r=0,943$). Όσον αφορά τη συνεκτικότητα, αυτή συσχετίστηκε ισχυρά με την ευθραυστότητα ($r=0,958$), τη σκληρότητα 1 ($r=0,958$) και τη σκληρότητα 2 ($r=0,977$). Τέλος, η σκληρότητα 1 παρουσίασε ισχυρή συσχέτιση με την ευθραυστότητα ($r=0,916$), ενώ η σκληρότητα 2 με τη σκληρότητα 1 ($r=0,981$) και την ευθραυστότητα ($r=0,943$). Η συμφωνία μεταξύ των αποτελεσμάτων των δύο ρεολογικών δοκιμών συνηγορεί ως προς την αξιοπιστία των μεθόδων που χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση της υφής των δειγμάτων.

7. Συμπεράσματα

- Η Γραβιέρα είχε χαμηλότερη υγρασία από το Λαδοτύρι, λόγω της εντονότερης στράγγισης κατά την παρασκευή των τυριών.
- Η Γραβιέρα είχε υψηλότερες τιμές περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη, λίπος και τέφρα από το Λαδοτύρι, λόγω της χαμηλότερης υγρασίας.
- Η Γραβιέρα παρουσίασε υψηλότερες τιμές σε όλες τις ρεολογικές ιδιότητες σε σχέση με το Λαδοτύρι, λόγω της χαμηλότερης υγρασίας και της υψηλότερης περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη, που είναι υπεύθυνες για το σχηματισμό ισχυρότερου πρωτεϊνικού πλέγματος.
- Το μη πρωτεϊνικό άζωτο και το pH αυξήθηκαν καθ' όλη τη διάρκεια ωρίμανσης και στα δύο τυριά, λόγω της πρωτεόλυσης και της παραγωγής διαλυτών αλκαλικών αζωτούχων ενώσεων.
- Μέχρι τον τρίτο μήνα ωρίμανσης, και στα δύο τυριά, η υγρασία μειώθηκε λόγω αποβολής μέρους του νερού στο υλικό συσκευασίας, ενώ οι περιεκτικότητες σε λίπος και τέφρα αυξήθηκαν αντίστοιχα. Αντίθετα, η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη παρέμεινε σχεδόν σταθερή, λόγω της ταυτόχρονης πρωτεόλυσης. Παράλληλα, όλες οι ρεολογικές ιδιότητες αυξήθηκαν, εφόσον το πρωτεϊνικό πλέγμα των τυριών ισχυροποιήθηκε.
- Μετά τον τρίτο μήνα ωρίμανσης, και στα δύο τυριά, η σταθεροποίηση της υγρασίας επέφερε αντίστοιχη σταθεροποίηση στις περιεκτικότητες σε λίπος και τέφρα. Αντίθετα, η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη παρουσίασε συνεχή μείωση, λόγω της έντονης πρωτεόλυσης. Παράλληλα, όλες οι ρεολογικές ιδιότητες σημείωσαν ταυτόχρονη μείωση, εξαιτίας της αντίστοιχης εξασθένησης του πρωτεϊνικού πλέγματος των τυριών.

8. Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

- Μελέτη των φυσικοχημικών και ρεολογικών παραμέτρων Λαδοτυριού και Γραβιέρας χωρίς συσκευασία, σε μεγαλύτερους χρόνους ωρίμανσης και σε διαφορετικές θερμοκρασίες ωρίμανσης.
- Μελέτη των φυσικοχημικών και ρεολογικών παραμέτρων και άλλων τυριών κατά την ωρίμανση.
- Οργανοληπτική αξιολόγηση των τυριών και συσχέτιση των αποτελεσμάτων με αυτά των ενόργανων μεθόδων.

9. Βιβλιογραφία

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Abdalla, M.O., Abdel Razig, K.A. (1997). Effect of Type of Milk on the Quality of White Soft Cheese. *Journal of Agricultural Sciences*, 5(2), 147-157
- Anifantakis, E.M., Kaminarides, S.E. (1987). Effect of various starters on the quality of Kefalotyri cheese. *Lait*, 67 (4), 527-535
- Antoniou, K.D., Petridis, D., Raphaelides, S., Ben Omar, Z., Kesteloot R. (2000). Texture assessment of French cheeses. *Journal of Food Science*, 65, 168-172
- AOAC Official Method 926.08 (1995). Moisture in cheese. In: *Official methods of Analysis of AOAC International*. Vol. 11, 16th ed, pp 59 (edited by V.A Arlington), Gaithersburg, MD: AOAC International.
- AOAC Official Method 935.42 (1995). Ash of cheese. In: *Official methods of Analysis of AOAC International*. Vol.11, 16th ed, Gaithersburg, MD: AOAC International.
- Ardö, Y., Polychroniadou, A. (1999). *Laboratory manual for chemical analysis of cheese: improvement of the quality of the production of raw milk cheeses*, Publication Office of the European Communities.
- Avila, M., Gomez-Torres, N., Delgado, D., Gaya, P., Garde, S. (2017). Effect of high-pressure treatments on proteolysis, volatile compounds, texture, colour, and sensory characteristics of semi-hard raw ewe milk cheese. *Food Research International*, 100, 595-602
- Bontinis, Th., Mallatou, H., Pappa, E.C., Massouras, Th., Alichanidis, E. (2012). Study of proteolysis, lipolysis and volatile profile of traditional Greek goat cheese (Xinotyri) during ripening. *Small Ruminant Research*, 193-201
- Bertola, N.C., Bevilacqua, A.E., Zaritzky, N.E. (1992). Proteolytic and rheological evaluation of maturation of tybo Argentino cheese. *Journal of Dairy Science*, 75, 3273-3281
- Bertola, N.C., Bevilacqua, A.E., Zaritzky, N.E. (1995). Rheological behavior of Reggianito Argentino Cheese Packaged in Plastic Film During Ripening. *LWT, Food Science and Technology*, 28, 610-615
- Bertola, N.C., Califano, A.N., Bevilacqua, A.E., Zaritzky, N.E. (2000). Effects of ripening conditions on the texture of Gouda cheese. *International Journal of Food Science and Technology*, 35, 207-214

- Bertozi, L., Panari, G.(1993). Cheeses with Appellation d' Origine Controllee (AOC): Factors that affect quality. *International Journal of Dairy Technology* 3 ,297-312
- Bhowmik, T., Marth, E.H.(1990). Rote of *Micrococcus* and *Pediococcus* Species in Cheese Ripening: A Review, *73(4)*, 859-866
- Bourne, M.C, (1968). Texture profile of ripening pears. *Journal of Food Science*, 33 (2), 223–226
- Bryant, A., Ustunol, Z., Steffe, J. (1995). Texture of Cheddar Cheese as Influenced by Fat Reduction. *Journal of Food Science* 60(6), 1216-1219
- CODEX (1978). Codex General Standard for Cheese, Codex Stan 283
- Collins, Y.F., Mcsweeney, P.L.H., Wilkinson, M.G. (2003). Lipolysis and free fatty acid catabolism in cheese: a review of current knowledge, *International Dairy Journal*, 13(11), 841-866
- Cousins ,C.M., Sharpe, M. E., Law, B.A. (1977). The bacteriological quality of milk for Cheddar cheesemaking. *Dairy Industries International* , 42, 12-17
- Creamer, L.K., Olson N.F. (1982). Rheological evaluation of maturing cheddar cheese. *Journal of Food Science*, 47, 631-647
- Darnay, L., Králik, F., Oros, G., Koncz, A., Firtha, F. (2017). Monitoring the effect of transglutaminase in semi-hard cheese during ripening by hyperspectral imaging, *Journal of Engineering*, 196, 123-129
- Davis, J.G. (1965). *Cheese, Basic Technology*. J. & A. Churchill Ltd., vol 1, 1 edition
- Delgado, F. J., Crespo, J.G., Cava, R., Ramirez, R. (2011). Proteolysis, texture and colour of a raw goat milk cheese throughout the maturation, *European Food Research and Technology*, 233, 483-488
- Dimitreli, G., Thomareis, A.S. (2007). Texture evaluation of block-type processed cheese as a function of chemical composition and in relation to its apparent viscosity. *Journal of Food Engineering*, 79, 1364–1373
- Doraiswamy, D. (2002). The origins of rheology: a short historical excursion. *Rheology Bulletin*, 71, 7-17
- Dupuis, C. (1994). *Activités Protéolytiques et Lipolytiques des Bactéries Propioniques Laitières*, Thesis, ENSA, Rennes.
- Everett D.W., Auty M.A.E. (2008). Cheese structure and current methods of analysis, *International Dairy Journal* 18, 759–773
- Faber, T.J. (2015). *Engineering cheese sensory texture: using structure property modeling* Eindhoven: Technische Universiteit Eindhoven, Netherlands

- Farahani, G., Ezzatpanah, H., Abbasi, S. (2014). Characterization of Siahmazgi cheese, an Iranian ewe's milk variety: Assessment of physico-chemical, textural and rheological specifications during ripening, *LWT, Food Science and Technology*, 58, 335-342
- Foda, E.A, Hammond, E.G., Reinbold, G.W., Hotschkiss, D.K. (1974). Role of fat in flavor of Cheddar cheese. *Journal of Dairy Science*, 57, 1137-1142
- Fox P.F. (1987). *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*, Volume 1, 2nd edition, Elsevier, London
- Fox, P.F. (1989). Proteolysis during cheese manufacture and ripening. *Journal of Dairy Science*, 72, 1379-1400
- Fox, P.F., Law, J. (1991). Enzymology of cheese ripening, *Food Biotechnology*, vol. 5, 239-262
- Fox, P. F. (1993). *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*, Volume 2, 2nd edition, Chapman & Hall, London
- Fox, P. F., Guinee T.P., Cogan T.M. and McSweeney P.L.H. (2000). *Fundamentals of Cheese Science*. Gaithersburg M.D., Aspen Publishers, Inc. Ireland
- Fox, P.F. (2002). Biochemistry of Cheese Ripening, *Encyclopedia of Dairy Sciences*, 320-326
- Fox, P.F., McSweeney, P. L. H., Cogan, T. M. and Guinee, T. P. (2004). *Cheese chemistry, physics, and microbiology Volume 1 General Aspects*. Vol. 1. 2nd ed. Elsevier, London ,New York
- Fox, P.F., Brodtkorb, A. (2008). The casein micelle: Historical aspects, current concepts and significance. *International Dairy Journal* 18(7), 677-684
- Freitas, A.C., Pintado, A.E., Pintado, M.E., Malcata, F.X. (1999). Role of dominant microflora of Picante cheese on proteolysis and lipolysis. *International Dairy Journal*, 9, 503-603
- Friedman, 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
- Ganesan, B., Brown, K., Irish, D. A., Brothersen, C., McMahon, D. J. 2014. Manufacture and sensory analysis of reduced- and low-sodium Cheddar and Mozzarella cheeses. *Journal of Dairy Science*, 97(4), 1970-1982.

