



**ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ &
ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Μελέτη των ρεολογικών ιδιοτήτων και των οργανοληπτικών
χαρακτηριστικών γιαούρτης από βουβαλίσιο γάλα**

**ΙΩΑΝΝΙΔΟΥ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ
ΠΑΠΑΖΗΣΗ ΗΛΙΑΝΑ-ΑΓΓΕΛΙΚΗ**

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2013

Μελέτη των ρεολογικών ιδιοτήτων και των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών γιαούρτης
από βουβαλίσιο γάλα

Ιωαννίδου Παρασκευή
Παπαζήση Ηλιάννα-Αγγελική

Υποβολή Πτυχιακής διατριβής που αποτελεί μέρος των απαιτήσεων για την απονομή του
Πτυχίου του Τμήματος Τεχνολογίας Τροφίμων του ΤΕΙ Θεσσαλονίκης.

Απρίλιος 2013

Εισηγήτρια: Δημητρέλη Γεωργία

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της συγκεκριμένης πτυχιακής εργασίας, αισθανόμαστε την ανάγκη να ευχαριστήσουμε μια σειρά ανθρώπων που συνέβαλαν καθοριστικά για την διεκπεραίωση της.

Αρχικά θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε το άτομο που έπαιξε τον πιο σημαντικό ρόλο σ' αυτήν την πτυχιακή εργασία, την κα Δημητρέλη Γεωργία (Καθηγήτρια Εφαρμογών του Τμήματος Τεχνολογίας Τροφίμων του Α.Τ.Ε.Ι. Θεσσαλονίκης), τόσο για την ανάθεση της συγκεκριμένης διπλωματικής, όσο και για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση της, τις γνώσεις και την συμπαράσταση που μας προσέφερε κατά την διεξαγωγή της πειραματικής διαδικασίας, αλλά και κατά την συγγραφή της εργασίας.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα θέλαμε να αποδώσουμε στον κ. Πετρίδη Δημήτριο (Καθηγητή του Τμήματος Τεχνολογίας Τροφίμων του Α.Τ.Ε.Ι. Θεσσαλονίκης), για την αμέριστη βοήθεια που μας παρείχε σε κάθε εμπόδιο και δυσκολία που αντιμετωπίσαμε κατά την εξαγωγή των αποτελεσμάτων της στατιστικής.

Νιώθουμε ακόμη την υποχρέωση να ευχαριστήσουμε και τις μεταπτυχιακές φοιτήτριες, Ακακιάδου Λίνα και Χρυσалиδου Στέλλα που μας βοήθησαν στο πειραματικό μέρος.

Τέλος, θέλουμε να ευχαριστήσουμε τον κ. Ανδρεάδη Ανδρέα, ο οποίος διαθέτει κτηνοτροφική μονάδα στην περιοχή Λειβαδιά Κερκίνης, για την προμήθεια του βουβαλίσσιου γάλακτος.

Μελέτη των ρεολογικών ιδιοτήτων και των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών γιαούρτης
από βουβαλίσιο γάλα

Ιωαννίδου Παρασκευή
Παπαζήση Ηλιάννα-Αγγελική

ΤΕΙ Θεσσαλονίκης, Σχολή Τεχνολογίας Τροφίμων & Διατροφής, Τμήμα Τεχνολογίας
Τροφίμων, 57400 Θεσσαλονίκη Τ.Θ. 141

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η επίδραση της προσθήκης καζεϊνικών αλάτων (ΚΑ) και συμπυκνωμάτων πρωτεϊνών ορού (ΣΠΟ), του μεγέθους των λιποσφαιρίων και του χρόνου διατήρησης στα φυσικοχημικά, ρεολογικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά αναμιγμένης γιαούρτης από βουβαλίσιο γάλα. Η μελέτη της ρεολογικής συμπεριφοράς των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του τριχοειδούς ιξωδομέτρου TR-1.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, ο χρόνος επώασης για την επίτευξη της τελικής τιμής pH 4,6 παρουσίασε μείωση στα δείγματα που παρασκευάστηκαν με την προσθήκη ΣΠΟ. Η προσθήκη ΚΑ και ΣΠΟ είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της οξύτητας, της φωτεινότητας, της έντασης του λευκού χρώματος, το φαινομενικού ιξώδους, της έντασης του παχύρευστου και του δείκτη ρεολογικής συμπεριφοράς (n) των δειγμάτων γιαούρτης. Μάλιστα στην περίπτωση του φαινομενικού ιξώδους η αύξηση του ήταν μεγαλύτερη στα δείγματα που παρασκευάστηκαν με την προσθήκη ΚΑ. Η μείωση του μεγέθους των λιποσφαιρίων οδήγησε σε αύξηση της φωτεινότητας καθώς επίσης και σε αύξηση της αρεστότητας και της έντασης του λευκού χρώματος. Επιπλέον με τη μείωση του μεγέθους των λιποσφαιρίων παρατηρήθηκε αύξηση του φαινομενικού ιξώδους, του n και της έντασης της λιπαρότητας και του παχύρευστου. Η οξύτητα και η αρεστότητα της οξύτητας των δειγμάτων γιαούρτης παρουσίασαν αύξηση με την αύξηση του χρόνου διατήρησης, ενώ το φαινομενικό ιξώδες και η ένταση του παχύρευστου παρουσίασαν μείωση. Τέλος, ο n αυξήθηκε με την αύξηση του χρόνου διατήρησης των δειγμάτων γιαούρτης.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Σελίδα

1. Εισαγωγή.....	1
2. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση.....	2
2.1. Ορισμός.....	2
2.2. Τεχνολογία παρασκευής γιαούρτης.....	2
2.2.1. Επιλογή γάλακτος.....	2
2.2.2. Καθαρισμός γάλακτος.....	3
2.2.3. Τυποποίηση γάλακτος.....	3
2.2.4. Ομογενοποίηση.....	4
2.2.5. Θερμική επεξεργασία.....	4
2.2.6. Εμβολιασμός με καλλιέργεια.....	5
2.2.7. Επώαση.....	7
2.2.8. Ψύξη.....	9
2.3. Τύποι γιαούρτης.....	9
2.4. Στοιχεία ρεολογίας ρευστών.....	11
3. Σκοπός εργασίας.....	14
4. Υλικά και Μέθοδοι.....	15
4.1. Υλικά.....	15
4.2. Παρασκευή δειγμάτων.....	16
4.3. Ομογενοποίηση βουβαλίσου γάλακτος.....	17
4.4. Μέτρηση μεγέθους λιποσφαιρίων γάλακτος.....	18
4.5. Προσδιορισμός ιζώδους.....	19
4.5.1. Περιγραφή ιζωδομέτρου.....	19
4.5.2. Πειραματικές μετρήσεις.....	22
4.5.3. Επεξεργασία μετρήσεων.....	23
4.5.4. Φαινόμενα άκρων.....	24
4.5.5. Διόρθωση κινητικής ενέργειας.....	26
4.6. Φυσικοχημικές Αναλύσεις.....	26
4.6.1. Προσδιορισμός οξύτητας γάλακτος και γιαούρτης.....	26
4.6.2. Προσδιορισμός λίπους γάλακτος και γιαούρτης.....	27
4.6.3. Προσδιορισμός υγρασίας γάλακτος και γιαούρτης.....	28
4.6.4. Μέτρηση pH.....	30
4.6.5. Προσδιορισμός χρώματος γιαούρτης.....	30
4.7. Οργανοληπτικός έλεγχος.....	30
4.8. Στατιστική Ανάλυση.....	38

5. Αποτελέσματα και Συζήτηση.....	40
5.1. Κατανομή μεγέθους λιποσφαιρίων βουβαλίσσιου γάλακτος.....	40
5.2. Χρόνος επώασης δειγμάτων γιαούρτης.....	41
5.3. Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά δειγμάτων γιαούρτης.....	43
5.4. Μελέτη της ρεολογικής συμπεριφοράς των δειγμάτων γιαούρτης	48
5.5. Οργανοληπτική αξιολόγηση δειγμάτων γιαούρτης.....	54
6. Συμπεράσματα.....	61
7. Βιβλιογραφία.....	62

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η γιαούρτη είναι ένα όξινο γαλακτοκομικό προϊόν που προκύπτει από τη ζύμωση του γάλακτος, την οποία προκαλούν τα οξυγαλακτικά βακτήρια *Streptococcus thermophilus* και *Lactobacillus Bulgaricus*. Τα δύο αυτά βακτήρια αποτελούν την καλλιέργεια εκκίνησης της γιαούρτης. Πολλαπλασιάζονται με γρήγορο ρυθμό και παράγουν μεγαλύτερη ποσότητα γαλακτικού οξέος όταν εμβολιάζονται ταυτόχρονα στο γάλα. Το φαινόμενο αυτό είναι το αποτέλεσμα της σχέσης συμβίωσης που τα διακρίνει, καθώς το ένα διεγείρει την ανάπτυξη του άλλου διαμέσου των προϊόντων μεταβολισμού τους. Στο τελικό προϊόν οι πληθυσμοί των δυο αυτών μικροοργανισμών βρίσκονται σε αναλογία 1:1 (Rašić & Kurmann, 1978; Μάντης, 2005).

Η γιαούρτη μπορεί να παρασκευαστεί από διάφορα είδη γάλακτος, όπως αγελαδινό, πρόβειο, κατσικίσιο και βουβαλίσιο. Τα είδη γάλακτος διαφέρουν μεταξύ τους ως προς τη χημική τους σύσταση επηρεάζοντας φυσικά τις ιδιότητες των τελικών προϊόντων. Η χρησιμοποίηση γάλακτος με υψηλή περιεκτικότητα σε λίπος (βουβαλίσιο, πρόβειο) δίνει γιαούρτη με πλούσια κρεμώδη υφή σε σχέση με τη χρησιμοποίηση γάλακτος χαμηλής λιποπεριεκτικότητας (αγελαδινό, κατσικίσιο). Η περιεκτικότητα του γάλακτος σε πρωτεΐνη παίζει σημαντικό ρόλο στο σχηματισμό του πήγματος, εφόσον η συνεκτικότητα του προϊόντος είναι ανάλογη της περιεκτικότητας των πρωτεϊνών. Άρα η γιαούρτη από πρόβειο ή βουβαλίσιο γάλα θα είναι περισσότερο συνεκτική σε σχέση με τα υπόλοιπα είδη γάλακτος (Ζερφυρίδης, 1996). Επιπλέον, η χρησιμοποίηση του βουβαλίσιου γάλακτος για την παρασκευή γιαούρτης παρουσιάζει και άλλα πλεονεκτήματα. Το βουβαλίσιο γάλα παρουσιάζει αυξημένη περιεκτικότητα σε ασβέστιο (Khedkar et al., 2003; Ahmad et al., 2008) και μειωμένη σε χοληστερίνη σε σχέση με τα υπόλοιπα είδη γάλακτος (Agnihotri & Prasad, 1993; Khedkar et al., 2003; Park et al., 2007).

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η μελέτη της επίδρασης της προσθήκης καζεϊνικών αλάτων (ΚΑ) και συμπυκνωμάτων πρωτεϊνών ορού (ΣΠΟ), του μεγέθους των λιποσφαιρίων και του χρόνου διατήρησης στα φυσικοχημικά, ρεολογικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά αναμιγμένης γιαούρτης από βουβαλίσιο γάλα.