- Georgala, A., Moschopoulou, E., Aktypis, A., Massouras, T., Zidou, E., Kandarakis, I., Anifantakis, E. (2005). Evolution of lipolysis during the ripening of traditional Feta cheese. *Food Chemistry*, 93(1), 73-80
- Gunasekaran S., Mehmet M. (2003). *Cheese Rheology and Texture*. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Hamosh, M. (1990). *Lingual and Gastric Lipases :Their Role in Fat Digestion*, CRC Press, Boca Raton, FL.
- Holsinger, V.H., Smith, W.P., Tunick, H.M. (1995). Overview: Cheese Chemistry and Rheology, *Chemistry of Structure - Function Relationships in Cheese*, volume 367, pp 1-6
- Hort, J., Le Grys, G. (2001). Developments in the textural and rheological properties of UK Cheddar cheese during ripening. *International Dairy Journal* 11, 475-481
- Hui, Y.H. (1993). *Dairy Science and Technology Handbook, Principles and Properties*, Volume 1, VCH Publishers, New York
- IDF (1993). International Standard 20B: Milk : Determination of Nitrogen Content : Inspection by Attributes, *International Dairy Federation*
- Irudayaraj, J., Chen, M., McMahon, D.J. (1999). Texture development in cheddar cheese during ripening, *Canadian Agricultural Engineering* ,41,252-257,USA
- Kalantzopoulos G.C. (1993). Cheeses from ewes ' and goats' milk. In: Fox P.F ed. *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*, vol 2, 2nd ed. London: Chapman and Hall, pp 507-543
- 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, 70-71
- Kandarakis, I.O., Moschopoulou, E. , Moatsou, G., Anifantakis, E. (1998). Effect of starters on gross and microbiological composition and organoleptic characteristics of Graviera Kritis cheese, *Le Lait*, INRA Editions, 1998, 78 (5), 557-568
- Kasapian, M., Dičáková, Z., Dudriková, E., Bystrický, P. (2014). Physical and physico-chemical parameters of Greek cheeses. *Bulgarian Chemical Communications*, 46, Special issue B, 68 – 72
- Katsiari, M.C., Voutsinas, L.P. (1994). Manufacture of Low-fat Kefalograviera Cheese, *International Dairy Journal*, 4(6), 533-553

- Kim, M.H., Okos, M.R. (1999). Some physical, mechanical, and transport properties of crackers related to checking phenomenon, *Journal of food engineering*, 40(3), 189-198
- Kondyli, E., Pappa, E., Svarnas, C. (2016). Ripening changes of the chemical composition, proteolysis, volatile fraction and organoleptic characteristics of a white-brined goat milk cheese. *Small Ruminant Research*, 145, 1-6
- Konstance, R.P., Holsinger, V.H. (1992). Development of rheological test methods for cheese, *Food Technology*, 46, 105-109
- Kosikowski, F. (1982). *Cheese and fermented milk foods*, 2nd edition, Ithaca, New York
- Lawrence, R.C., Gilles, J. (1987). Cheddar cheese and related dry-salted cheese varieties. In *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*, ed. P. Fox, Vol 1, 1-44, New York
- Litopoulou-Tzanetaki, E., Tzanetakis, N. (2011). Microbiological characteristics of Greek traditional cheeses, *N. Small Ruminant Research* 101 (2011) 17– 32
- Liu He, Xue Ming Xu, Shi Dong Guo, (2008). Comparison of full fat and low-fat cheese analogues with or without pectin gel through microstructure, texture, rheology, thermal and sensory analysis. *International Journal of Food Science and Technology*,
- 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*, Volume 86, pages 2725-2743.
- McSweeney, P.L.H., Sousa, M.J. (1999). Biochemical pathways for the production of flavour compounds in cheeses during ripening: A review, *Lait*, 80, 293-324
- McSweeney, P.L.H. (2004). Biochemistry of cheese ripening : Introduction and overview, in *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*, Vol 1, General Aspects (3rd ed). Elsevier, Amsterdam, pp 347-360
- McSweeney, P.L.H. (2004). Biochemistry of cheese ripening. *International Journal of Dairy Technology* 57 , 127-144
- Moatsou, G., Moschopoulou, E., Bega, A., Tsermoula, P., Pratsis D., (2015). Effect of natamycin-containing coating on the evolution of biochemical and microbiological parameters during the ripening and storage of ovine hard-Gruyere-type cheese, *International Dairy Journal*, 50, 1-8

- Mulvihill, D.M., McCathy, A. (1994). Proteolytic and rheological changes during ageing of cheese analogues made from rennet caseins. *International Dairy Journal*, 4(1), 15-23
- Nielsen, S. (1998). *Food Analysis*, 2nd edition, West La Fayette, Indiana
- Nega, A., Moatsou, G. (2012). Proteolysis and related enzymatic activities in ten Greek cheese varieties. *Dairy Science and Technology*, 92, 57-73
- Nollet, L. M.L. (2004). *Handbook of Food Analysis*, Second Edition, Volume 1: Physical Characterization and Nutrient Analysis, Ghent, Belgium
- Papademas, P., Bintsis, T. (2017). *Global Cheesemaking Technology*, cheese quality and characteristics
- Park, Y.W. (2007). Rheological characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, 68, 73-87
- Pomeranz, Y., Meloan, C. E. (1994). *Food Analysis: Theory and Practice*, 3rd edition
- Prentice, J.H. (1972). Rheology and texture of dairy products, Vol 3, Issue 4
- Prentice, J.H. (1987). Cheese Rheology, in *Cheese : Chemistry, Physics and Microbiology*, P.F Fox ed., 299-314, New York : Elsevier
- Rao, M.A. (1999). *Rheology of fluid and semisolid foods : principles and applications*, New York
- Rohm, H. (2002). Principles and Significance in Assessing Rheological and Texture Properties, *Rheology of milk and dairy products*, Vienna, Austria
- Rosenthal, A. J. (1999). *Food texture, measurement and perception*, Oxford, United Kingdom
- Samelis, J., Kakouri, A., Pappa, E., Matijasic, B., Georgalaki, M., Tsakalidou, E., Rogelj, I. (2010). Microbial Stability and Safety of Traditional Greek Graviera Cheese: Characterization of the Lactic Acid Bacterial Flora and Culture-Independent Detection of Bacteriocin Genes in the Ripened Cheeses and Their Microbial Consortia, *Journal of Food Protection*, 73(7), 1294–1303.
- Scott Blair, G.W. (1949). "A Survey of General and Applied Rheology", Sir Isaac Pitman and Sons, London,
- Scott, R. (1986). *Cheesemaking Practice*, 2nd edition, UK
- Shama, F., Sherman P. (1973). Identification of stimuli controlling sensory evaluation of viscosity, *Oral methods*, *J. Text. Stud.*, 4, 114-118

- Sheibani, A., Ayyash, M. M., Vasiljevic, T., Mishra, V. K.(2017). Texture and microstructure of reduced-salt Cheddar cheese as affected by process modifications, *International Food Research Journal*, 24 (2), 643-650
- Sherman, P. (1979). *Food texture and Rheology*, London, England
- Sorhaug, T., Ordal, Z.J. (1974). Cell-bound lipase and esterase of *Brevibacterium linens*. *Appl. Microbiology*, 15, 110-113
- Spreer Edgar (1995). *Milk and Dairy Product Technology*, Food Science and Technology, Dresden, Germany
- Steffe, J.F. (1992). *Rheological Methods in Food Process Engineering*. Michigan, Freeman Press
- Subramanian, R., Gunasekaran, S. (1997). Small amplitude oscillatory shear (SAOS) studies of Mozzarella cheese. Part 1. Region of linear viscoelasticity. *Journal of Texture Studies*, 28(6), 633-642
- Szczesniak, A.S. (1963). Classification of textural characteristics. *Journal of Food Science*, 28, 385–389
- Tunick, M.H. (2000). Rheology of dairy foods that gel, stretch, and fracture. *Journal of Dairy Science*, 83, 1892-1898
- Tunick, M.H., Nolan, E.J. (1992). Rheology of cheese In: *Physical Chemistry of Food Processes. Volume I: Fundamental Aspects*. Baianu IC, Ed., New York: Van Nostrand Reinhold Co, pp. 273–290
- Tunick, M.H. (2000). Rheology of dairy foods that gel, stretch, and fracture. *Journal of Dairy Science*, 83(8), 1892-1898
- Turner, K.W., Thomas, T.D. (1980). Lactose fermentation in Cheddar cheese and the effect of salt. *N.Z.J. Dairy Science Technology*, 15, 265-276
- Tzanetakis, N., Vafopoulou-Mastrojiannaki, A., Litopoulou-Tzanetaki E. (1995). The quality of white-brined cheese from goat's milk made with different starters, *Food Microbiology*, 12, 55-63
- Visser, E. W. (1977). Contribution of enzymes from rennet, starter bacteria and milk to proteolysis and flavour development in Gouda cheese, 4. Protein breakdown: a gel electrophoretical study, *Neth. Milk Dairy J.*, 31, 247-264
- Volken de Souza, C.F, Dalla Rosa, T., Ayub, M.A.Z. (2003). Changes in the microbiological and the physicochemical characteristics of Serrano cheese during manufacture and ripening, *Brazilian Journal of Microbiology*, 34, 260-266
- Walstra, P., Wouters, J., Geurts, T. (2006). *Dairy science and technology*, 2nd edition

- Walter, H. E., Hargrove, R. C. (1972). Cheeses of the World, Dover Publications Inc, New York
- Vakoufaris, H. (2010). The impact of Ladotyri Mytilinis PDO cheese on the rural development of Lesvos island, Greece, Local Environment, 15 (1), 27–41
- Webb, B.H., Johnson, A.H., Alford J.A. (1974). Fundamentals of dairy chemistry, 2nd ed., Westport, CT: AVI Publishing Co. Inc.
- Weimer, B. (2007). Improving the flavour of cheese, Cambridge, England
- WHO (2010). Food standards Programme, Codex Alimentarius Commission, Nineteenth edition, Rome, Italy
- Wong, N.P., Jenness, R., Keeney, M., Marth E.H. (1988). Fundamentals of Dairy Chemistry, 3rd ed. New York : Van Nostrand
- Zerfiridis, G., Vafopoulou-Mastrogiannaki, A., Litopoulou-Tzanetaki, E. (1984). Changes During Ripening of Commercial Gruyere Cheese, Journal of Dairy Science, 1397-1405
- Zheng, Y., Liu, Z., Mo, B. (2016). Texture Profile Analysis of Sliced Cheese in relation to Chemical Composition and Storage Temperature, Journal of Chemistry

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

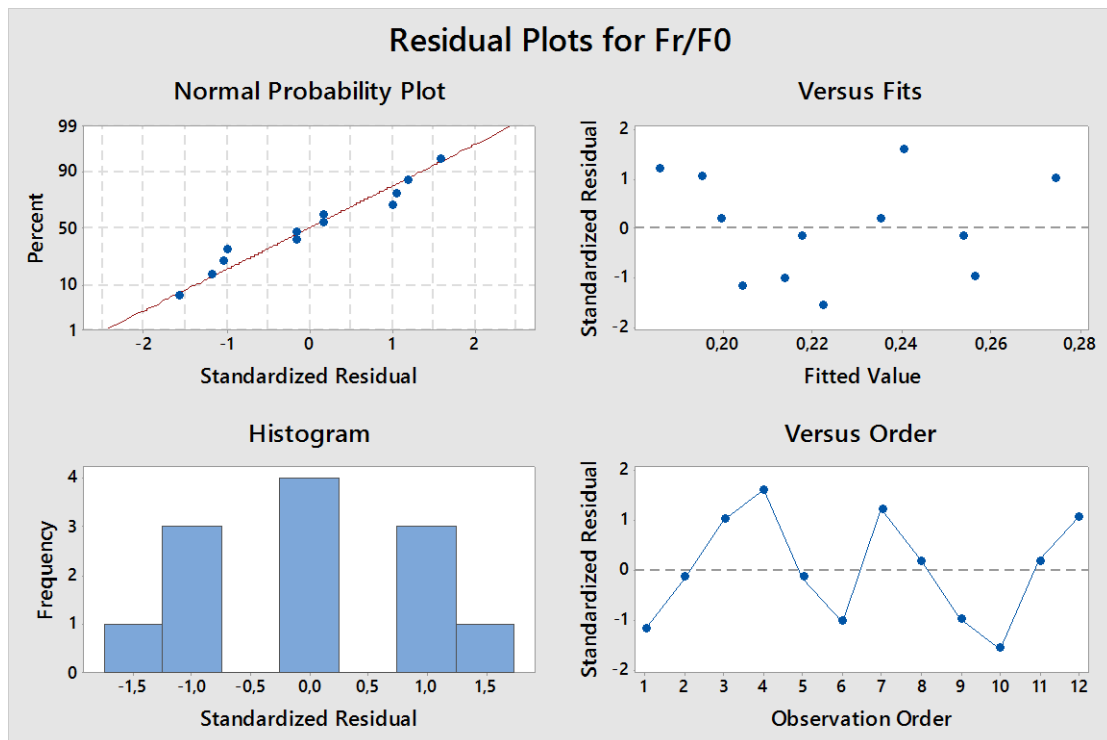
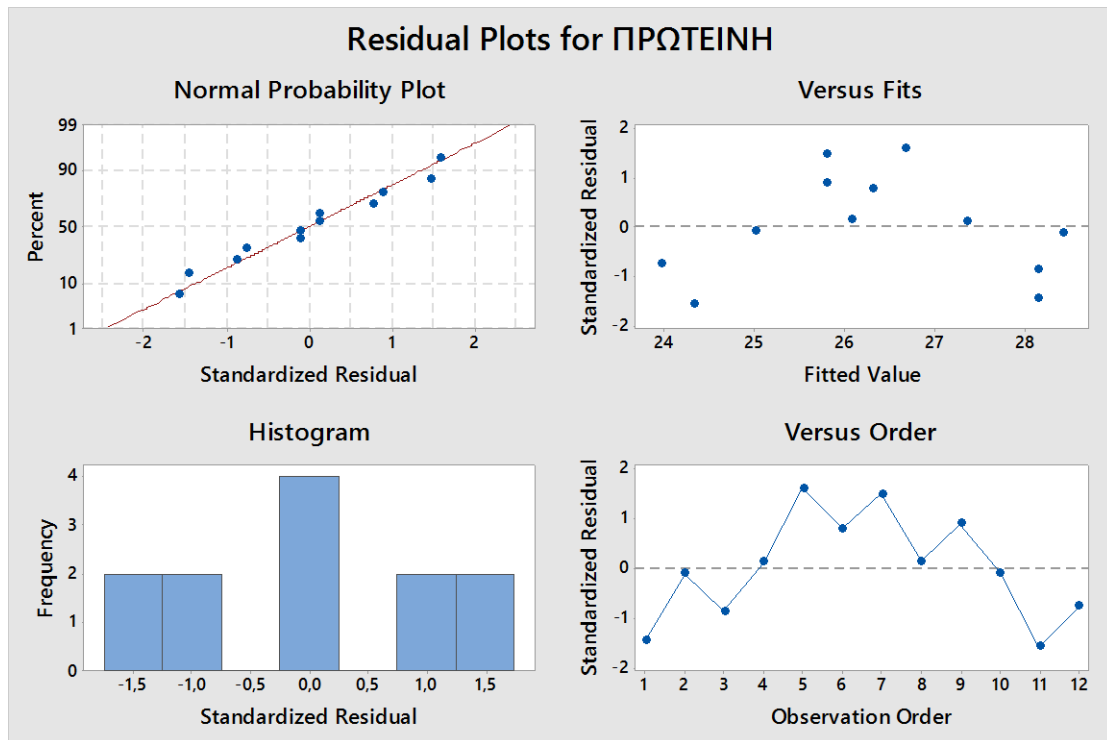
- Ανδρικόπουλος Ν, 2010, Ανάλυση Τροφίμων
- Ανυφαντάκης Ε. (1993). Τυροκομία, Εκδόσεις Σταμούλη Α.Ε, Αθήνα.
- Ανυφαντάκης Ε. (1994). Μελέτη για την προστασία Ονομασίας Προέλευσης του Τυριού “Γραβιέρα Κρήτης”. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Εργαστήριο Γαλακτοκομίας, Αθήνα, σελ. 18-19.
- Ανυφαντάκης Ε. (2004). Τυροκομία: Χημεία, Φυσικοχημεία, Μικροβιολογία, 2^η Έκδοση, Εκδόσεις Σταμούλη Α.Ε, Αθήνα.
- Βαφοπούλου-Μαστρογιαννάκη Α. (1987). Επιτάχυνση της ωριμάσεως του τυριού Φέτα, Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Γεωπονίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο, Θεσσαλονίκη
- Βεϊνόγλου Β., Ανυφαντάκης Ε. (1981). Γαλακτοκομία, Τόμος Β’, Αθήνα
- Belitz H.D., Grosch W. & Schieberle P. (2006). Χημεία τροφίμων, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη.
- Δημητρέλη Γ. (2012). Σημειώσεις Εργαστηρίου Τεχνολογίας Γάλακτος και Γαλακτοκομικών προϊόντων, Τμήμα Τεχνολογίας Τροφίμων, Θεσσαλονίκη

- Ζερφυρίδης Γ. (1989). Επιμορφωτικά Σεμινάρια στη Γαλακτοκομία – Γάλα, τυροκόμηση και παραδοσιακά τυριά. Εθνική Επιτροπή Γάλακτος, 133-134.
- Ζερφυρίδης, Γ. (2001). Τεχνολογία προϊόντων γάλακτος, 2η έκδοση. Εκδόσεις Γιαχούδη - Γιαπούλη. Θεσσαλονίκη
- Ζυγούρης Ν.Π (1956). Ελληνική Τυροκομία, Ηπειρωτική Εστία
- Καμινारीδης Σ. (1987). Μελέτη των φυσικοχημικών ιδιοτήτων και της μικροβιακής χλωρίδας του τυριού Κοπανιστή – Χρησιμοποίηση Καθαρών Μικροβιακών Καλλιιεργειών, Διδακτορική Διατριβή, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο, Αθήνα
- Κεχαγιάς Χ. (2011). Γάλα : Επιστήμη, Τεχνολογία και έλεγχοι για την διασφάλιση της ποιότητας, Εκδόσεις Ίων
- Κυριακόπουλος Π. Ι. (1995). Η τυροκομία στη πράξη, Τρίαινα Εκδοτική, Αθήνα
- Κώδικας Τροφίμων και Ποτών (2008). Άρθρο 83, Ενότητα Γ, παράγραφος 1.2 Έκδοση Γ.Αλυσανδράτος
- Μάντης, Α. Ι. (2005). Υγιεινή και Τεχνολογία του Γάλακτος και των Προϊόντων του, 3η Έκδοση. Εκδοτικός Οίκος Αδελφών Κυριακίδη, Α.Ε: Αθήνα.
- Παππά Ε. (2003). Μελέτη των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών Τελεμέ από διάφορα είδη γάλακτος και οξυγαλακτικές καλλιέργειες, Διδακτορική Διατριβή, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο, Αθήνα
- Ραφαηλίδης Σ. (1987). Σημειώσεις Μηχανικής Τροφίμων 1, Τεχνολογία Τροφίμων, Αλεξάνδρειο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Θεσσαλονίκης
- Τανανάκη Χ. Σημειώσεις Εργαστηρίου Ανάλυσης Τροφίμων, Τεχνολογία Τροφίμων, Αλεξάνδρειο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Θεσσαλονίκης

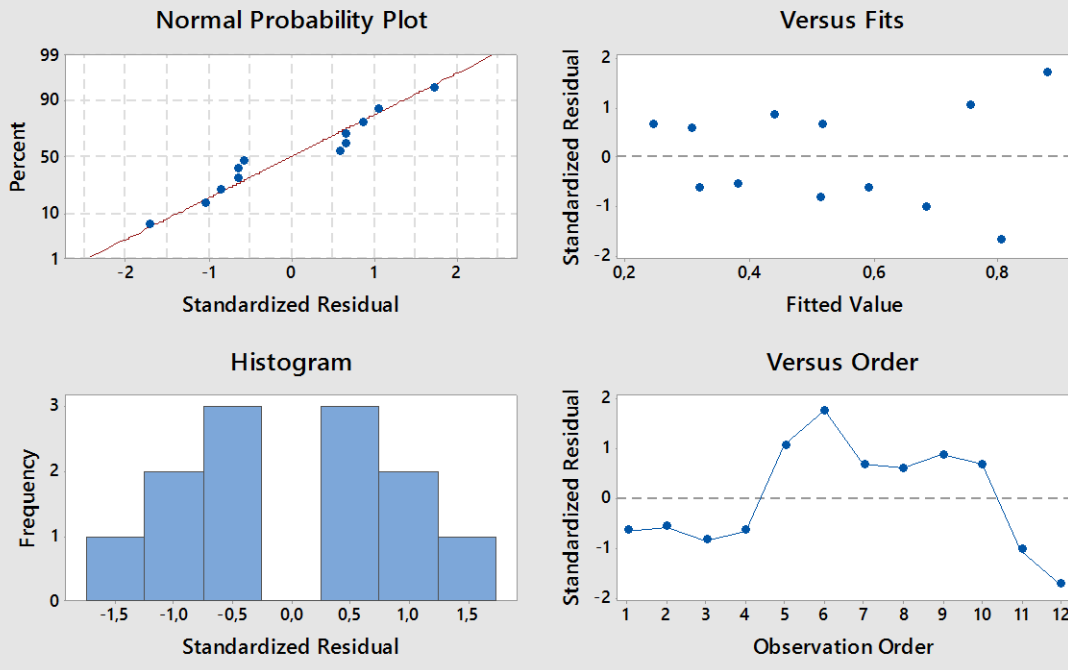
Σύνδεσμοι

<http://texturetechnologies.com/resources/texture-profile-analysis> (overview of texture profile analysis, TTC)