2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1. Ορισμός

Σύμφωνα με τον Codex Alimentarius (FAO/WHO, 1977) γιαούρτη ονομάζεται το πηγμένο γαλακτοκομικό προϊόν που παρασκευάζεται με γαλακτική ζύμωση του γάλακτος, την οποία προκαλούν οι μικροοργανισμοί *Streptococcus thermophilus* και *Lactobacillus bulgaricus*. Οι μικροοργανισμοί αυτοί πρέπει να είναι στο τελικό προϊόν άφθονοι και ζωντανοί.

2.2. Τεχνολογία παρασκευής γιαούρτης

Η παρασκευή γιαούρτης σήμερα είναι μια διαδικασία που συνδυάζει "τέχνη" και "επιστήμη". Παρακάτω περιγράφονται τα διάφορα στάδια παρασκευής της.

2.2.1. Επιλογή γάλακτος.

Το είδος του γάλακτος το οποίο θα χρησιμοποιηθεί για την παρασκευή της γιαούρτης είναι πολύ σημαντικό δεδομένου ότι τα διάφορα είδη ζώων παράγουν γάλα με χημική σύσταση, η οποία διαφέρει μεταξύ τους τόσο ποσοτικά όπως φαίνεται στον Πίνακα 2.1 όσο και ποιοτικά (μέγεθος των λιποσφαιρίων, σύσταση του λίπους, δομή των καζεϊνικών μικκυλίων κ.α.). Γάλα με αυξημένη λιποπεριεκτικότητα θα οδηγήσει στην παραγωγή γιαούρτης με κρεμώδη υφή και πλούσια γεύση. Γιαούρτη με αυξημένη συνεκτικότητα παράγεται όταν το γάλα έχει αυξημένη περιεκτικότητα πρωτεϊνών ή γενικά αυξημένο στερεό υπόλειμμα. Σε αντίθετη περίπτωση το πήγμα είναι λεπτόρρευστο (Ζερφυρίδης, 1996).

Εκτός από το είδος του γάλακτος σημαντική είναι και η ποιότητα του, η οποία επηρεάζεται τόσο από τη χημική του σύσταση όσο και από τη μικροβιολογική του κατάσταση. Η χημική σύσταση μπορεί να μεταβληθεί ακόμη και στο ίδιο είδος γάλακτος. Αυτό οφείλεται σε διάφορους παράγοντες όπως το στάδιο της γαλακτικής περιόδου, την εποχή του έτους, την διατροφή και την υγεία του ζώου κ.α. Εκτός όμως από τη μεταβολή των κύριων συστατικών, το γάλα μπορεί να περιέχει αντιμικροβιακές ουσίες όπως

υπολείμματα αντιβιοτικών και υπολείμματα απολυμαντικών. Οι ουσίες αυτές έχουν την ικανότητα να σκοτώσουν ή να αναχαιτίσουν τη δράση της μικροχλωρίδας της γιαούρτης με αποτέλεσμα η πήξη του γάλακτος να είναι ανεπαρκής και να παραχθεί γιαούρτη με μη φυσιολογική συνεκτικότητα και γεύση. Όσον αφορά τη μικροβιολογική κατάσταση του γάλακτος, πρέπει να είναι όσο το δυνατόν καλύτερη (Ζερφυρίδης, 1996).

Πίνακας 2.1. Σύνθεση του γάλακτος διαφόρων ζώων (Ζερφυρίδης, 1996).

Είδος Ζώου	Λίπος	Ολική Πρωτεΐνη	Καζεΐνη	Υδατοδιαλυτές Πρωτεΐνες	Λακτόζη	Τέφρα	Στερεό Υπόλειμμα
Αγελάδα	3,7	3,4	2,7	0,7	4,9	0,7	12,7
Πρόβατο	7,0	6,0	4,8	1,2	4,8	0,9	18,7
Κατσίκι	4,2	3,6	2,8	0,8	4,3	0,8	12,9
Βουβάλι	7,8	4,4	3,5	0,9	4,9	0,8	17,9

2.2.2. Καθαρισμός του γάλακτος

Ο σκοπός του καθαρισμού του γάλακτος είναι η απομάκρυνση των ξένων υλών που πιθανόν υπάρχουν στο γάλα αλλά και των σωματικών κυττάρων και μέρους των βακτηρίων. Η απομάκρυνση των ευμεγεθών ξένων υλών γίνεται με τη χρήση κάποιου διηθητικού μέσου (π.χ. ηθμός υφάσματος), ενώ τα σωματικά κύτταρα, τα βακτήρια, οι φυτικές ίνες, κ.α., απομακρύνονται με τη χρήση φυγοκεντρικών διηθητήρων-διαχωριστήρων (Ζερφυρίδης, 1996).

2.2.3. Τυποποίηση γάλακτος

Η τυποποίηση του γάλακτος για την παρασκευή της γιαούρτης αναφέρεται στην ρύθμιση της λιποπεριεκτικότητας και στην ρύθμιση του Στερεού Υπολείμματος Άνευ Λίπους (ΣΥΑΛ). Η ρύθμιση της λιποπεριεκτικότητας γίνεται είτε αφαιρώντας είτε προσθέτοντας λίπος (κρέμα γάλακτος), ενώ η ρύθμιση του ΣΥΑΛ γίνεται με τη συμπύκνωση του γάλακτος είτε με βρασμό όπου είναι και η πιο συνηθισμένη μέθοδος που εφαρμόζεται, είτε με κάποια άλλη μέθοδο όπως με εξάτμιση υπό κενό, με

συμπύκνωση με υπερδιήθηση ή αντίστροφη όσμωση. Η ρύθμιση του ΣΥΑΛ μπορεί να γίνει και με την προσθήκη σκόνης γάλακτος ή πρωτεϊνών ορού ή καζεϊνικών αλάτων. Η σκόνη γάλακτος προστίθεται σε ποσοστό 3-4%, ενώ οι πρωτεΐνες ορού και τα καζεϊνικά άλατα σε ποσοστό που δεν υπερβαίνει το 2% (Ζερφυρίδης, 1996).

2.2.4. Ομογενοποίηση

Με την ομογενοποίηση του γάλακτος επιδιώκεται η μείωση του μεγέθους των λιποσφαιρίων ώστε να παρεμποδίζεται η τάση που έχουν να ανέρχονται στην επιφάνεια και να σχηματίζουν ένα στρώμα κρέμας. Με αυτόν τον τρόπο το τελικό προϊόν παρουσιάζει ομοιόμορφη σύσταση και κρεμώδη υφή. Ωστόσο στην περίπτωση της παραδοσιακής γιαούρτης, όπου ο σχηματισμός πέτσας είναι επιθυμητός το γάλα δεν ομογενοποιείται. Κατά την ομογενοποίηση σε υψηλές πιέσεις παρατηρείται επίσης μείωση του μεγέθους των καζεϊνικών μικκυλίων με αποτέλεσμα την αύξηση του υδρόφιλου χαρακτήρα τους καζεΐνης και την βελτίωση της συνεκτικότητας της γιαούρτης (Μάντης, 2005).

2.2.5. Θερμική επεξεργασία

Η θερμική επεξεργασία του γάλακτος γίνεται αφενός μεν για να διευκολυνθεί η ανάπτυξη της καλλιέργειας και αφετέρου για να λάβουν χώρα στο γάλα οι φυσικοχημικές μεταβολές που θα βελτιώσουν τη συνεκτικότητα της γιαούρτης (Tamime & Robinson, 2007). Η θέρμανση του γάλακτος γίνεται σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες της παστερίωσης. Σαν άριστοι συνδυασμοί θερμοκρασιών αναφέρονται οι εξής: (1) στους 95°C για 5 min ή (2) στους 80-85°C για 20-30 min (Μάντης, 2005).

Η θερμική επεξεργασία συμβάλλει στη διευκόλυνση της ανάπτυξης της καλλιέργειας γιατί το γάλα απαλλάσσεται από όλη την μικροχλωρίδα του εκτός των σπορίων. Έτσι γίνεται ένα κατάλληλο θρεπτικό υπόστρωμα για την ανάπτυξη των μικροοργανισμών της καλλιέργειας χωρίς να υπάρχει ανταγωνισμός από άλλους μικροοργανισμούς. Επιπλέον με τη θερμική επεξεργασία παράγονται ενώσεις, οι οποίες διεγείρουν την ανάπτυξη των μικροοργανισμών της οξυγαλακτικής καλλιέργειας.

Παράδειγμα είναι το μυρμηκικό οξύ το οποίο σε μικρές ποσότητες ευνοεί την ανάπτυξη του *L. bulgaricus* (Tamime & Robinson, 2007).

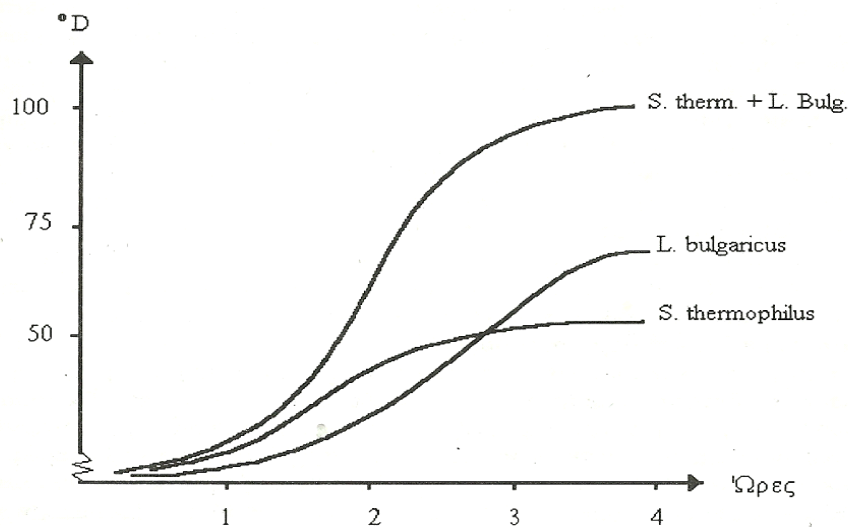
Κατά τη θερμική επεξεργασία του γάλακτος επίσης λαμβάνει χώρα μετουσίωση των πρωτεϊνών ορού και σχηματισμός συμπλόκων αρχικά μεταξύ των πρωτεϊνών ορού και στη συνέχεια μεταξύ της β-γαλακτογλοβουλίνης και της κ-καζεΐνης. Το σύμπλοκο αυτό είναι υδρόφιλο με αποτέλεσμα να μειώνεται η τάση αποβολής ορού και να αυξάνεται η συνεκτικότητα της γιαούρτης (Ζερφυρίδης, 1996).

2.2.6. Εμβολιασμός με καλλιέργεια

Μετά τη θερμική επεξεργασία του γάλακτος ακολουθεί ο εμβολιασμός του με την οξυγαλακτική καλλιέργεια, η οποία αποτελείται από τους μικροοργανισμούς *S. thermophilus* και *L. bulgaricus*. Το ποσοστό εμβολιασμού κυμαίνεται από 1 έως 5%, αλλά το άριστο είναι περίπου 3% (Ζερφυρίδης, 1996). Οι μέθοδοι εμβολιασμού είναι (Ζερφυρίδης, 1996):

- 1) Σε δεξαμενές (κατά δόσεις). Το γάλα εμβολιάζεται μαζικά μέσα σε σειρά δεξαμενών και μετά είτε συσκευάζεται σε κύπελλα και επωάζεται μέχρι να πήξει (συμπαγής γιαούρτη), είτε επωάζεται μέσα στη δεξαμενή αυτή μέχρι να πήξει και μετά συσκευάζεται σε κύπελλα (αναμιγμένη γιαούρτη). Η μέθοδος έχει το πλεονέκτημα της ομοιόμορφης κατανομής της καλλιέργειας στο γάλα και της ταυτόχρονης έναρξης της ζύμωσης αλλά μειονεκτεί στο ότι κάποια βλάβη της γεμιστικής μηχανής αναγκάζει το εμβολιασμένο γάλα να περιμένει στη δεξαμενή για παρατεταμένο χρονικό διάστημα οπότε κινδυνεύει να χαλάσει.
- 2) Στην γραμμή τροφοδοσίας (on line). Κατά την μέθοδο αυτή η καλλιέργεια εμβολιάζεται στο γάλα με δοσομετρικό μηχανισμό στη γραμμή τροφοδοσίας πριν από τη συσκευασία του σε κύπελλα. Έχει το πλεονέκτημα ότι σε περίπτωση βλάβης της συσκευαστικής μηχανής το γάλα μπορεί να διατηρηθεί, αλλά μειονεκτεί ως προς το χρόνο έναρξης της ζύμωσης στα κύπελλα που προέρχονται από το γάλα της ίδιας δεξαμενής.