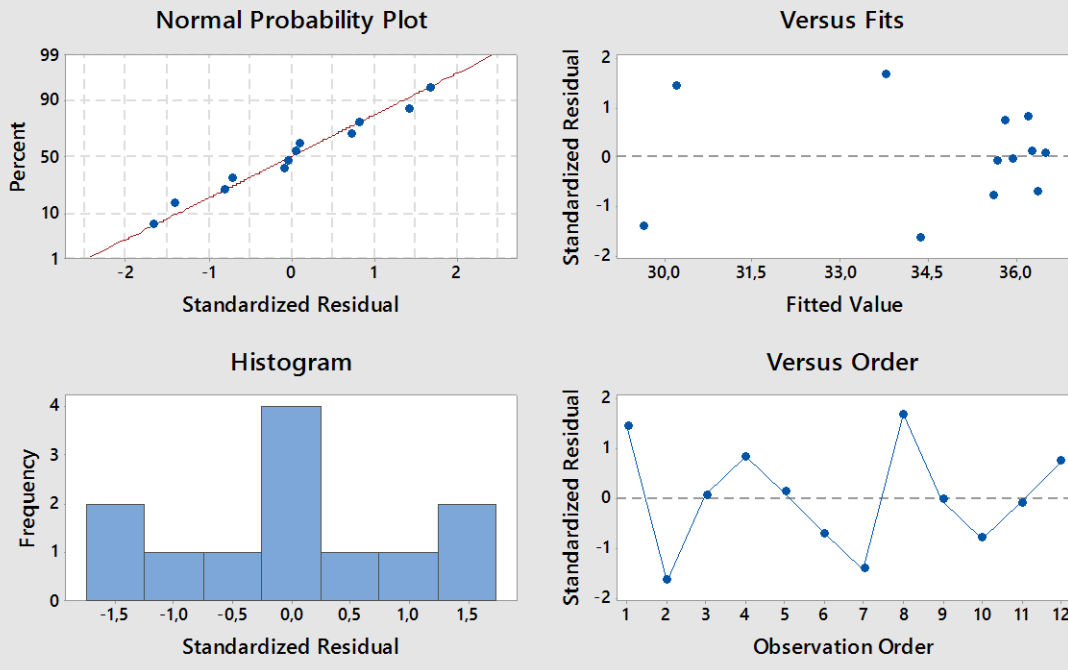
Παράρτημα



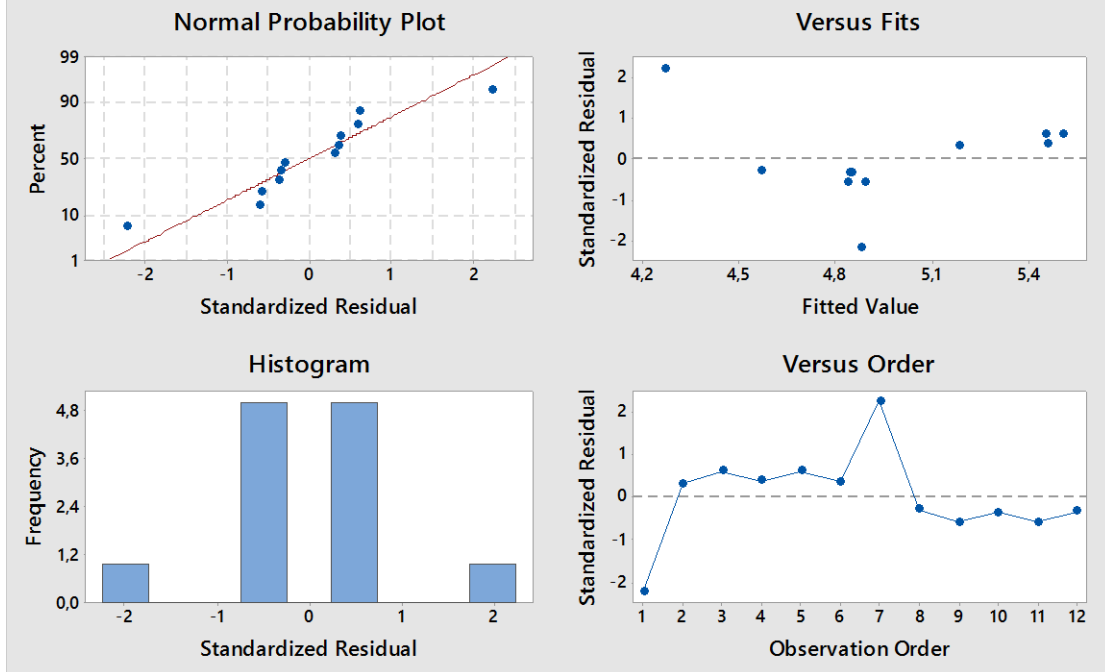
Residual Plots for ΜΠΑ



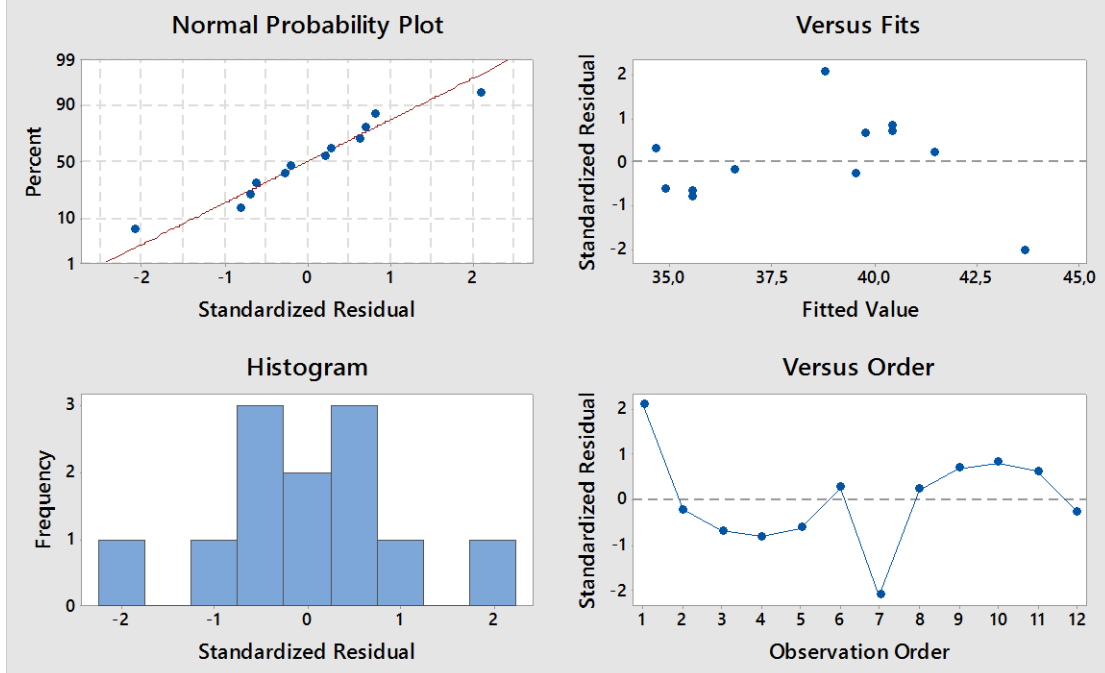
Residual Plots for Λίπος (%)



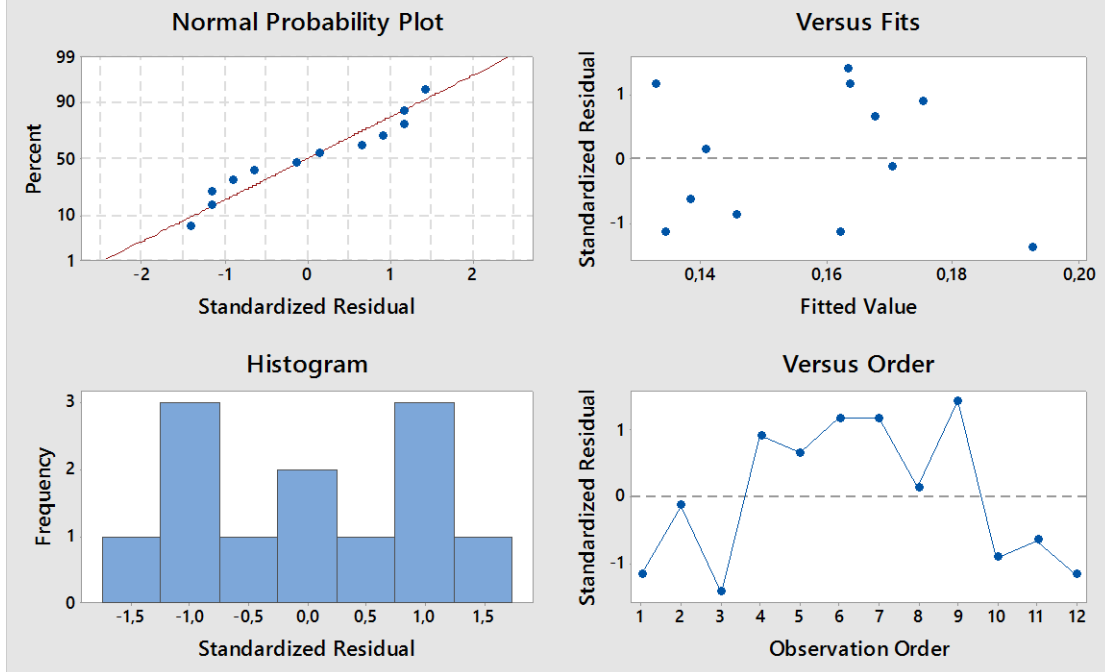
Residual Plots for Τέφρα (%)



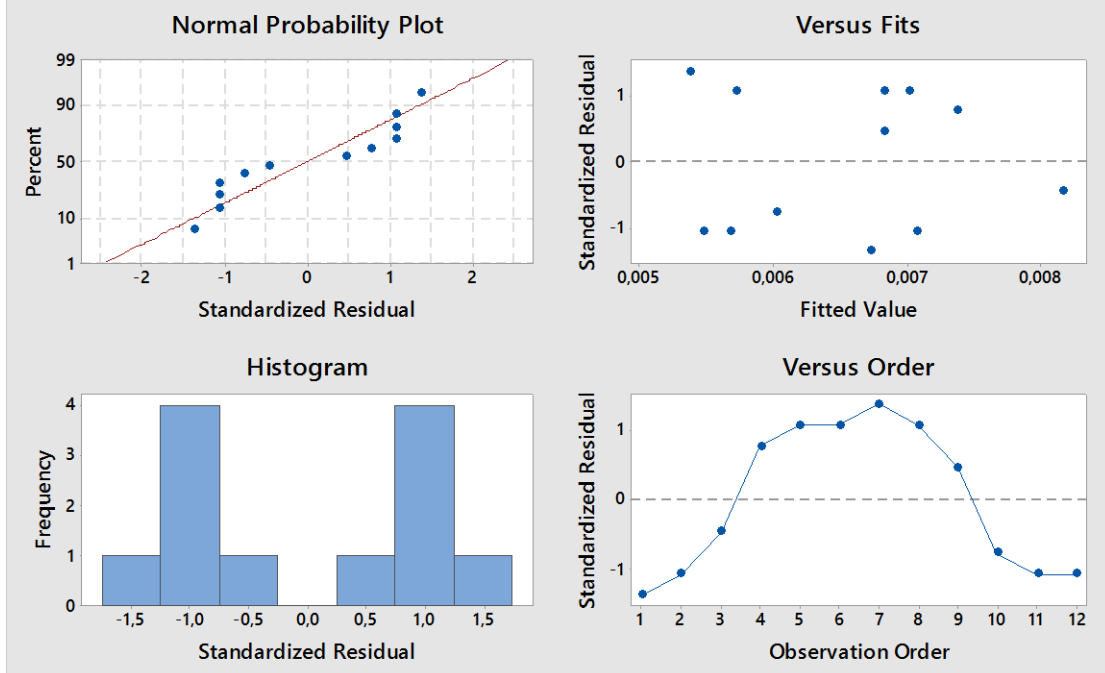
Residual Plots for Υγρασία (%)



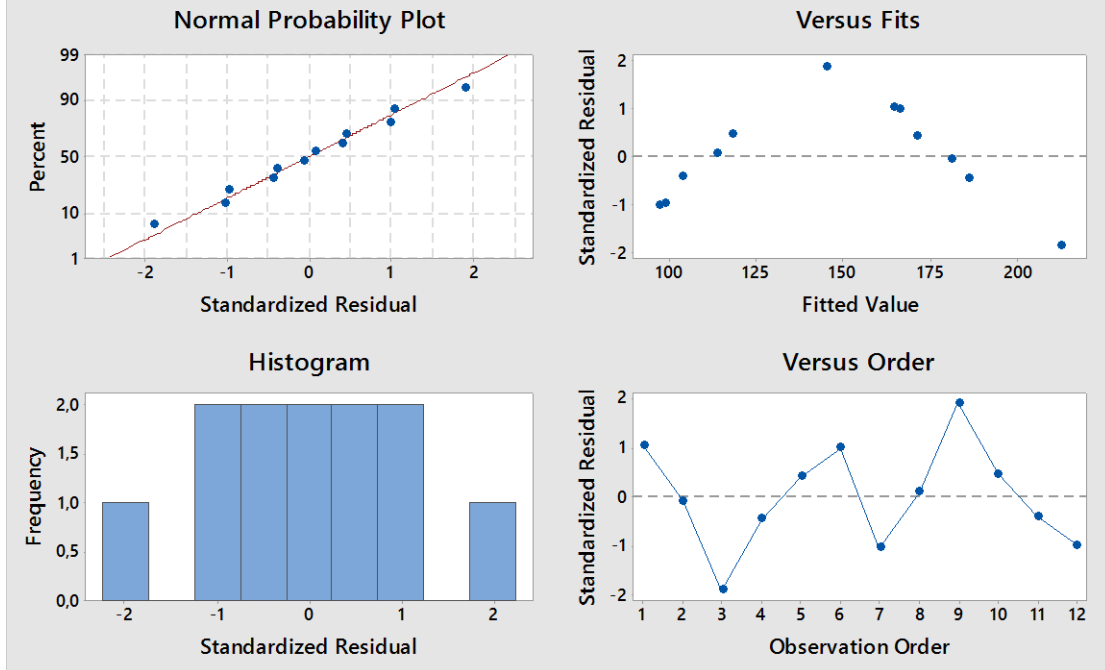
Residual Plots for C (A2/A1) (Συνεκτικότητα)



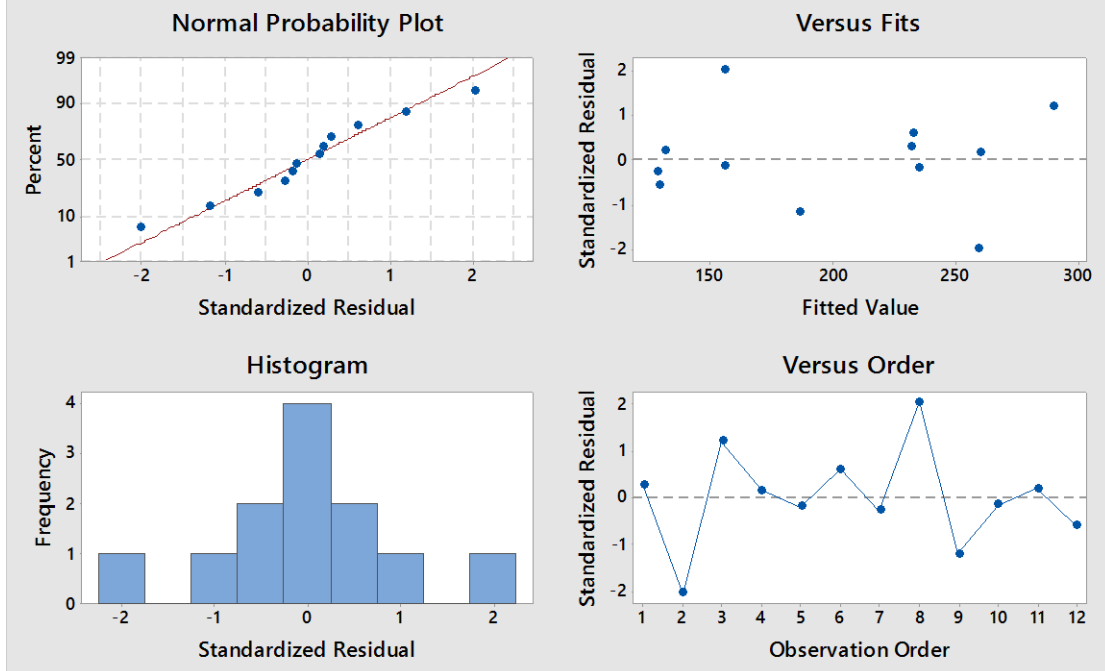
Residual Plots for S1(m) (Ελαστικότητα)