Οι μικροοργανισμοί που αποτελούν την καλλιέργεια της γιαούρτης μπορούν να αναπτυχθούν ο καθένας ξεχωριστά αλλά και μαζί σαν μία καλλιέργεια (ανάμικτη καλλιέργεια) για την παραγωγή γιαούρτης. Ωστόσο έχει παρατηρηθεί ότι το γάλα πήζει γρηγορότερα, δηλαδή ο ρυθμός παραγωγής οξύτητας είναι πιο γρήγορος όταν τα δύο βακτήρια αναπτύσσονται από κοινού μέσα στο γάλα παρά όταν αναπτύσσεται το καθένα ξεχωριστά (Rašić & Kurmann, 1978). Το φαινόμενο αυτό είναι το αποτέλεσμα συμβιώσεως κατά την οποία ο ένας μικροοργανισμός υποβοηθάει τον άλλο στην ανάπτυξή του, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 2.1).



Σχήμα 2.1. Παραγωγή γαλακτικού οξέος από τα βακτήρια της γιαούρτης κατά την επώαση τους σε γάλα (Rašić & Kurmann, 1978).

Διαπιστώθηκε ότι ο *L. bulgaricus* συμβάλλει στην ανάπτυξη του *S. thermophilus* απελευθερώνοντας αμινοξέα από την καζεΐνη, το σημαντικότερο από τα οποία είναι η βαλίνη. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να αρχίσει να αναπτύσσεται ο στρεπτόκοκκος γρηγορότερα από τον λακτοβάκιλλο. Επομένως στα αρχικά στάδια παραγωγής της γιαούρτης ο στρεπτόκοκκος υπερτερεί αριθμητικά κατά 3-4 φορές του λακτοβακίλλου και η αρχική δημιουργία οξύτητας οφείλεται κυρίως στο στρεπτόκοκκο.

Έτσι όμως και ο στρεπτόκοκκος ευνοεί την ανάπτυξη του λακτοβακίλλου, ο οποίος ευδοκίμει σε όξινο περιβάλλον. Ειδικότερα, το μυρμηκικό (ή φορμικό) οξύ που παράγει ο *S. thermophilus* από την ουρία του γάλακτος, το οποίο παράγεται επίσης και κατά τη θέρμανση του γάλακτος, αποτελεί διεγερτικό παράγοντα ανάπτυξης του *L. bulgaricus*. Για αυτό στα αρχικά μεν στάδια υπερτερεί ο *S. thermophilus* αλλά όταν η οξύτητα ξεπεράσει το 1% σε γαλακτικό οξύ τότε το βακτήριο αυτό περιορίζεται δραστικά λόγω χαμηλού pH ενώ ο *L. bulgaricus* εξακολουθεί να αναπτύσσεται για αυτό και υπερτερεί αριθμητικά στην παλιά και ξινή γενικά γιαούρτη (Rašić & Kurmann, 1978; Ζερφυρίδης, 1996).

2.2.7. Επώαση

Ο *S. thermophilus* έχει άριστη θερμοκρασία ανάπτυξης στους 40°C και ο *L. bulgaricus* στους 45°C. Ωστόσο και οι δύο βρίσκονται σε άριστες θερμοκρασίες ανάπτυξης όταν επωάζονται μαζί στους 41-42°C. Ο χρόνος επώασης που απαιτείται για να πήξει το γάλα σε αυτήν την περίπτωση είναι περίπου 3 ώρες όταν όμως το ποσοστό της καλλιέργειας είναι 3% (Ζερφυρίδης, 1996).

Γαλακτική Ζύμωση

Το γάλα μετά τον εμβολιασμό του με την καλλιέργεια υφίσταται διάφορες ζυμώσεις, η κυριότερη από τις οποίες είναι η γαλακτική ζύμωση που συντελεί και στην πήξη του γάλακτος. Οι μικροοργανισμοί της καλλιέργειας για να αναπτυχθούν παίρνουν την ενέργεια που χρειάζονται από την διάσπαση της λακτόζης. Η διάσπαση της λακτόζης γίνεται μέσα στο βακτηριακό κύτταρο από το ένζυμο λακτάση ή β - γαλακτοσιδάση. Η λακτόζη διασπάται από την λακτάση σε γλυκόζη και γαλακτόζη. Η γλυκόζη με την επίδραση συστήματος ενζύμων γλυκολύεται σε γαλακτικό οξύ, ενώ μόνο ένα μικρό μέρος της γαλακτόζη διασπάται, αφού μετατραπεί πρώτα σε γλυκόζη (Ζερφυρίδης, 1996).

Σχηματισμός του πηγματος

Ο σχηματισμός του πηγματος κατά την παραγωγή της γιαούρτης είναι το αποτέλεσμα της αλληλεπιδράσεως πολλών συστατικών, αν και εμφανώς οφείλεται στις πρωτεΐνες.

Η πλέον σημαντική πρωτεΐνη για το σχηματισμό του πήγματος είναι η καζεΐνη. Αυτή αποτελεί το 80% των πρωτεϊνών του γάλακτος. Η κύρια μάζα της είναι υπό μορφή μικκυλίων σφαιροειδούς μορφής διαμέτρου 300 μm συνδεδεμένων μεταξύ τους με ασβέστιο και φωσφορικό ασβέστιο. Το σύμπλοκο πολλές φορές λέγεται και φωσφοκαζεϊνικό ασβέστιο και περιέχει περίπου 8% ανόργανο ασβέστιο και φώσφορο. Η καζεΐνη δεν είναι ομοιογενής ουσία. Έτσι το σύμπλοκο της καζεΐνης αποτελείται από την α_s και β -καζεΐνη σταθεροποιούμενες με την παρουσία της κ-καζεΐνης και του ασβεστίου και φωσφορικού ασβεστίου. Η σταθεροποίηση του συμπλόκου και η διατήρηση του σε κολλοειδή κατάσταση οφείλεται και στα ηλεκτρικά φορτία τα οποία φέρει και τα οποία απωθούν τα μικκύλια και τα κρατούν σε κατάσταση αιωρήματος. Οτιδήποτε επηρεάζει την κ-καζεΐνη ή το ανόργανο ασβέστιο και φωσφορικό ασβέστιο του συμπλόκου αποσταθεροποιεί το σύμπλοκο και μπορεί να προκαλέσει τη δημιουργία του πήγματος ή την καταβύθιση της καζεΐνης. Η σταθερότητα επομένως του καζεϊνικού συμπλόκου επηρεάζεται από τη συγκέντρωση των αλάτων και ιόντων και ιδίως του pH, ενώ παρουσιάζει ανθεκτικότητα στη θέρμανση (Ζερφυρίδης, 1996).

Οι πρωτεΐνες του ορού που είναι υδατοδιαλυτές είναι περισσότερο ευαίσθητες στη θερμοκρασία. Με θέρμανση στους 90°C για 5 min μετουσιώνονται σχεδόν όλες οι πρωτεΐνες του ορού με αποτέλεσμα σε pH 4,6 – 4,7 να συσσωματώνονται, πράγμα σημαντικό για τη γιαούρτη. Με τη θέρμανση εξάλλου σχηματίζονται ελεύθερες ομάδες SH, ελαττώνεται το δυναμικό οξειδοαναγωγής που ευνοεί την ανάπτυξη της καλλιέργειας και επέρχεται αντίδραση μεταξύ των:

(α -λακταλβουμίνης) – (β -λακτογλοβουλίνης) – (κ-καζεΐνης)

που επηρεάζει το σχηματισμό του πήγματος και το ιξώδες του (Ζερφυρίδης, 1996).

Καθώς το pH του γάλακτος κατά τη ζύμωση της λακτόζης προς γαλακτικό οξύ ελαττώνεται προς το 5,2 – 5,3 μέρος του κολλοειδούς ασβεστίου και φωσφόρου μεταβάλλονται σε διαλυτή κατάσταση αποβαλλόμενα από το καζεϊνικό μικκύλιο. Έτσι το καζεϊνικό μικκύλιο αρχίζει να αποσταθεροποιείται ενώ συγχρόνως ελαττώνεται και το ηλεκτρικό του φορτίο. Σε pH 4,6 το καζεϊνικό μικκύλιο δεν έχει πλέον δεσμευμένα άλατα και βρίσκεται στο ισοηλεκτρικό του σημείο. Έτσι είναι πλήρως αποσταθεροποιημένο και με ελάχιστα ηλεκτρικά φορτία. Το ασβέστιο και το γαλακτικό οξύ σχηματίζουν γαλακτικό ασβέστιο και τα καζεϊνικά μικκύλια συσσωματώνονται και σχηματίζουν το πλέγμα (Ζερφυρίδης, 1996).

2.2.8. Ψύξη

Το τελικό στάδιο της παρασκευής της γιαούρτης περιλαμβάνει την ψύξη. Αφού η οξύτητα της γιαούρτης κατά την επώαση έχει φτάσει στην επιθυμητή τιμή, δηλαδή όταν το pH είναι περίπου 4,7, θα πρέπει να σταματήσει η περαιτέρω ζύμωση και η ανάπτυξη της οξύτητας, έτσι πραγματοποιείται η ψύξη της γιαούρτης. Με την ψύξη αναστέλλεται η ανάπτυξη των μικροοργανισμών της καλλιέργειας, καθώς επίσης και η δράση των ενζύμων, τα οποία υπάρχουν στην γιαούρτη (Ζερφυρίδης, 1996).

2.3. Τύποι γιαούρτης

Οι κυριότεροι τύποι γιαούρτης που παράγονται στην Ελλάδα και στο εξωτερικό είναι η παραδοσιακή, η στραγγιστή, η συνεκτική, η αναμιγμένη γιαούρτη, καθώς επίσης η παστεριωμένη, η κατεψυγμένη και η αφυδατωμένη γιαούρτη (Μάντης, 2005).

Παραδοσιακή γιαούρτη

Τα χαρακτηριστικά σημεία στην τεχνολογία παρασκευής της παραδοσιακής γιαούρτης είναι: (α) ο έντονος βρασμός του γάλακτος για μερική συμπύκνωση κυρίως όταν χρησιμοποιείται αγελαδινό γάλα, (β) η χρησιμοποίηση γιαούρτης προηγούμενης ημέρας ως καλλιέργειας για τον εμβολιασμό του γάλακτος και (γ) η μη ομογενοποίηση του γάλακτος ώστε να σχηματιστεί στην επιφάνεια του προϊόντος παχιά μεμβράνη (πέτσα).

Στραγγιστή γιαούρτη

Η στραγγιστή γιαούρτη είναι προϊόν με αυξημένη αναλογία στερεών. Η υψηλή περιεκτικότητα της σε ξηρή ουσία (23 – 25%) επιτυγχάνεται είτε με τον παραδοσιακό τρόπο της στράγγισης του πηγματος σε υφασμάτινους σάκους ή με φυγοκέντρηση του πηγματος γιαούρτης ή με συμπύκνωση του γάλακτος με υπερδιήθηση ή αντίστροφη όσμωση πριν από την πήξη του.

Για την παρασκευή στραγγιστής γιαούρτης με φυγοκέντρηση το πηγμα της γιαούρτης μετά την ολοκλήρωση της πήξης φυγοκεντρείται σε ειδικού τύπου διαχωριστήρες όπου με την αποβολή μέρος του ορού επιτυγχάνεται η αυξημένη περιεκτικότητα του πηγματος σε ξηρή ουσία.

Ανάλογα με τον τύπο του φυγοκεντρητή η παρασκευή γιαούρτης γίνεται από άπαχο ή πλήρες γάλα οπότε μετά τη φυγοκέντρωση απαιτείται η προσθήκη ή όχι κρέμας στο προϊόν.

Στην περίπτωση που το γάλα αγελαδινό ή πρόβειο συμπυκνώνεται με την εφαρμογή της υπερδιήθησης, η μέση σύσταση του συμπυκνώματος πρέπει να ανταποκρίνεται στην τελική σύσταση του προϊόντος, με αποτέλεσμα να μη απαιτείται μετά την πήξη η φάση της στράγγισης.

Συνεκτική γιαούρτη

Η συνεκτική γιαούρτη συναντάται περισσότερο τόσο στην ευρωπαϊκή όσο και στην εγχώρια αγορά. Προσφέρεται στην κατανάλωση σε αεροστεγή πλαστική συσκευασία, δεν έχει "πέτσα" και παράγεται ως "φυσική γιαούρτη" ή "γιαούρτη φρούτων". Για την παρασκευή της συνεκτικής γιαούρτης το γάλα ομογενοποιείται και για τον εμβολιασμό του χρησιμοποιούνται καθαρές καλλιέργειες. Η επώαση ολοκληρώνεται στους κλειστούς περιέκτες (κύπελλα) και το πήγμα δε διαταράσσεται μετά την πήξη.

Παχύρρευση ή αναμιγμένη γιαούρτη

Η τεχνολογία παρασκευής της παχύρρευστης γιαούρτης διαφέρει από τη συνεκτική γιαούρτη στο ότι το γάλα επωάζεται σε δεξαμενές, το πήγμα πολτοποιείται, θραύεται, ψύχεται, ακολουθεί ή όχι προσθήκη φρούτων και συσκευασία του προϊόντος σε ερμητικά κλειστά κύπελλα.

Παστεριωμένη γιαούρτη

Η παστερίωση της γιαούρτης μετά την επώαση εφαρμόζεται προκειμένου να αυξηθεί ο χρόνος συντήρησης του προϊόντος. Με την παστερίωση της γιαούρτης καταστρέφονται οι ζύμες, οι μύκητες και το μεγαλύτερο ποσοστό των γαλακτικών βακτηρίων. Όσο χαμηλότερη είναι η τιμή του pH της γιαούρτης τόσο μικρότερη είναι η θερμική επεξεργασία που απαιτείται για την παστερίωση.

Καταψυγμένη γιαούρτη

Καταψυγμένη γιαούρτη παρασκευάζεται μόνο από παχύρρευση (αναμιγμένη) γιαούρτη. Στη συνεκτική γιαούρτη οι σχηματιζόμενοι κρύσταλλοι κατά την κατάψυξη

βλάπτουν το πήγμα και προκαλούν διαχωρισμό ορού. Η περιεκτικότητα σε στερεά της φυσικής γιαούρτης που πρόκειται να καταψυχθεί πρέπει να είναι 13 -14 %.

Αφυδατωμένη γιαούρτη

Η αφυδάτωση της γιαούρτης γίνεται είτε με τη μέθοδο της λυοφιλίωσης ή με τη μέθοδο της εκνέφωσης. Η αφυδατωμένη γιαούρτη με τη μέθοδο της λυοφιλίωσης έχει τη μορφή λεπτόκοκκης σκόνης και μπορεί να διατηρηθεί σε θερμοκρασία δωματίου. Για την ανασύσταση της σκόνης απαιτείται προσθήκη τόσης ποσότητας νερού, όσο εκείνης που αφαιρέθηκε και ανάμειξη.

2.4. Στοιχεία ρεολογίας ρευστών

Ρεολογία ονομάζεται η επιστήμη της ροής και της παραμόρφωσης των υλικών. Ασχολείται με τη σχέση μεταξύ των δυνάμεων που ασκούνται σε ένα υλικό και τον τρόπο με τον οποίο το υλικό αντιδρά στην επίδραση της δύναμης (Darby, 1984).

Η πιο σημαντική φυσική ιδιότητα ενός ρευστού που επηρεάζει την ενεργειακή απώλεια που υφίσταται το ρευστό κατά τη ροή του είναι το ιξώδες του, που αποτελεί το μέτρο μέτρησης της εσωτερικής τριβής του ρευστού. Το ιξώδες ενός ρευστού προκαλεί την ανάπτυξη δυνάμεων που αντιστέκονται στη σχετική κίνηση γειτονικών στοιβάδων ρευστού (McClements, 1999).

Αν δύο παράλληλα επίπεδα στη μάζα ενός ρευστού κινούνται το ένα σχετικά με το άλλο, έχει βρεθεί ότι μια σταθερή δύναμη θα πρέπει να εξασκείται ώστε να διατηρείται μια σταθερή σχετική πίεση. Αν τα επίπεδα βρίσκονται σε απόσταση Z το ένα από το άλλο και αν η σχετική τους ταχύτητα είναι u , τότε η δύναμη F που απαιτείται για να διατηρήσει την κίνηση έχει βρεθεί πειραματικά να είναι ανάλογη της u και αντίστροφα ανάλογη της Z για πολλά ρευστά.

Ο συντελεστής αναλογίας ονομάζεται ιξώδες του ρευστού και συμβολίζεται ως η . Από τον ορισμό του ιξώδους έχουμε:

$$\frac{F}{A} = \eta \frac{u}{Z} \quad (1)$$

όπου F είναι η ασκούμενη δύναμη, A η επιφάνεια στην οποία ασκείται η δύναμη, Z η απόσταση μεταξύ των επιπέδων, u η ταχύτητα των επιπέδων σχετικά το ένα ως προς το άλλο και η το ιξώδες. Επίσης ο λόγος u/Z ονομάζεται ταχύτητα διάτμησης $\dot{\gamma}$ (Perry, 1999).

Νευτώνεια και μη Νευτώνεια ρευστά

Από το θεμελιώδη ορισμό του ιξώδους προκύπτει η διαφορική σχέση:

$$\frac{F}{A} = \eta \left(\frac{du}{dZ} \right) \quad (2)$$

η οποία μπορεί να γραφεί ως:

$$\tau = \eta \cdot \dot{\gamma} \quad (3)$$

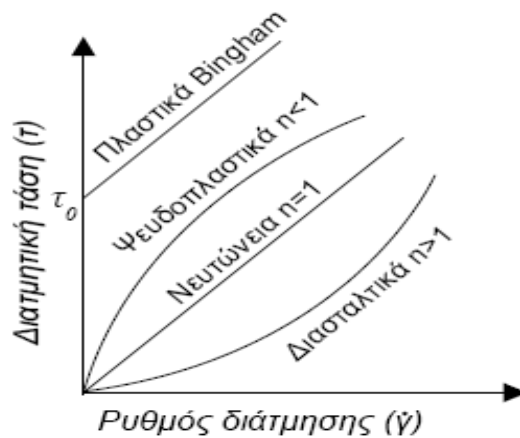
όπου τ είναι η διατμητική τάση του ρευστού. Η εξίσωση αυτή αρχικά προτάθηκε από τον Νεύτωνα και ισχύει για ρευστά όπως το νερό. Όμως για πολλά ρευστά που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία τροφίμων, οι μετρήσεις του ιξώδους δείχνουν απόκλιση από αυτή την απλή σχέση και γι' αυτό το λόγο προτάθηκε μια πιο γενική σχέση:

$$\tau = \tau_0 + k \cdot \dot{\gamma}^n \quad (4)$$

που ονομάζεται γενική εξίσωση του εκθετικού νόμου (power law) και όπου το k είναι ο δείκτης συνεκτικότητας, n ο δείκτης ρεολογικής συμπεριφοράς και τ_0 η τάση διαρροής, η οποία απαιτείται σε ορισμένα υγρά για να αρχίσουν να ρέουν. Όταν ο εκθέτης έχει τιμή 1 και $\tau_0 = 0$ τότε το ρευστό ονομάζεται Νευτώνειο, γιατί υπακούει στο νόμο του Νεύτωνα. Σε διαφορετική περίπτωση το ρευστό ονομάζεται μη Νευτώνειο. Γραφικά οι αποκλίσεις από το νόμο του Νεύτωνα παρίστανται στη ακόλουθη γραφική παράσταση (Σχήμα 5). Τα ρευστά με $n < 1$ και $\tau_0 = 0$ ονομάζονται ψευδοπλαστικά και από το σχήμα της καμπύλης τους φαίνεται ότι το ιξώδες τους είναι υψηλό σε χαμηλές τιμές ρυθμού

διάτμησης και όσο αυξάνει ο ρυθμός διάτμησης τόσο το ιξώδες ελαττώνεται. Αντίθετα όταν $n > 1$ και $\tau_0 = 0$ τότε το ρευστό ονομάζεται διασταλτικό, που σημαίνει ότι σε χαμηλές τιμές ρυθμού διάτμησης το ιξώδες είναι χαμηλό και όσο αυξάνει ο ρυθμός διάτμησης τόσο αυξάνει το ιξώδες. Τέλος, αν $n = 1$ και $\tau_0 > 0$ τα ρευστά ονομάζονται πλαστικά Bingham (Darby, 1996).

Πρέπει να σημειωθεί ότι στα ρευστά τα οποία το ιξώδες τους δεν παραμένει σταθερό αλλά μεταβάλλεται με το ρυθμό διάτμησης, έχει καθιερωθεί ο όρος φαινομενικό ιξώδες η_a .



Σχήμα 2.2. Συμπεριφορά των ρευστών ανάλογα με την τιμή του δείκτη ρεολογικής συμπεριφοράς και της διατμητικής τάσης

3. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η μελέτη της επίδρασης της προσθήκης ΚΑ και ΣΠΟ, του μεγέθους των λιποσφαιρίων και του χρόνου διατήρησης στα φυσικοχημικά, ρεολογικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά αναμιγμένης γιαούρτης από βουβαλίσιο γάλα.

4. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

4.1. Υλικά

Για την παρασκευή των δειγμάτων χρησιμοποιήθηκε βουβαλίσιο γάλα, η προμήθεια του οποίου έγινε από κτηνοτρόφο της Λειβαδιάς Σερρών στην περιοχή της λίμνης Κερκίνης, οξυγαλακτική καλλιέργεια του εμπορίου (Jointex X3, Dosi 4; CSL Centro Sperimentale, de Latte S.P.A, Zelo Buon Persico, Italy), ΚΑ (EPI INGREDIENTS, France) και ΣΠΟ (Hellenic Protein, Greece). Η σύσταση των ΚΑ και των ΣΠΟ φαίνονται στους Πίνακες 4.1 και 4.2, αντίστοιχα.