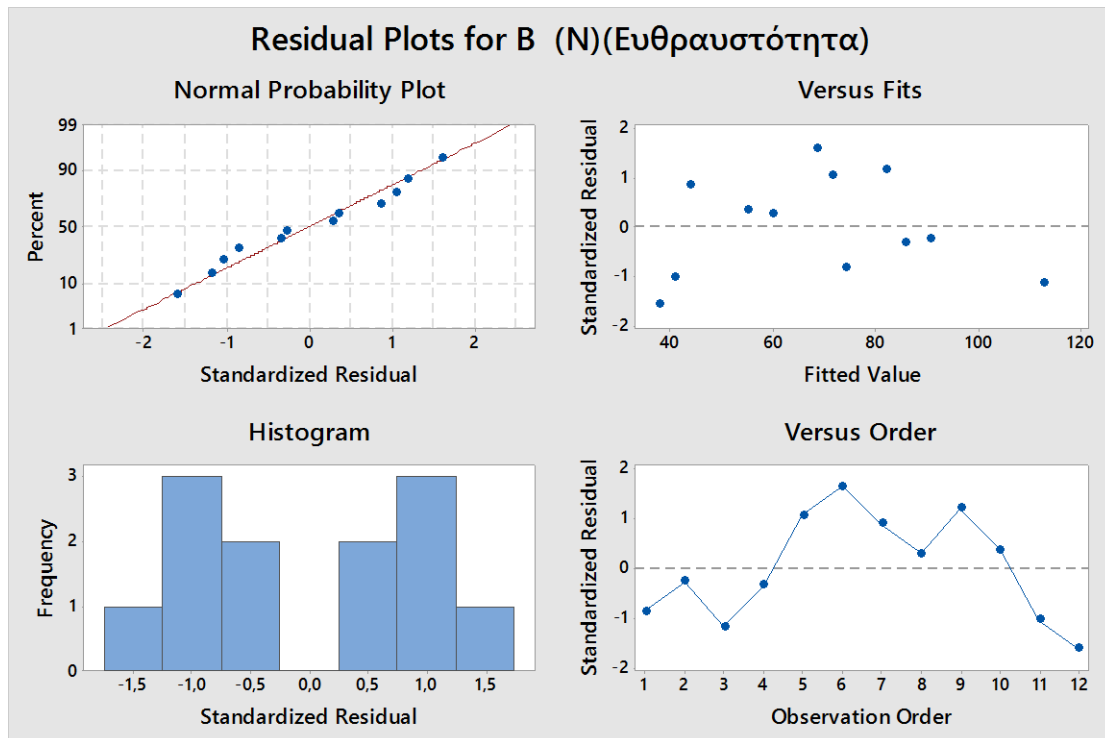


Residual Plots for H2 (N)(Σκληρότητα 2)



Residual Plots for H1 (N) (Σκληρότητα 1)





General Linear Model: ΠΡΩΤΕΙΝΗ versus ΤΥΠΙ; ΧΡΟΝΟΣ ΩΡΙΜΑΝΣΗΣ (ΜΗΝΕΣ)

Method

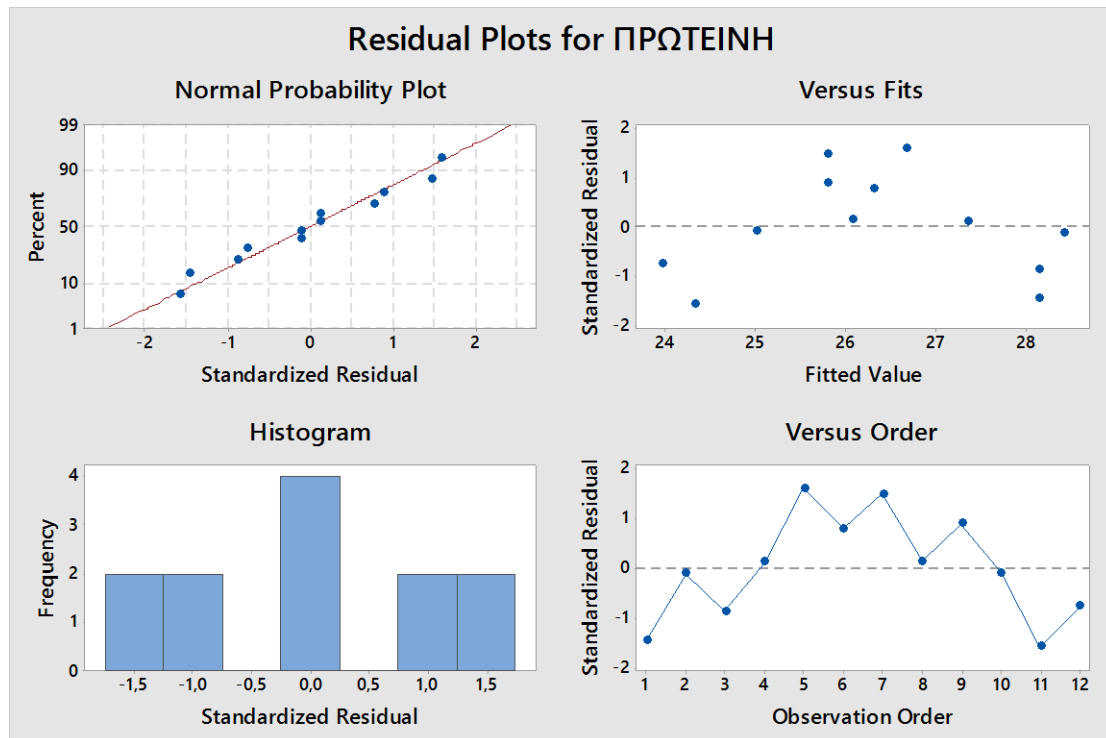
Factor coding (-1; 0; +1)

Factor Information

Factor	Type	Levels	Values
ΤΥΠΙ	Fixed	2	ΓΡΑΒΙΕΡΑ; ΛΑΔΟΤΥΠΙ
ΧΡΟΝΟΣ ΩΡΙΜΑΝΣΗΣ (ΜΗΝΕΣ)	Fixed	6	1; 2; 3; 4; 5; 6

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
ΤΥΠΙ	1	16,5107	16,5107	942,08	0,000
ΧΡΟΝΟΣ ΩΡΙΜΑΝΣΗΣ (ΜΗΝΕΣ)	5	7,6210	1,5242	86,97	0,000
Error	5	0,0876	0,0175		
Total	11	24,2193			



General Linear Model: Fr/F0 versus ΤΥΠΙ; ΧΡΟΝΟΣ ΩΡΙΜΑΝΣΗΣ (ΜΗΝΕΣ) Method

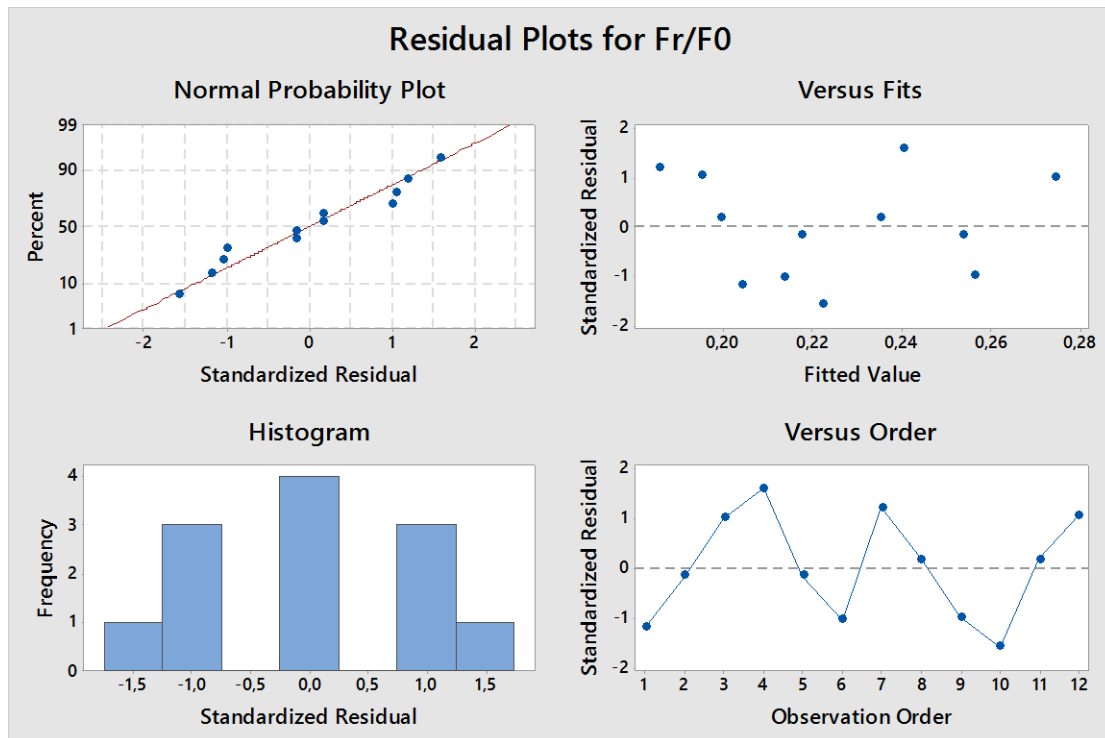
Factor coding (-1; 0; +1)

Factor Information

Factor	Type	Levels	Values
ΤΥΠΙ	Fixed	2	ΓΡΑΒΙΕΡΑ; ΛΑΔΟΤΥΠΙ
ΧΡΟΝΟΣ ΩΡΙΜΑΝΣΗΣ (ΜΗΝΕΣ)	Fixed	6	1; 2; 3; 4; 5; 6

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
ΤΥΠΙ	1	0,000990	0,000990	34,76	0,002
ΧΡΟΝΟΣ ΩΡΙΜΑΝΣΗΣ (ΜΗΝΕΣ)	5	0,007310	0,001462	51,33	0,000
Error	5	0,000142	0,000028		
Total	11	0,008443			



General Linear Model: ΜΠΑ versus ΤΥΠΙ; ΧΡΟΝΟΣ ΩΡΙΜΑΝΣΗΣ (ΜΗΝΕΣ) Method

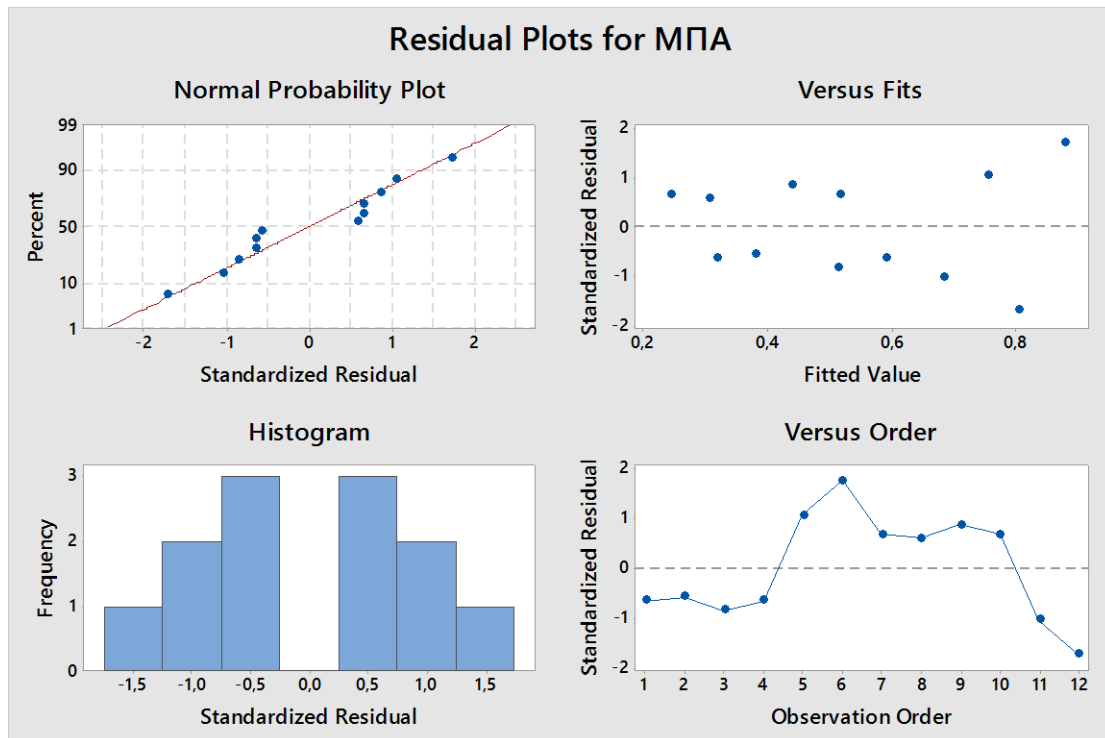
Factor coding (-1; 0; +1)

Factor Information

Factor	Type	Levels	Values
ΤΥΠΙ	Fixed	2	ΓΡΑΒΙΕΡΑ; ΛΑΔΟΤΥΠΙ
ΧΡΟΝΟΣ ΩΡΙΜΑΝΣΗΣ (ΜΗΝΕΣ)	Fixed	6	1; 2; 3; 4; 5; 6

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
ΤΥΠΙ	1	0,016587	0,016587	8,77	0,031
ΧΡΟΝΟΣ ΩΡΙΜΑΝΣΗΣ (ΜΗΝΕΣ)	5	0,467091	0,093418	49,42	0,000
Error	5	0,009452	0,001890		
Total	11	0,493130			



General Linear Model: Λίπος (%) versus ΤΥΠΙ; ΧΡΟΝΟΣ ΩΡΙΜΑΝΣΗΣ (ΜΗΝΕΣ)

Method

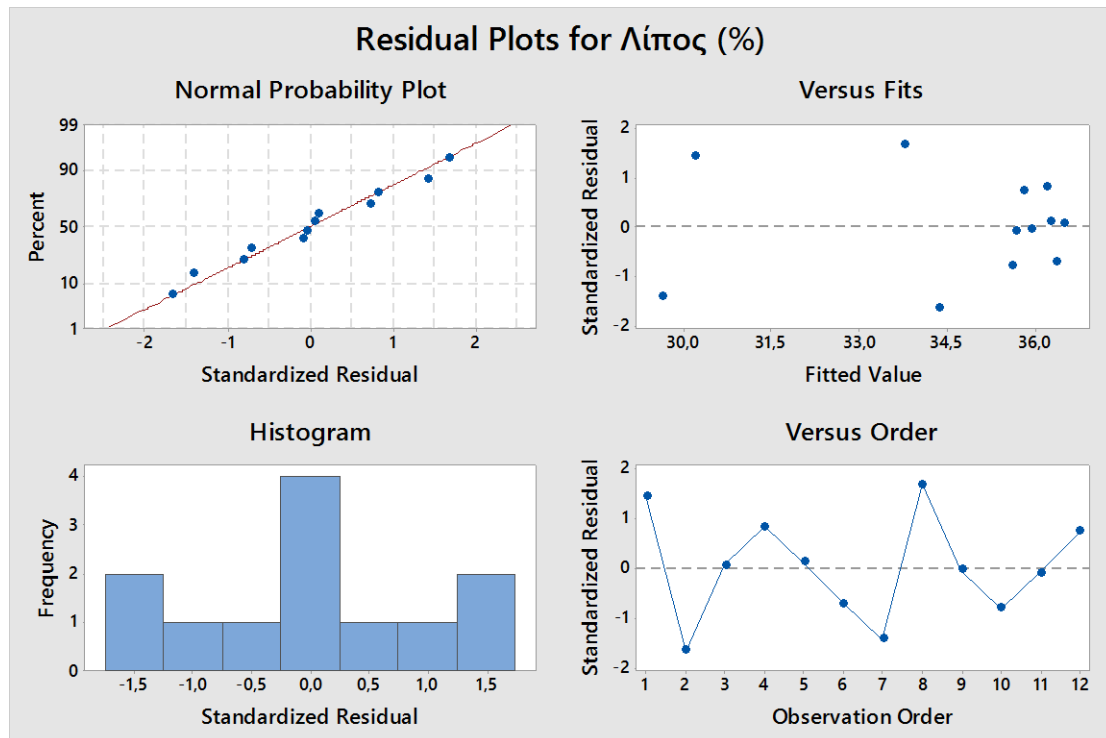
Factor coding (-1; 0; +1)

Factor Information

Factor	Type	Levels	Values
ΤΥΠΙ	Fixed	2	ΓΡΑΒΙΕΡΑ; ΛΑΔΟΤΥΠΙ
ΧΡΟΝΟΣ ΩΡΙΜΑΝΣΗΣ (ΜΗΝΕΣ)	Fixed	6	1; 2; 3; 4; 5; 6

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
ΤΥΠΙ	1	1,0121	1,0121	19,40	0,007
ΧΡΟΝΟΣ ΩΡΙΜΑΝΣΗΣ (ΜΗΝΕΣ)	5	61,4038	12,2808	235,44	0,000
Error	5	0,2608	0,0522		
Total	11	62,6767			



General Linear Model: Τέφρα (%) versus ΤΥΠΙ; ΧΡΟΝΟΣ ΩΡΙΜΑΝΣΗΣ (ΜΗΝΕΣ)

Method

Factor coding (-1; 0; +1)

Factor Information

Factor	Type	Levels	Values
ΤΥΠΙ	Fixed	2	ΓΡΑΒΙΕΡΑ; ΛΑΔΟΤΥΠΙ
ΧΡΟΝΟΣ ΩΡΙΜΑΝΣΗΣ (ΜΗΝΕΣ)	Fixed	6	1; 2; 3; 4; 5; 6

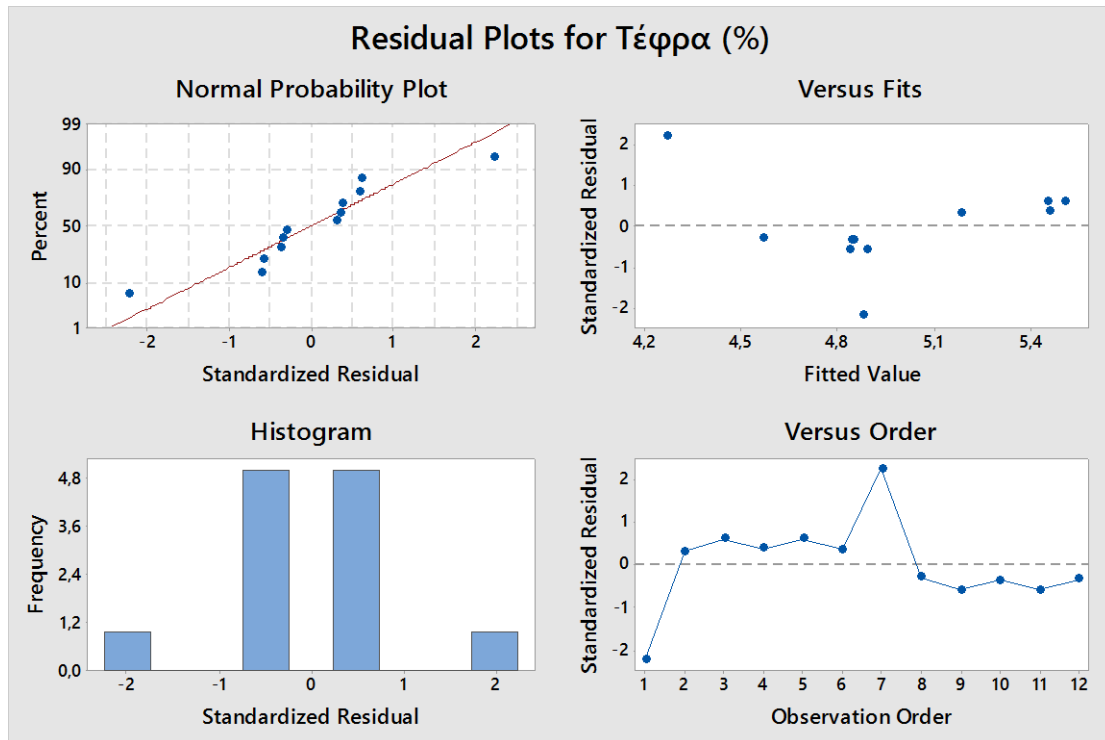
Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
ΤΥΠΙ	1	1,1316	1,13160	47,18	0,001
ΧΡΟΝΟΣ ΩΡΙΜΑΝΣΗΣ (ΜΗΝΕΣ)	5	0,6024	0,12047	5,02	0,051
Error	5	0,1199	0,02399		
Total	11	1,8539			

Fits and Diagnostics for Unusual Observations

Obs	Τέφρα (%)	Fit	Resid	Std Resid	
1	4,660	4,882	-0,222	-2,22	R
7	4,490	4,268	0,222	2,22	R

R Large residual



General Linear Model: Υγρασία (%) versus ΤΥΠΙ; ΧΡΟΝΟΣ ΩΡΙΜΑΝΣΗΣ (ΜΗΝΕΣ)

Method

Factor coding (-1; 0; +1)

Factor Information

Factor	Type	Levels	Values
ΤΥΠΙ	Fixed	2	ΓΡΑΒΙΕΡΑ; ΛΑΔΟΤΥΠΙ
ΧΡΟΝΟΣ ΩΡΙΜΑΝΣΗΣ (ΜΗΝΕΣ)	Fixed	6	1; 2; 3; 4; 5; 6

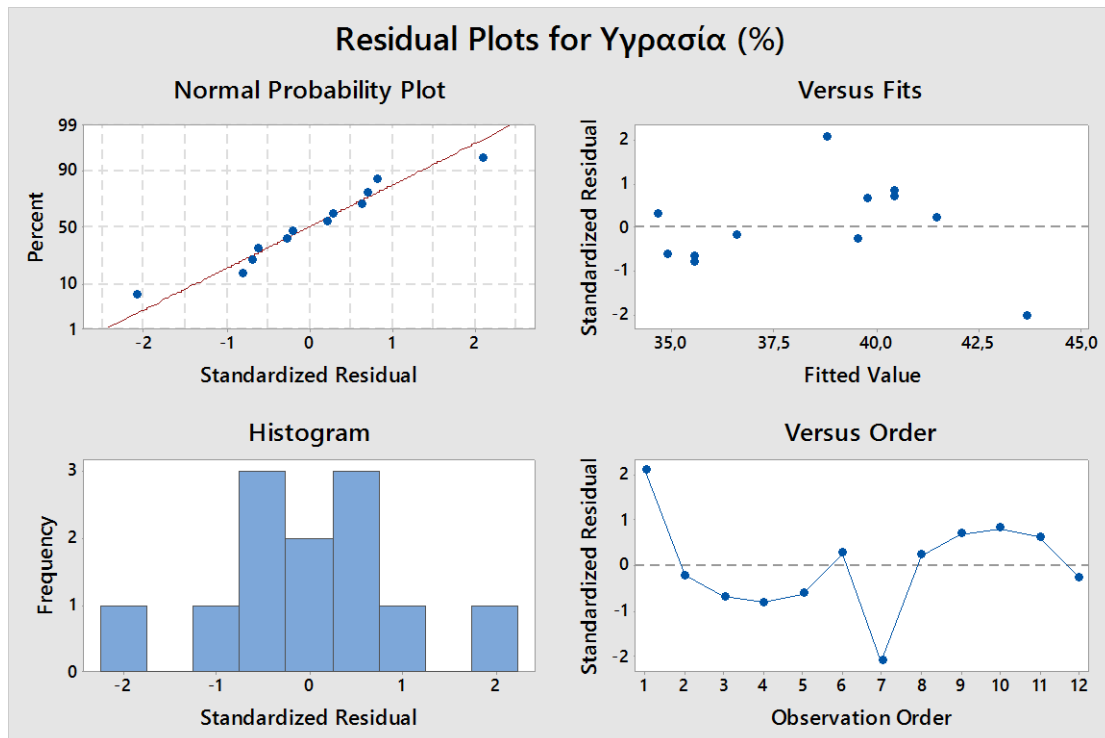
Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
ΤΥΠΙ	1	71,6874	71,6874	520,27	0,000
ΧΡΟΝΟΣ ΩΡΙΜΑΝΣΗΣ (ΜΗΝΕΣ)	5	23,0623	4,6125	33,47	0,001
Error	5	0,6889	0,1378		
Total	11	95,4386			