Πίνακας 4.1. Σύσταση καζεϊνικών αλάτων (ΚΑ).

Σύσταση	Περιεκτικότητα (%)
Υγρασία	≤ 6
Πρωτεΐνες	≥88,0
Λίπος	≤ 1,5
Λακτόζη	≤ 0,15
Ιχνοστοιχεία	≤ 3,9

Πίνακας 4.2. Σύσταση συμπυκνωμάτων πρωτεϊνών ορού (ΣΠΟ).

Σύσταση	Περιεκτικότητα (%)
Υγρασία	≤ 5
Πρωτεΐνες	80,0
Λίπος	3,5
Λακτόζη	10,4
Τέφρα	3,0

4.2. Παρασκευή δειγμάτων

Η μεταφορά του γάλακτος πραγματοποιήθηκε σε θερμοκρασία μικρότερη των 7°C και μέχρι να επεξεργαστεί αποθηκεύτηκε στους 4°C. Στη συνέχεια το γάλα, στραγγίστηκε με τη χρήση υφασμάτινου ηθμού (τσαντίλα) για την κατακράτηση των ευμεγεθών ξένων σωματιδίων, παστεριώθηκε (63°C για 30 min) και ψύχθηκε στους 4°C. Πριν τη χρησιμοποίησή του για την παρασκευή των δειγμάτων, προσδιορίστηκαν η οξύτητα, το pH και η περιεκτικότητα του σε λίπος. Τα αποτελέσματα των φυσικοχημικών αναλύσεων του γάλακτος είναι τα εξής: Οξύτητα εκφρασμένη σε γαλακτικό οξύ 0,24%; τιμή pH 6,65; λιποπεριεκτικότητα 9%. Ακολούθησε η ομογενοποίηση του με τη χρήση συσκευής υπερήχων σε δύο διαφορετικούς χρόνους, ούτως ώστε να επιτευχθεί διαφορετικός βαθμός ομογενοποίησης (μικρό και μεγάλο μέγεθος λιποσφαιρίων). Στη συνέχεια το γάλα τοποθετήθηκε στην ψύξη μέχρι την επόμενη μέρα όπου και πραγματοποιήθηκε η προσθήκη των ΚΑ και ΣΠΟ, όπου προβλεπόταν, σε ποσοστό 1,5%. Η προσθήκη των ΚΑ και των ΣΠΟ έγινε σε ποσότητα γάλακτος θερμοκρασίας 35°C, που είχε τοποθετηθεί σε κωνική φιάλη, υπό συνεχή ανάδευση σε μαγνητικό αναδευτήρα. Ακολούθησε η θερμική επεξεργασία του γάλακτος, με και χωρίς την προσθήκη ΚΑ και ΣΠΟ, στους 95°C για 5min και η ψύξη του στους 45°C περίπου. Το γάλα στη συνέχεια εμβολιάστηκε υπό ασηπτικές συνθήκες με την οξυγαλακτική καλλιέργεια και ακολούθησε ανάδευση σε υδατόλουτρο στους 42°C για 10min. Το εμβολιασμένο γάλα μεταφέρθηκε σε αποστειρωμένους γυάλινους περιέκτες χωρητικότητας 1,5 Kg. Οι περιέκτες τοποθετήθηκαν σε επωαστικό κλίβανο στους 42°C, όπου και επώαστηκαν για περίπου 7 ώρες μέχρι το pH των δειγμάτων να μειωθεί στην τιμή 4,6. Τα δείγματα αμέσως μετά την ολοκλήρωση της επώασης βγήκαν από τον θάλαμο και αφέθηκαν σε θερμοκρασία περιβάλλοντος να ψυχθούν για 15 min. Ακολούθησε ανάδευση του πηγματος της γιαούρτης και τοποθέτηση των δειγμάτων στους 4°C για 7 ημέρες οπότε και εξετάστηκαν μαζί με καινούργια δείγματα (1 ημέρας). Τα καινούργια δείγματα παρασκευάστηκαν την προηγούμενη μέρα από αυτήν που εξετάστηκαν με τον ίδιο ακριβώς τρόπο που περιγράφεται παραπάνω. Οι φυσικοχημικές αναλύσεις του γάλακτος για την παρασκευή των καινούργιων δειγμάτων έδωσαν τα εξής αποτελέσματα: οξύτητα εκφρασμένη σε γαλακτικό οξύ 0,21%; τιμή pH 6,72; λιποπεριεκτικότητα 9%.

Τα δείγματα γιαούρτης ανάλογα με την προσθήκη ή όχι ΚΑ ή ΣΠΟ, το μέγεθος των λιποσφαιρίων και τις ημέρες συντήρησης αναφέρονται στο κείμενο ως εξής:

- Π-μ-1: Δείγμα γιαούρτης με προσθήκη ΣΠΟ, μικρού μεγέθους λιποσφαιρίων και 1 ημέρας συντήρησης.
- Π-M-1: Δείγμα γιαούρτης με προσθήκη ΣΠΟ, μεγάλου μεγέθους λιποσφαιρίων και 1 ημέρας συντήρησης.
- Π-μ-7: Δείγμα γιαούρτης με προσθήκη ΣΠΟ, μικρού μεγέθους λιποσφαιρίων και 7 ημερών συντήρησης.
- Π-M-7: Δείγμα γιαούρτης με προσθήκη ΣΠΟ, μεγάλου μεγέθους λιποσφαιρίων και 7 ημερών συντήρησης.
- Κ-μ-1: Δείγμα γιαούρτης με προσθήκη ΚΑ, μικρού μεγέθους λιποσφαιρίων και 1 ημέρας συντήρησης.
- Κ-M-1: Δείγμα γιαούρτης με προσθήκη ΚΑ, μεγάλου μεγέθους λιποσφαιρίων και 1 ημέρας συντήρησης.
- Κ-μ-7: Δείγμα γιαούρτης με προσθήκη ΚΑ, μικρού μεγέθους λιποσφαιρίων και 7 ημερών συντήρησης.
- Κ-M-7: Δείγμα γιαούρτης με προσθήκη ΚΑ, μεγάλου μεγέθους λιποσφαιρίων και 7 ημερών συντήρησης.
- μ-1: Δείγμα γιαούρτης μικρού μεγέθους λιποσφαιρίων και 1 ημέρας συντήρησης.
- Μ-1: Δείγμα γιαούρτης μεγάλου μεγέθους λιποσφαιρίων και 1 ημέρας συντήρησης.
- μ-7: Δείγμα γιαούρτης μικρού μεγέθους λιποσφαιρίων και 7 ημερών συντήρησης.
- Μ-7: Δείγμα γιαούρτης μεγάλου μεγέθους λιποσφαιρίων και 7 ημερών συντήρησης.

4.3. Ομογενοποίηση βουβαλίσου γάλακτος

Η ομογενοποίηση του γάλακτος πραγματοποιήθηκε με τη χρήση συσκευής υπερήχων UP 100H (Ultrasonic Processor hielscher, Germany) (Σχήμα 4.1). Το εύρος ταλάντωσης (Amplitude %) που χρησιμοποιήθηκε ήταν 100%. Κατά την ομογενοποίηση η θερμοκρασία του γάλακτος παρέμενε σταθερή και ίση με 35°C.

Ο χρόνος εφαρμογής των υπερήχων ήταν 30 min ή 1 h, προκειμένου να επιτευχθεί διαφορετικός βαθμός ομογενοποίησης (μεγάλο και μικρό μέγεθος λιποσφαιρίων, αντίστοιχα).



Σχήμα 4.1. Συσσκευή υπερήχων (UP 100H).

4.4. Μέτρηση μεγέθους λιποσφαιρίων γάλακτος

Η μέτρηση του μεγέθους των λιποσφαιρίων έγινε για να ελεγχθεί ο επιθυμητός βαθμός ομογενοποίησης του βουβαλίσσιου γάλακτος.

Οι μετρήσεις του μεγέθους των λιποσφαιρίων έγιναν με τον μετρητή μεγέθους σωματιδίων MASTERSIZER 2000 (MALVERN INSTRUMENTS, Ltd) (Σχήμα 4.2). Μια επαρκής ποσότητα όγκου (5-15 ml) από το δείγμα γάλακτος προστέθηκε σε 600 ml απεσταγμένο νερό σε ποτήρι ζέσεως ώστε να επιτευχθεί τιμή για το *obscuration* μεταξύ 2-4%. Το *obscuration* βοηθά ώστε να ρυθμιστεί η συγκέντρωση του δείγματος στο αιώρημα. Δηλαδή αποτελεί μέτρο της ποσότητας του δείγματος από το οποίο διέρχεται η δέση φωτός (Malvern, 1999). Το μέγεθος των λιποσφαιρίων εκφράστηκε σαν σφαίρα ισοδύναμου όγκου με μέση διάμετρο την τιμή D [4.3], εφαρμόζοντας μια καθορισμένη διαδικασία (Standard Operation Procedure/SOP), η οποία περιλάμβανε εφαρμογή

υπερήχων για 30 s πριν από την έναρξη της μέτρησης, τον κυκλοφορητή του δείγματος ρυθμισμένο στις 1500 rpm και λήψη της μέσης τιμής από πέντε μετρήσεις με 5 s καθυστέρηση η μια από την άλλη.



Σχήμα 4.2. Μετρητής μεγέθους σωματιδίων MASTERSIZER 2000.

4.5. Προσδιορισμός ιξώδους

Για τη μελέτη της ρεολογικής συμπεριφοράς των δειγμάτων γιαούρτης και τον προσδιορισμό του ιξώδους τους χρησιμοποιήθηκε το ιξωδόμετρο TR-1.

4.5.1. Περιγραφή ιξωδομέτρου

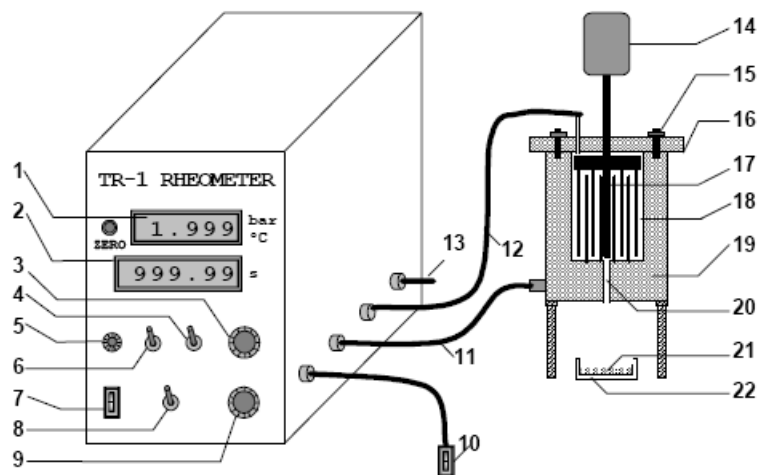
Η συσκευή αυτή (Σχήμα 4.3.) επινοήθηκε και κατασκευάστηκε στο Τμήμα Τεχνολογίας Τροφίμων του Α.Τ.Ε.Ι. Θεσσαλονίκης. Πρόκειται για ένα ρεόμετρο πνευματικού σωλήνα πολλαπλών σκοπών που αποτελείται από ένα θάλαμο, ο οποίος τροφοδοτείται με πεπιεσμένο αέρα μέσω μιας βαλβίδας εισαγωγής. Η βαλβίδα εισαγωγής ελέγχεται από μια μονάδα ελέγχου της πίεσης έτσι ώστε η πίεση στο θάλαμο του αέρα να ρυθμίζεται με ακρίβεια στην προκαθορισμένη τιμή που μπορεί να κυμαίνεται

από 0.010 έως 4.000 ± 0.001 bar. Επιπλέον, υπάρχει μια εκτονωτική βάννα για να μπορεί η πίεση στο θάλαμο του αέρα να ρυθμιστεί είτε προς τα πάνω είτε προς τα κάτω. Η αρχή λειτουργίας του οργάνου φαίνεται στο Σχήμα 4.4. Ο συμπιεσμένος αέρας από το συμπιεστή περνά μέσω ενός φίλτρου, ενός χειροκίνητου ρυθμιστή και της βαλβίδας εισαγωγής V1 στο θάλαμο αέρα. Η βαλβίδα εισαγωγής V1 και η βαλβίδα εξόδου V2 ελέγχονται μέσω μιας μονάδας μέτρησης και ελέγχου, έτσι ώστε η πίεση στο θάλαμο να σταθεροποιείται στην επιθυμητή τιμή. Η πίεση εφαρμόζεται στον περιέκτη του δείγματος όταν ανοίγει η βαλβίδα V3. Σε διαφορετική περίπτωση ο περιέκτης του δείγματος επικοινωνεί με την ατμόσφαιρα μέσω της V3. Η βαλβίδα V3 ελέγχεται με τη βοήθεια ενός διακόπτη ο οποίος έχει τρεις θέσεις: ανοιχτή (on), κλειστή (off) ή συγχρονισμένη με το χρονοδιακόπτη (sync).

Ανοίγοντας αυτή τη βαλβίδα, εφαρμόζεται στο ρευστό ελεγχόμενη πίεση αέρα που το αναγκάζει να ρέει μέσα από ένα σωλήνα στερεωμένο στη βάση του δοχείου με το δείγμα (Xu & Raphaelides, 1998).

Ο περιέκτης του δείγματος είναι κατασκευασμένος από ανοξείδωτο χάλυβα, έχει χωρητικότητα 30 ml, ύψος 8,6 cm και εσωτερική διάμετρο 4,9 cm. Το δοχείο είναι εφοδιασμένο με έναν αναδευτήρα ο οποίος περιστρέφεται με σταθερή προκαθορισμένη ταχύτητα ρυθμιζόμενη από τη μονάδα ελέγχου του κινητήρα. Ο αναδευτήρας αποτελείται από τέσσερις ράβδους τοποθετημένες στη σειρά. Τέσσερις επιπλέον ράβδοι είναι στερεωμένες στον πυθμένα του περιέκτη σε θέσεις που δεν περιορίζουν την κίνηση των ράβδων του αναδευτήρα.

Η θέρμανση του θαλάμου του ιζωδομέτρου γίνεται με τη βοήθεια ηλεκτρικών αντιστάσεων.



Σχήμα 4.3. Σχηματική απεικόνιση του σωληνωτού ρεομέτρου TR-1 (Dimitreli & Thomareis, 2004).

Οι αριθμοί δηλώνουν: (1) Οθόνη πίεσης/θερμοκρασίας, (2) Οθόνη χρόνου, (3) Ρύθμιση Θερμοκρασίας, (4) Διακόπτης επιλογής πίεσης/θερμοκρασίας, (5) Ρύθμιση θερμοκρασίας, (6) Επιλογή τιμής πίεσης X1/X2, (7) Διακόπτης λειτουργίας, (8) Έλεγχος βαλβίδας, ανοιχτή/κλειστή/συγχρονισμένη με το χρονόμετρο, (9) Ρύθμιση πίεσης, (10) Διακόπτης χρονομέτρου, (11) Καλώδιο ελέγχου θερμοκρασίας, (12) Έξοδος πεπιεσμένου αέρα (Βαλβίδα V3), (13) Είσοδος πεπιεσμένου αέρα (βαλβίδα εισόδου V1), (14) Κινητήρας, (15) Μπουλόνια κλεισίματος καπακιού, (16) Καπάκι, (17) Αναδευτήρας, (18) Δείγμα, (19) Περιέκτης δείγματος, (20) Τριχοειδής σωλήνας, (21) Εκρεώμενο υγρό, (22) Συλλέκτης δείγματος.

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της συσκευής είναι:

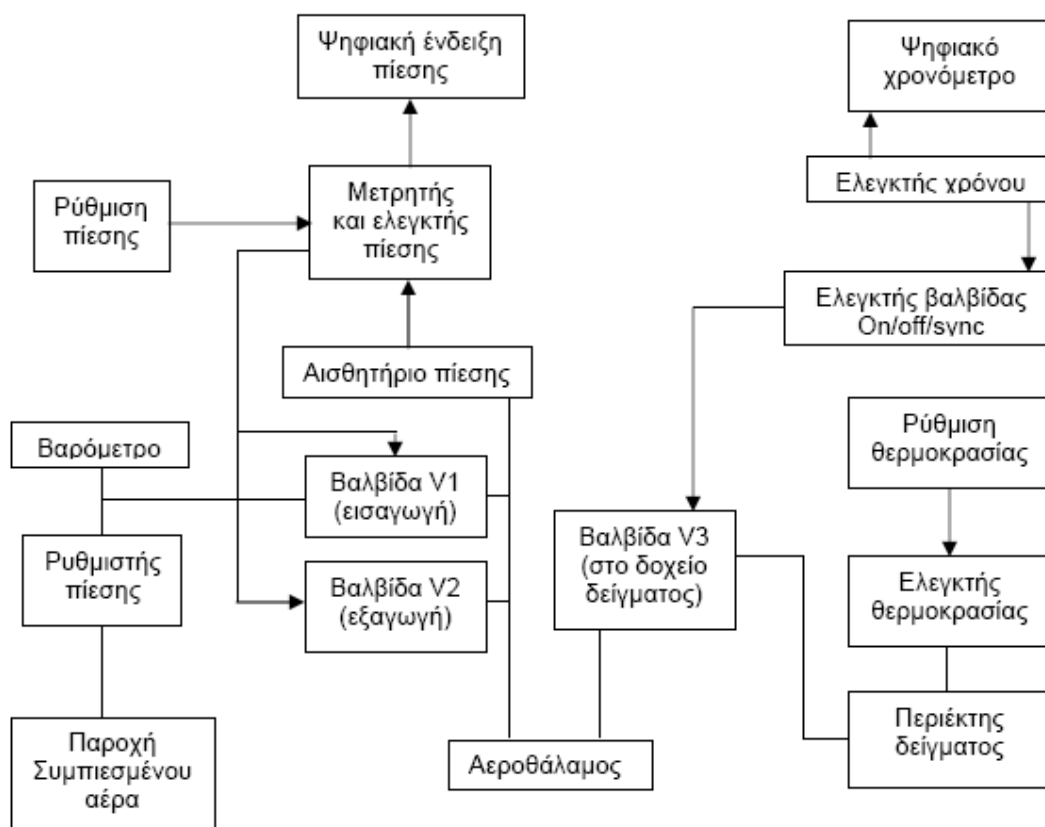
Πίεση: 0-0,07 MPa (0-0,7 bar)

Χρόνος: 0-999,99 sec.

Θερμοκρασία: Θερμοκρασία περιβάλλοντος έως 100° C

Συμπιεσμένος αέρας: 0,03-0,5 MPa (0,3-5,0 bar)

Παροχή ρεύματος: AC 220V



Σχήμα 4.4. Σχηματική απόδοση της αρχής λειτουργίας του σωληνωτού ρεομέτρου TR-1 (Xu & Raphaelides, 1998).

4.5.2. Πειραματικές μετρήσεις

Στο δοχείο του ιξωδομέτρου προστέθηκαν 30 g δείγματος, τοποθετήθηκε το καπάκι του και τέθηκε σε περιστροφή ο αναδευτήρας στις 50 rpm. Η θερμοκρασία της ηλεκτρικής αντίστασης ρυθμίστηκε στους 20°C. Μετά την επίτευξη της επιθυμητής θερμοκρασίας το δείγμα παρέμενε για επιπλέον 5 λεπτά πριν την έναρξη των μετρήσεων, ώστε όλη η μάζα του υλικού να αποκτήσει την ίδια θερμοκρασία.

Για τον προσδιορισμό του ιξώδους τους χρησιμοποιήθηκαν δύο τριχοειδείς σωλήνες διαμέτρου 2,05 και 0,975 mm και μήκους 30 και 35 mm, αντίστοιχα, οι οποίοι

προσαρμόστηκαν κατάλληλα στο σωλήνα που βρίσκεται στον πυθμένα του δοχείου του ιξωδομέτρου.

Όταν δείγμα ρέει μέσα σε σωλήνα, μετριέται ο όγκος ή το βάρος του καθώς και ο χρόνος ροής του, οπότε είναι δυνατός ο υπολογισμός του ρυθμού ροής. Το ιξώδες του υγρού υπολογίζεται μέσω της εφαρμοζόμενης πίεσης και του ρυθμού ροής. Έτσι, με μια σειρά μετρήσεων με τη χρήση διαφορετικών πιέσεων είναι δυνατό να κατασκευαστεί μια καμπύλη ροής. Για την κατασκευή της καμπύλης ροής λαμβάνονταν μετρήσεις σε επτά διαφορετικές πιέσεις για κάθε δείγμα. Η μεγαλύτερη πίεση που εφαρμόστηκε ήταν 0,7 bar και η μικρότερη 0,1 bar.

Η διαφορά μεταξύ δύο διαδοχικών πιέσεων ήταν πάντα 0,05 bar, ενώ το εύρος των πιέσεων κάθε φορά εξαρτώνταν από το πόσο λεπτόρευστο ή παχύρευστο ήταν το δείγμα.

Σε κάθε πίεση γινόταν η μέτρηση της ποσότητας του δείγματος που εξερχόταν από τον περιέκτη και του χρόνου που χρειαζόταν για να γίνει αυτό. Η συσκευή έδειχνε αυτόματα τον χρόνο μέτρησης και η ζύγιση της ποσότητας του υλικού γινόταν με τη βοήθεια ψηφιακού ζυγού με ακρίβεια 1 mg. Από αυτά τα δεδομένα είναι δυνατό να υπολογιστεί ο ρυθμός διάτμησης του υλικού για κάθε περίπτωση και να σχεδιαστούν οι γραφικές παραστάσεις ιξώδους-ρυθμού διάτμησης για κάθε μεταχείριση.

4.5.3. Επεξεργασία μετρήσεων

Για ροή σε οριζόντιο σωλήνα κυκλικής διατομής, το ιξώδες η , ενός Νευτώνειου ρευστού υπολογίζεται από το νόμο των Hagen-Poiseuille:

$$\eta = \pi D^4 \frac{\Delta P}{128QL} \quad (5)$$

όπου D είναι η διάμετρος του σωλήνα, L είναι το μήκος του, ΔP είναι η πτώση πίεσης και Q είναι η ογκομετρική παροχή.