Fits and Diagnostics for Unusual Observations

Obs	Υγρασία (%)	Fit	Resid	Std Resid	
1	39,280	38,781	0,499	2,08	R

7 43,170 43,669 -0,499 -2,08 R
R Large residual



General Linear Model: C (A2/A1) (Συνεκτικότητα) versus ΩΡΙΜΑΝΣΗΣ (ΜΗΝΕΣ) Method

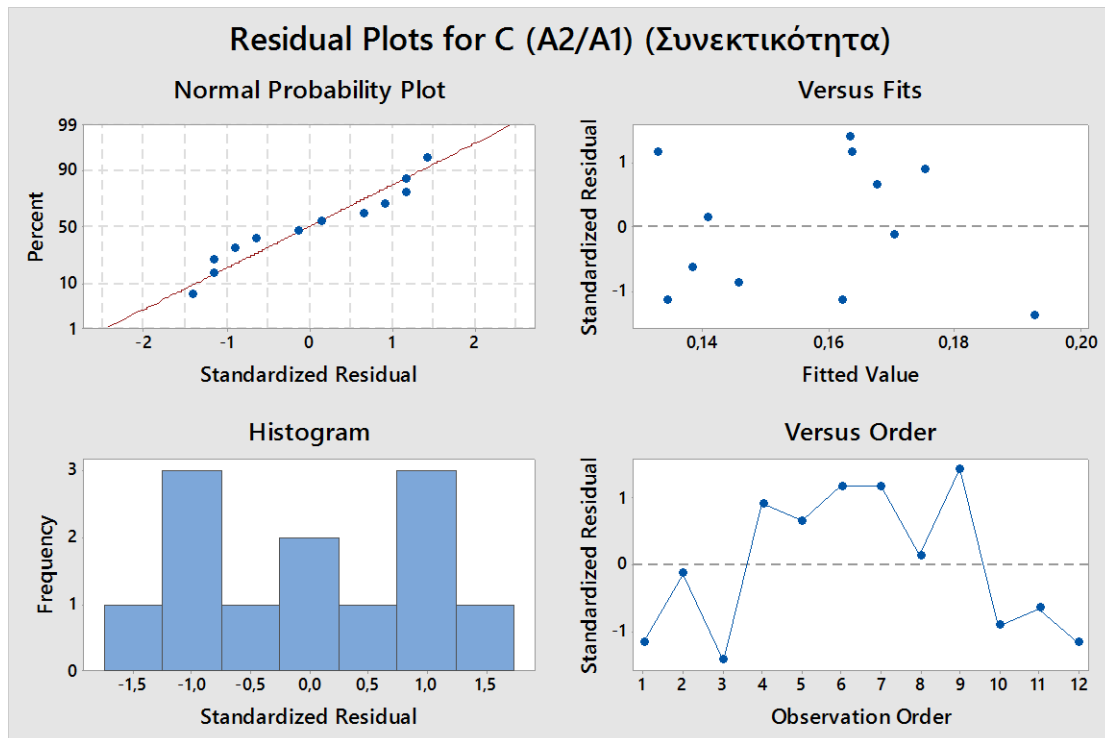
Factor coding (-1; 0; +1)

Factor Information

Factor	Type	Levels	Values
ΤΥΠΙ	Fixed	2	ΓΡΑΒΙΕΡΑ; ΛΑΔΟΤΥΠΙ
ΧΡΟΝΟΣ ΩΡΙΜΑΝΣΗΣ (ΜΗΝΕΣ)	Fixed	6	1; 2; 3; 4; 5; 6

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
ΤΥΠΙ	1	0,002611	0,002611	291,70	0,000
ΧΡΟΝΟΣ ΩΡΙΜΑΝΣΗΣ (ΜΗΝΕΣ)	5	0,001251	0,000250	27,95	0,001
Error	5	0,000045	0,000009		
Total	11	0,003906			



General Linear Model: S1(m) (Ελαστικότητα) versus ΤΥΠΙ; ΩΡΙΜΑΝΣΗΣ (ΜΗΝΕΣ) Method

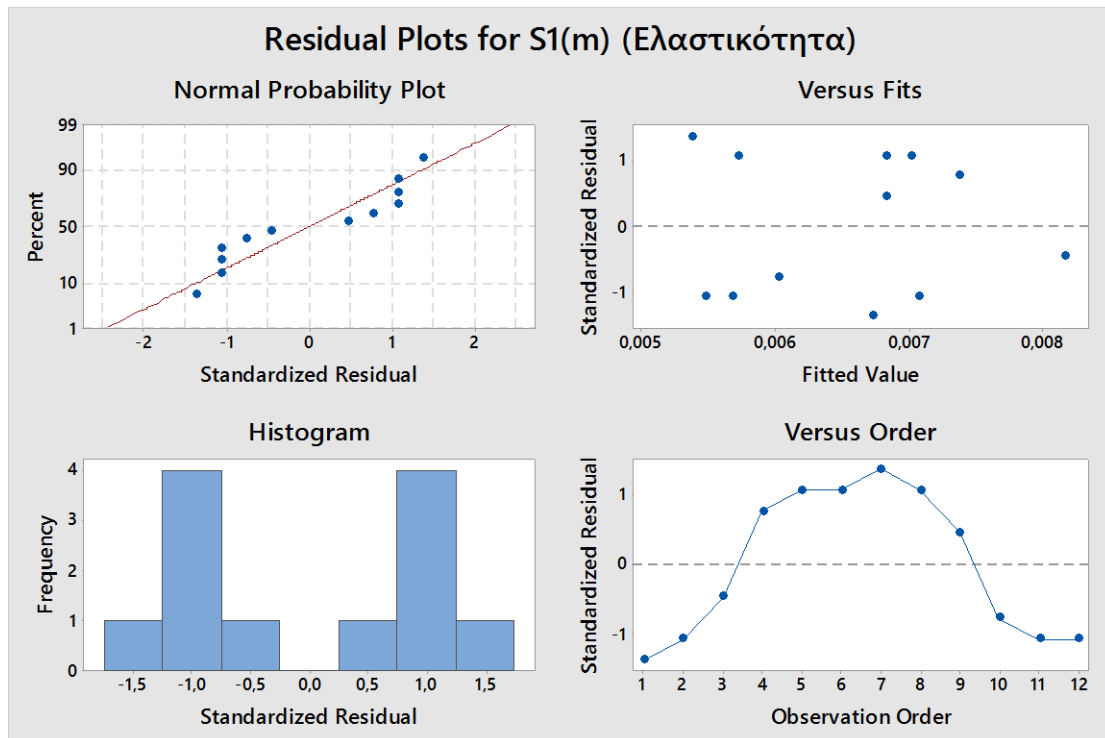
Factor coding (-1; 0; +1)

Factor Information

Factor	Type	Levels	Values
ΤΥΠΙ	Fixed	2	ΓΡΑΒΙΕΡΑ; ΛΑΔΟΤΥΠΙ
ΧΡΟΝΟΣ ΩΡΙΜΑΝΣΗΣ (ΜΗΝΕΣ)	Fixed	6	1; 2; 3; 4; 5; 6

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
ΤΥΠΙ	1	0,000005	0,000005	83,47	0,000
ΧΡΟΝΟΣ ΩΡΙΜΑΝΣΗΣ (ΜΗΝΕΣ)	5	0,000003	0,000001	8,51	0,017
Error	5	0,000000	0,000000		
Total	11	0,000009			



General Linear Model: H2 (N)(Σκληρότητα 2) versus ΩΡΙΜΑΝΣΗΣ (ΜΗΝΕΣ) Method

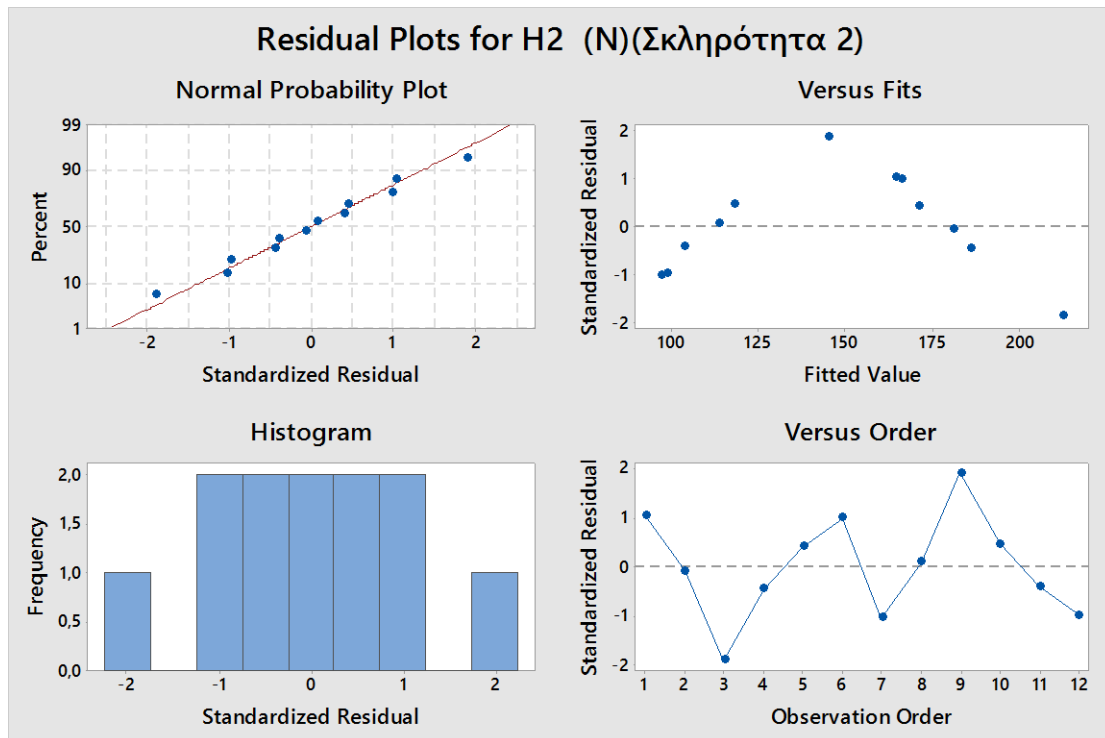
Factor coding (-1; 0; +1)

Factor Information

Factor	Type	Levels	Values
ΤΥΠΙ	Fixed	2	ΓΡΑΒΙΕΡΑ; ΛΑΔΟΤΥΠΙ
ΧΡΟΝΟΣ ΩΡΙΜΑΝΣΗΣ (ΜΗΝΕΣ)	Fixed	6	1; 2; 3; 4; 5; 6

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
ΤΥΠΙ	1	13752,0	13752,0	193,94	0,000
ΧΡΟΝΟΣ ΩΡΙΜΑΝΣΗΣ (ΜΗΝΕΣ)	5	3223,9	644,8	9,09	0,015
Error	5	354,5	70,9		
Total	11	17330,5			



General Linear Model: H1 (N) (Σκληρότητα 1) versus ΩΡΙΜΑΝΣΗΣ (ΜΗΝΕΣ) Method

Factor coding (-1; 0; +1)

Factor Information

Factor	Type	Levels	Values
ΤΥΠΙ	Fixed	2	ΓΡΑΒΙΕΡΑ; ΛΑΔΟΤΥΠΙ
ΧΡΟΝΟΣ ΩΡΙΜΑΝΣΗΣ (ΜΗΝΕΣ)	Fixed	6	1; 2; 3; 4; 5; 6