Για μη-Νευτώνεια ρευστά το φαινομενικό ιξώδες η_a , υπολογίζεται από τη διατμητική τάση στα τοιχώματα τ_w , και την αντίστοιχη ταχύτητα διάτμησης μετά τη μη-

Νευτώνεια διόρθωση $\dot{\gamma}_{corr}$, η οποία υπολογίζεται από τη φαινομενική μη διορθωμένη ταχύτητα διάτμησης $\dot{\gamma}_{uncorr}$, με τις ακόλουθες εξισώσεις:

$$\dot{\gamma}_{uncorr} = \frac{32Q}{\pi D^3} \quad (6)$$

$$\dot{\gamma}_{corr} = \frac{\dot{\gamma}_{uncorr} \cdot (3n+1)}{4n} \quad (7)$$

$$\tau_w = \frac{\Delta P \cdot D}{4L} \quad (8)$$

$$\eta = \frac{\tau_w}{\dot{\gamma}_{corr}} \quad (9)$$

4.5.4. Φαινόμενα άκρων

Στη ροή μέσω τριχοειδούς σωλήνα, η συγκλίνουσα ροή στην είσοδο καθώς και η αποκλίνουσα ροή στην έξοδο προκαλούν πτώσεις πίεσης γνωστές ως φαινόμενα άκρων. Αυτό δείχνει πως η ροή του ρευστού σε ένα τριχοειδή σωλήνα μπορεί να διαιρεθεί σε τρεις περιοχές: την περιοχή εισόδου, την περιοχή πλήρως ανεπτυγμένης ροής και την περιοχή εξόδου. Η περιοχή εισόδου περιέχει το τμήμα του τριχοειδούς σωλήνα όπου αρχίζει να σχηματίζεται ένα οριακό δακτυλιοειδές στρώμα. Η παρουσία αυτού του στρώματος έχει ως αποτέλεσμα την εμφάνιση και των αξονικών και των ακτινικών συνιστωσών της ταχύτητας στο σημείο αυτό. Η μεταβολή της κατατομής της ταχύτητας προκαλεί απώλειες ενέργειας, και αυτό έχει ως αποτέλεσμα την μεταβολή της πίεσης με μεγαλύτερα βήματα στην περιοχή εισόδου. Η επιμηκυμένη ροή συμβάλλει επίσης στην πτώση πίεσης στην περιοχή εισόδου.

Όταν το ρευστό εξέρχεται από τον περιέκτη μέσα στον τριχοειδή σωλήνα, κατά μήκος του άξονά του, όπου ο ρυθμός διάτμησης ισούται με μηδέν, η ροή γίνεται επιμηκυμένη και το ιξώδες μπορεί να πάρει πολύ υψηλές τιμές, δίνοντας έτσι μεγαλύτερες πτώσεις πίεσης από το αναμενόμενο. Το πάχος του οριακού δακτυλιοειδούς στρώματος είναι θετική συνάρτηση της απόστασής του από την είσοδο του τριχοειδούς σωλήνα, έτσι ώστε όταν η απόσταση αυτή ισούται με την ακτίνα του σωλήνα, μια πλήρως ανεπτυγμένη ροή σχηματίζεται και σε αυτό το σημείο αρχίζει η περιοχή μέτρησης του ιξώδους. Η περιοχή εξόδου δημιουργείται από την απότομη αλλαγή των συνθηκών στα άκρα του τριχοειδούς σωλήνα. Προβλήματα που έχουν σχέση με την έκταση και την επίδραση της περιοχής εξόδου, μπορεί να δημιουργηθούν στην ερμηνεία των πειραματικών μετρήσεων.

Γενικότερα, οι εσωτερικές απώλειες λόγω τριβών, που συμβαίνουν εξαιτίας της απότομης συστολής και διαστολής του σωλήνα, είναι συνάρτηση του λόγου της επιφάνειας του περιέκτη προς την επιφάνεια του τριχοειδούς σωλήνα, της κινητικής ενέργειας της ροής του ρευστού, τη γεωμετρία των άκρων του τριχοειδούς σωλήνα και της ίδιας της φύσης του ρευστού.

Τα φαινόμενα άκρων συνήθως εκφράζονται με τη μορφή ισοδύναμου μήκους (ζD) που προστίθεται στο μήκος του σωλήνα και η πραγματική διατμητική τάση τ_{eff} υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$\tau_{eff} = \frac{\Delta P \cdot D}{4(L + \zeta D)} \quad (10)$$

Η τιμή του ζ για ένα συγκεκριμένο ρυθμό διάτμησης υπολογίζεται από την ευθεία του γραφήματος $\Delta P - \frac{L}{D}$, με την τεχνική της προέκτασης, όταν δώσουμε τιμή $\Delta P=0$. Η τεχνική αυτή είναι γνωστή ως διόρθωση του Bagley (1957). Η χρήση τριχοειδών σωλήνων με μεγάλο λόγο L/D συνιστάται έτσι ώστε τα φαινόμενα άκρων να γίνουν αμελητέα (Lapasin & Pricl, 1995).

4.5.5. Διόρθωση κινητικής ενέργειας

Όταν ένα ρευστό εκτονώνεται μέσω ενός τριχοειδούς σωλήνα στον αέρα με μεγάλη ταχύτητα, έχει ένα σημαντικό ποσό κινητικής ενέργειας. Αυτή η κινητική ενέργεια μπορεί να αντιπροσωπεύει ένα μεγάλο ποσοστό της συνολικά εφαρμοζόμενης πίεσης και θα πρέπει να γίνεται διόρθωση της με τη χρήση της παρακάτω σχέσης:

$$\Delta P = \Delta P_{obs} - \frac{\rho u^2}{\alpha} = \Delta P_{obs} - \frac{16\rho Q^2}{\alpha \pi^2 D^4} \quad (11)$$

όπου ΔP είναι η διορθωμένη πίεση, ΔP_{obs} η μετρούμενη πίεση, α ο συντελεστής διόρθωσης της κινητικής ενέργειας και ρ η πυκνότητα του ρευστού.

Ο συντελεστής α είναι συνάρτηση της κατατομής των ταχυτήτων του ρευστού που ρέει διαμέσου του τριχοειδούς σωλήνα. Για Νευτώνεια ρευστά η τιμή του α ισούται με άπειρο, ενώ για μη Νευτώνεια η τιμή του μπορεί να υπολογιστεί από τη σχέση (van Wazer et al., 1963):

$$\alpha = \frac{(4n+2)(5n+3)}{3(3n+1)^2} \quad (12)$$

Για την επεξεργασία των μετρήσεων, που έγιναν με τη χρήση του ιξωδομέτρου TR-1, χρησιμοποιήθηκε ένα πρόγραμμα υπολογιστή σε γλώσσα GW-Basic, το οποίο λαμβάνει υπόψη τις παραπάνω διορθώσεις για να υπολογίσει το ιξώδες του ρευστού σε συνάρτηση με το ρυθμό διάτμησης.

Το ιξώδες σε κάθε δείγμα γιαούρτης προσδιορίστηκε δύο φορές.

4.6. Φυσικοχημικές αναλύσεις

4.6.1. Προσδιορισμός οξύτητας γάλακτος και γιαούρτης

Η οξύτητα προσδιορίστηκε άμεσα με ογκομέτρηση. Ο προσδιορισμός βασίζεται στο ότι μία ισοδύναμη ποσότητα αλκάλειος εξουδετερώνει μία ισοδύναμη ποσότητα οξέος (Δημητρέλη, 2009).

Υλικά και όργανα

- Καυστικό νάτριο N/4
- Δείκτης φαινολοφθαλεΐνης

Τεχνική

Σε κωνική φιάλη ζυγίστηκαν 10 g γιαούρτης. Προστέθηκαν 10mL απεσταγμένου νερού, έγινε ανάμειξη, προσθήκη 2-3 σταγόνων δείκτη φαινολοφθαλεΐνης και τιτλοδότηση του δείγματος με N/4 καυστικού νατρίου μέχρι εμφάνιση ροδινού χρώματος (Αντωνίου, 2002).

Η οξύτητα σε βαθμούς Soxhlet – Henkel (S.H) υπολογίστηκε ως εξής:

$$S.H = (\alpha * 100) / \beta$$

Όπου:

α = mL N/4 καυστικού νατρίου που καταναλώθηκαν για την εξουδετέρωση της οξύτητας του δείγματος

β = βάρος του δείγματος σε g

Η σχέση που συνδέει τους βαθμούς S.H και το γαλακτικό οξύ είναι η εξής:

$$1^{\circ}SH = 0,0225\% \text{ γαλακτικό οξύ}$$

Ομοίως προσδιορίστηκε και η οξύτητα του γάλακτος σε ποσότητα δείγματος 25 mL χωρίς όμως την προσθήκη απεσταγμένου νερού (Δημητρέλη, 2009).

4.6.2. Προσδιορισμός λίπους γάλακτος και γιαούρτης

Ο προσδιορισμός λίπους έγινε με τη μέθοδο Gerber. Η μέθοδος στηρίζεται στο ότι όταν προστεθείθειικό οξύ στο γάλα διασπώνται όλα τα συστατικά του εκτός από το λίπος, το οποίο μετά την καταστροφή της μεμβράνης των λιποσφαιρίων ελευθερώνεται

και διαχωρίζεται από τα υπόλοιπα συστατικά με τη βοήθεια αμυλικής αλκοόλης και την επίδραση φυγοκέντρωσης.

Υλικά και όργανα

- Βουτυρόμετρα
- Θεϊικό οξύ
- Αμυλική αλκοόλη
- Αναλυτική ζυγαριά με ακρίβεια 0,1mg
- Φυγόκεντρος, υδατόλουτρο, σιφώνια ή συσκευές θεϊικού οξέος και αλκοόλης

Τεχνική

Σε βουτυρόμετρο προστέθηκαν 10mL θεϊικού οξέος και 11mL ποσότητα γάλακτος. Στη συνέχεια προστέθηκε 1mL αμυλική αλκοόλη και το βουτυρόμετρο πωματίστηκε. Αμέσως μετά ακολούθησε ανακίνηση με αναστροφή του βουτυρόμετρου μέχρις ότου η καζεΐνη διαλύθηκε τελείως. Ύστερα, το βουτυρόμετρο τοποθετήθηκε για φυγοκέντρωση ώστε να μην πέσει η θερμοκρασία του. Η φυγοκέντρωση έγινε στις 1000-1200 στροφές για 5min. Τέλος, έγινε απ' ευθείας η ανάγνωση του βουτυρόμετρου και έτσι μετρήθηκε το λίπος (%) του γάλακτος (Δημητρέλη, 2009).

Ομοίως έγινε και ο προσδιορισμός για τη γιαούρτη. Ζυγίστηκαν 11,33g δείγματος σε ποτήρι ζέσεως, προστέθηκαν 6mL θεϊικού οξέος και αναμίχτηκαν μέχρις ότου να διαλυθούν οι πρωτεΐνες του δείγματος. Το δείγμα μεταφέρθηκε σε βουτυρόμετρο Gerber, προστέθηκαν ακόμη 4mL θεϊικού οξέος και ο προσδιορισμός συνεχίστηκε όπως και στην περίπτωση του γάλακτος (Αντωνίου, 2002).

4.6.3. Προσδιορισμός υγρασίας γιαούρτης

Ο προσδιορισμός έγινε με τη σταθμική μέθοδο, η οποία στηρίζεται στην ξήρανση του δείγματος στους 102 ± 1 °C μέχρι σταθερού βάρους.

Υλικά και όργανα

- Αναλυτική ζυγαριά με ακρίβεια 0,1mg
- Κλίβανος ξήρανσης, με δυνατότητα διατήρησης της θερμοκρασίας στους $120 \pm 2^\circ\text{C}$
- Ξηραντήριο
- Θαλασσινή άμμος ξεπλυμένη με υδροχλωρικό οξύ

Τεχνική

20-30 g άμμου τοποθετήθηκαν στο δίσκο αλουμινίου μαζί με τη γυάλινη ράβδο και ξηράθηκαν στους $102 \pm 2^\circ\text{C}$ για 1 ώρα. Στη συνέχεια τοποθετήθηκαν στο ξηραντήριο για ψύξη και ζυγίστηκαν (α_1). Στο δίσκο αλουμινίου προστέθηκαν 5g γιαούρτης και ζυγίστηκαν με ακρίβεια 1mg (α_2). Με τη γυάλινη ράβδο αναμίχτηκε το δείγμα με την άμμο και τοποθετήθηκε στο κλίβανο στους $102 \pm 2^\circ\text{C}$ για 3 ώρες. Μετά τη ξήρανση ψύχθηκε στο ξηραντήριο και ζυγίστηκε (α_3). Η ξήρανση στο κλίβανο επαναλήφθηκε μέχρις ότου η διαφορά μεταξύ δύο διαδοχικών ζυγίσεων να ήταν μικρότερη του 1mg.