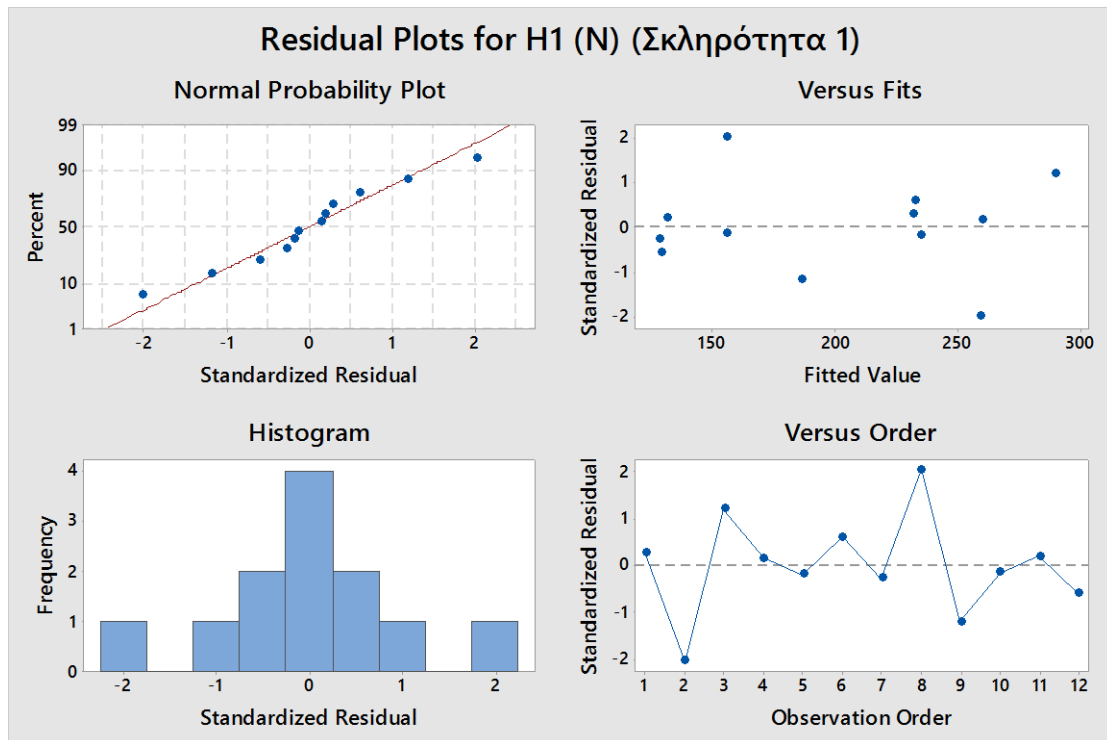
Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
ΤΥΠΙ	1	32209,4	32209,4	1280,35	0,000
ΧΡΟΝΟΣ ΩΡΙΜΑΝΣΗΣ (ΜΗΝΕΣ)	5	5196,0	1039,2	41,31	0,000
Error	5	125,8	25,2		
Total	11	37531,3			

Fits and Diagnostics for Unusual Observations

Obs	H1 (N) (Σκληρότητα 1)	Fit	Resid	Std Resid	
2	253,07	259,62	-6,55	-2,02	R

8 162,55 156,00 6,55 2,02 R
R Large residual



General Linear Model: B (N)(Ευθραυστότητα) versus ΩΡΙΜΑΝΣΗΣ (ΜΗΝΕΣ) Method

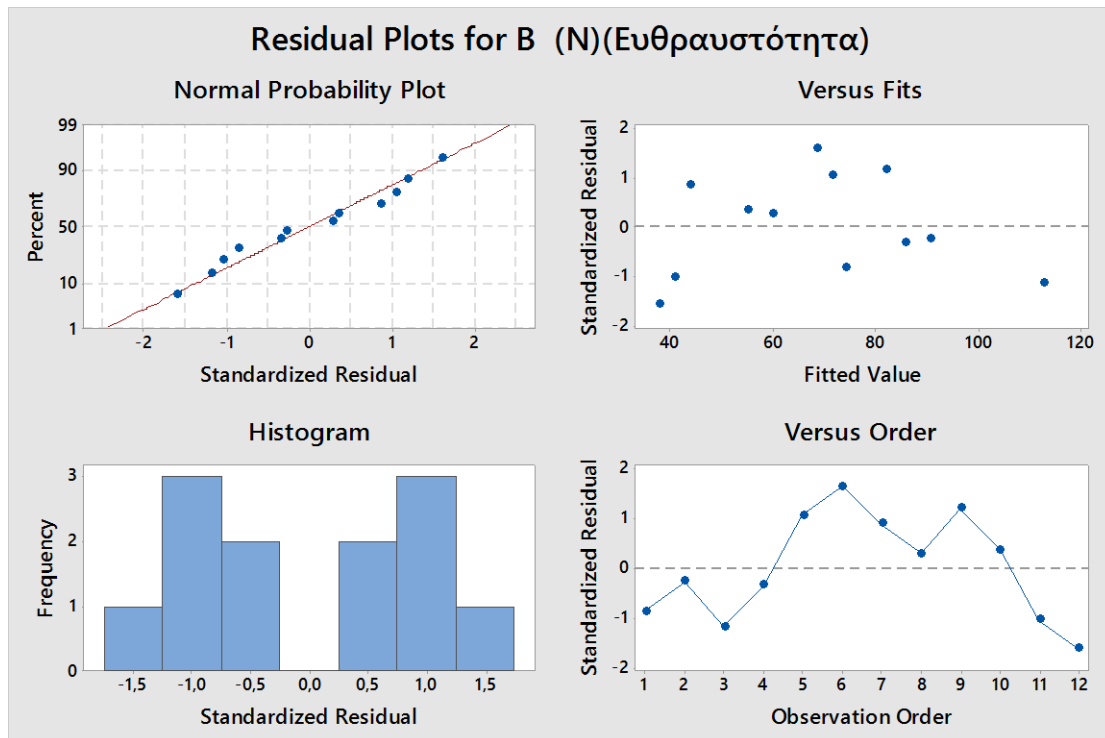
Factor coding (-1; 0; +1)

Factor Information

Factor	Type	Levels	Values
ΤΥΠΙ	Fixed	2	ΓΡΑΒΙΕΡΑ; ΛΑΔΟΤΥΠΙ
ΧΡΟΝΟΣ ΩΡΙΜΑΝΣΗΣ (ΜΗΝΕΣ)	Fixed	6	1; 2; 3; 4; 5; 6

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
ΤΥΠΙ	1	2832,68	2832,68	1049,34	0,000
ΧΡΟΝΟΣ ΩΡΙΜΑΝΣΗΣ (ΜΗΝΕΣ)	5	2743,59	548,72	203,27	0,000
Error	5	13,50	2,70		
Total	11	5589,77			



General Linear Model: B (N)(Ευθραυστότητα) versus ΩΡΙΜΑΝΣΗΣ (ΜΗΝΕΣ) Method

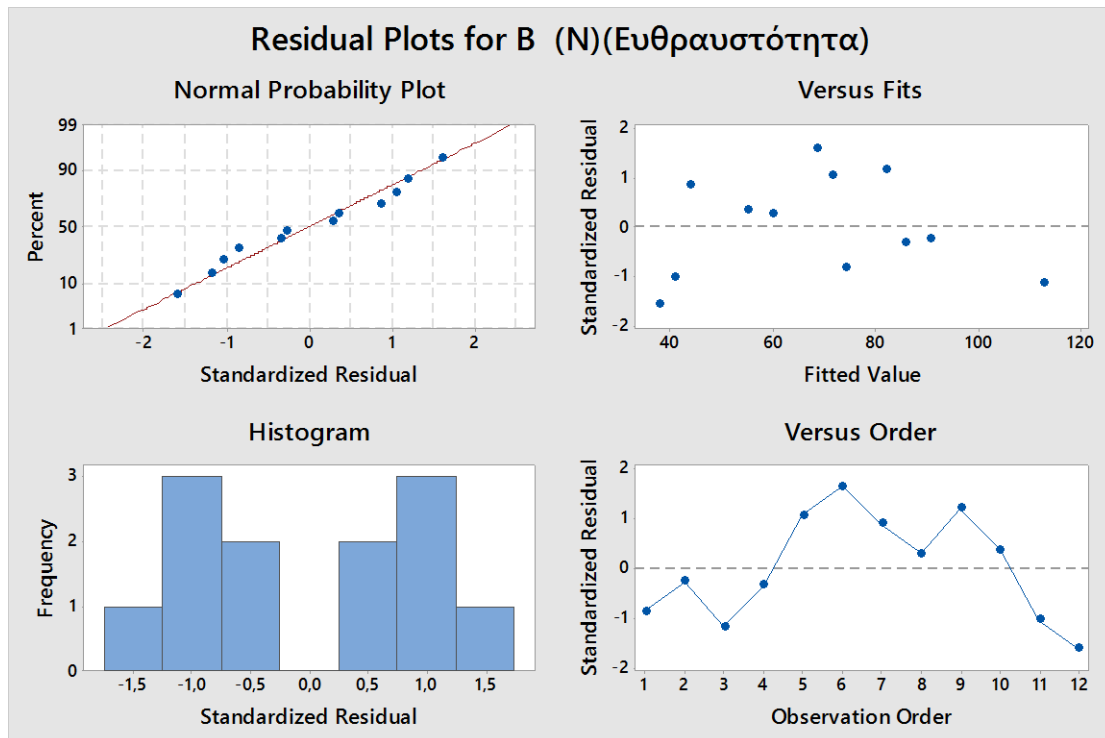
Factor coding (-1; 0; +1)

Factor Information

Factor	Type	Levels	Values
ΤΥΠΙ	Fixed	2	ΓΡΑΒΙΕΡΑ; ΛΑΔΟΤΥΠΙ
ΧΡΟΝΟΣ ΩΡΙΜΑΝΣΗΣ (ΜΗΝΕΣ)	Fixed	6	1; 2; 3; 4; 5; 6

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
ΤΥΠΙ	1	2832,68	2832,68	1049,34	0,000
ΧΡΟΝΟΣ ΩΡΙΜΑΝΣΗΣ (ΜΗΝΕΣ)	5	2743,59	548,72	203,27	0,000
Error	5	13,50	2,70		
Total	11	5589,77			



**Correlation: ΟΑ; ΠΡΩΤΕΙΝΗ; Fr/F0; ΜΠΑ; pH; Λίπος (%);
... υστότητα)
Correlations**

	ΟΑ	ΠΡΩΤΕΙΝΗ	Fr/F0	ΜΠΑ
ΠΡΩΤΕΙΝΗ	0,992			
	0,000			
Fr/F0	0,485	0,556		
	0,110	0,060		
ΜΠΑ	-0,416	-0,364	-0,186	
	0,179	0,245	0,562	
pH	-0,150	-0,102	-0,161	0,933
	0,642	0,753	0,616	0,000
Λίπος (%)	-0,270	-0,183	0,461	0,717
	0,396	0,570	0,132	0,009
Τέφρα (%)	0,408	0,480	0,507	0,564
	0,188	0,114	0,092	0,056
Υγρασία (%)	-0,464	-0,526	-0,410	-0,573
	0,128	0,079	0,186	0,052
C (A2/A1) (Συνεκ)	0,752	0,799	0,754	0,084

	0,005	0,002	0,005	0,796
S1(m) (Ελαστικότη	0,729	0,776	0,747	0,110
	0,007	0,003	0,005	0,733
H2 (N)(Σκληρότη	0,804	0,844	0,666	0,090
	0,002	0,001	0,018	0,780
H1 (N) (Σκληρότη	0,838	0,878	0,655	0,060
	0,001	0,000	0,021	0,853
B (N)(Ευθραυστό	0,800	0,845	0,860	-0,151
	0,002	0,001	0,000	0,640
	pH	Λίπος (%)	Τέφρα (%)	Υγρασία (%)
Λίπος (%)	0,616			
	0,033			
Τέφρα (%)	0,700	0,646		
	0,011	0,023		
Υγρασία (%)	-0,751	-0,579	-0,965	
	0,005	0,049	0,000	
C (A2/A1) (Συνεκ	0,238	0,371	0,818	-0,787
	0,456	0,235	0,001	0,002
S1(m) (Ελαστικότη	0,253	0,386	0,832	-0,785
	0,427	0,215	0,001	0,002
H2 (N)(Σκληρότη	0,279	0,307	0,794	-0,813
	0,379	0,332	0,002	0,001
H1 (N) (Σκληρότη	0,279	0,262	0,805	-0,830
	0,380	0,411	0,002	0,001
B (N)(Ευθραυστό	-0,018	0,262	0,661	-0,623
	0,956	0,412	0,019	0,031
	C (A2/A1)	S1(m)	H2	H1 (N)
	(Συνεκ	(Ελαστικότη	(N)(Σκληρότη	(Σκληρότη
S1(m)	0,992			
(Ελαστικότη	0,000			
H2	0,977	0,957		
(N)(Σκληρότη	0,000	0,000		
H1 (N)	0,958	0,943	0,981	
(Σκληρότη				

	0,000	0,000	0,000	
B	0,958	0,943	0,930	0,916
(N)(Ευθραυστό	0,000	0,000	0,000	0,000
		<i>Cell Contents</i>		
		<i>Pearson correlation</i>		
		<i>P-Value</i>		