Η ξηρή ουσία του δείγματος υπολογίστηκε σύμφωνα με τον τύπο:

$$[(\alpha_3 - \alpha_1) / (\alpha_2 - \alpha_1)] * 100$$

Όπου:

α_1 : βάρος δίσκου άμμου, ράβδου

α_2 : βάρος δίσκου άμμου, ράβδου και δείγματος πριν τη ξήρανση

α_3 : βάρος δίσκου άμμου, ράβδου και δείγματος μετά τη ξήρανση

Η τιμή της ξηρής ουσίας του δείγματος είναι ο μέσος όρος των δύο μετρήσεων. Η διαφορά μεταξύ των δύο μετρήσεων δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 0,1% (Αντωνίου, 2002).

4.6.4. Μέτρηση pH

Το pH των δειγμάτων προσδιορίστηκε με το εργαστηριακό πεχάμετρο EDT Instruments GP353 ATC pH METER. Το πεχάμετρο ελέγχεται και ρυθμίζεται με τη βοήθεια των ρυθμιστικών διαλυμάτων (Buffer 4 και 7). Η θερμοκρασία του πεχαμέτρου προσαρμόζεται στη θερμοκρασία του δείγματος. Το ηλεκτρόδιο του πεχαμέτρου εμβαπτίζεται στο δείγμα της γιαούρτης και σημειώνεται η ένδειξη του οργάνου. Για τη μέτρηση του pH λαμβάνεται ο μέσος όρος δύο μετρήσεων. Η απόκλιση μεταξύ των δύο μετρήσεων δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 0,03.

4.6.5. Προσδιορισμός χρώματος γιαούρτης

Η μέτρηση του χρώματος των δειγμάτων γιαούρτης πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια χρωματομέτρου, μοντέλου Micro Color (Dr. Lange, Germany), το οποίο είναι τύπου Hunter.

Η ρύθμιση του οργάνου έγινε με πλακίδια προτύπου λευκού και μαύρου χρώματος. Μετρήθηκε η ένταση της φωτεινότητας των δειγμάτων (L^*). Το χρώμα μετρήθηκε σε μικρό εμβαδόν της επιφάνειας του τροφίμου, όπου τοποθετήθηκε μόνο η κεφαλή μέτρησης (Καζάζης, 1995).

4.7. Οργανοληπτικός έλεγχος

Στον οργανοληπτικό έλεγχο που διεξήχθη για τη γιαούρτη από βουβαλίσιο γάλα με ή χωρίς προσθήκη ΚΑ και ΣΠΟ, διαφορετικό μέγεθος λιποσφαιρίων και διαφορετικούς χρόνους διατήρησης έγινε αντικειμενική και ηδονική αξιολόγηση. Στον Πίνακα 4.3. φαίνεται το πειραματικό σχέδιο.

Πίνακας 4.3. Πειραματικό Σχέδιο

	Ημέρα Συντήρησης					
	1 ^η			7 ^η		
	Πρόσθετα					
Μέγεθος Λιποσφαιρίων	Συμπυκνώματα Πρωτεϊνών Ορού	Καζεϊνικά Άλατα	Τίποτα	Συμπυκνώματα Πρωτεϊνών Ορού	Καζεϊνικά Άλατα	Τίποτα
Μικρό	Π-μ-1	Κ-μ-1	μ-1	Π-μ-7	Κ-μ-7	μ-7
Μεγάλο	Π-M-1	Κ-M-1	M-1	Π-M-7	Κ-M-7	M-7

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε 2 φορές. Τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά που μελετήθηκαν για την αντικειμενική αξιολόγηση ήταν: η ένταση του αρώματος, η ένταση του λευκού χρώματος, η ένταση της οξύτητας, η αίσθηση της λιπαρότητας στον ουρανίσκο, η ένταση του παχύρευστου και η αποδεκτότητα ως προς την αρεστότητα (έντυπο οργανοληπτικού ελέγχου 1). Για την ηδονική αξιολόγηση, τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά που μελετήθηκαν ήταν: η ένταση του αρώματος, η ένταση του λευκού χρώματος, η ένταση της οξύτητας, η αίσθηση της λιπαρότητας στον ουρανίσκο και η ένταση του παχύρευστου (έντυπο οργανοληπτικού ελέγχου 2).

Για την βαθμολόγηση της έντασης κάθε οργανοληπτικού χαρακτηριστικού χρησιμοποιήθηκε αδιαβάθμιστη κλίμακα μήκους (15cm), αυξανόμενης έντασης από 0 έως 15cm. Η αριστερή άκρη (0cm) της κλίμακας αντιπροσώπευε τη μηδενική ένταση των εξεταζόμενων οργανοληπτικών χαρακτηριστικών ενώ το τέλος της (15cm) την εντονότερη έντασή τους.

Έντυπο οργανοληπτικού ελέγχου 1

Αντικειμενική Αξιολόγηση

Οργανοληπτικός Έλεγχος «Γιαούρτη από βουβαλίσιο γάλα»

1. Χαρακτηρίστε τα δείγματα αυτά αναφορικά με την ένταση του αρώματος.

Σημειώστε με μία κάθετη γραμμή για κάθε δείγμα τα σημεία που αντιπροσωπεύουν τη βαθμολογία σας αναφορικά με την ένταση του αρώματος πάνω στην οριζόντια κλίμακα. Σε κάθε κάθετη γραμμή σημειώστε τον αντίστοιχο κωδικό του δείγματος.

Καθόλου

Πολύ

Μέτριο

άρωμα

άρωμα

άρωμα



2. Χαρακτηρίστε τα δείγματα αυτά αναφορικά με την ένταση του λευκού χρώματος.

Σημειώστε με μία κάθετη γραμμή για κάθε δείγμα τα σημεία που αντιπροσωπεύουν τη βαθμολογία σας αναφορικά με την ένταση του χρώματος πάνω στην οριζόντια κλίμακα. Σε κάθε κάθετη γραμμή σημειώστε τον αντίστοιχο κωδικό του δείγματος.

Καθόλου

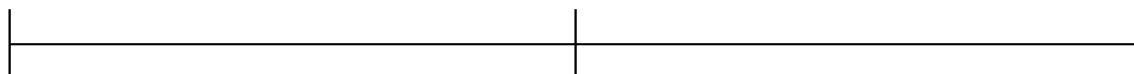
Πολύ

Μέτρια

(μικρή ένταση του
λευκού χρώματος)

(μέτρια ένταση του
λευκού χρώματος)

(μεγάλη ένταση του
λευκού χρώματος)



3. Χαρακτηρίστε τα δείγματα αυτά αναφορικά με την ένταση της οξύτητας (ξινό) στο στόμα.

Σημειώστε με μία κάθετη γραμμή για κάθε δείγμα τα σημεία που αντιπροσωπεύουν τη βαθμολογία σας αναφορικά με την αίσθηση οξύτητας πάνω στην οριζόντια κλίμακα. Σε κάθε κάθετη γραμμή σημειώστε τον αντίστοιχο κωδικό του δείγματος.



4. Χαρακτηρίστε τα δείγματα αυτά αναφορικά με την αίσθηση της λιπαρότητας στον ουρανίσκο.

Σημειώστε με μία κάθετη γραμμή για κάθε δείγμα τα σημεία που αντιπροσωπεύουν τη βαθμολογία σας αναφορικά με την αίσθηση λιπαρότητας στον ουρανίσκο πάνω στην οριζόντια κλίμακα. Σε κάθε κάθετη γραμμή σημειώστε τον αντίστοιχο κωδικό του δείγματος.



5. Χαρακτηρίστε τα δείγματα αυτά αναφορικά με την ένταση του παχύρευστου. Ως παχύρευστο ορίζεται η δύναμη που καταβάλει η γλώσσα για τη συμπίεση του δείγματος όταν αυτό βρίσκεται μεταξύ του ουρανίσκου και της γλώσσας.

Σημειώστε με μία κάθετη γραμμή για κάθε δείγμα τα σημεία που αντιπροσωπεύουν τη βαθμολογία σας αναφορικά με την αίσθηση του παχύρευστου πάνω στην οριζόντια κλίμακα. Σε κάθε κάθετη γραμμή σημειώστε τον αντίστοιχο κωδικό του δείγματος.

**Καθόλου
παχύρευστο**

**Μέτρια
παχύρευστο**

**Πολύ
παχύρευστο**



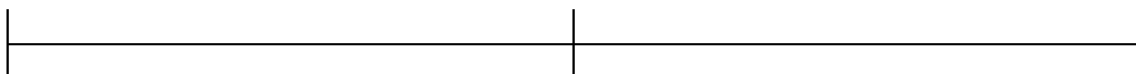
6. α. Πόσο σας αρέσουν τα δείγματα αυτά συνολικά. Χαρακτηρίστε τα αναφορικά με την συνολική αποδεκτότητά τους ως προς την αρεστότητα.

Σημειώστε με μία κάθετη γραμμή για κάθε δείγμα τα σημεία που αντιπροσωπεύουν τη βαθμολογία σας αναφορικά με την συνολική αποδεκτότητα πάνω στην οριζόντια κλίμακα. Σε κάθε κάθετη γραμμή σημειώστε τον αντίστοιχο κωδικό του δείγματος.

**Καθόλου
αποδεκτό**

**Μέτρια
αποδεκτό**

**Πολύ
αποδεκτό**



β. Αναφορικά με το δείγμα με την μέγιστη βαθμολογία της προηγούμενης ερώτησης, για ποιο από τα παραπάνω χαρακτηριστικά το βαθμολογήσατε ως το πιο αποδεκτό κατά την κρίση σας;

ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΣΧΟΛΙΑ:

Έντυπο οργανοληπτικού ελέγχου 2

Ηδονική Αξιολόγηση

Οργανοληπτικός Έλεγχος «Γιαούρτη από βουβαλίσιο γάλα»

1. Πόσο σας αρέσουν τα δείγματα αυτά αναφορικά με την ένταση του αρώματος;

Σημειώστε με μία κάθετη γραμμή για κάθε δείγμα τα σημεία που αντιπροσωπεύουν τη βαθμολογία σας αναφορικά με την αποδεκτότητα ως προς την ένταση του αρώματος πάνω στην οριζόντια κλίμακα. Σε κάθε κάθετη γραμμή σημειώστε τον αντίστοιχο κωδικό του δείγματος.

**Καθόλου
αποδεκτό**

**Μέτρια
αποδεκτό**

**Πολύ
αποδεκτό**



2. Πόσο σας αρέσουν τα δείγματα αυτά αναφορικά με την ένταση του λευκού χρώματος;

Σημειώστε με μία κάθετη γραμμή για κάθε δείγμα τα σημεία που αντιπροσωπεύουν τη βαθμολογία σας αναφορικά με την αποδεκτότητα ως προς την ένταση του χρώματος πάνω στην οριζόντια κλίμακα. Σε κάθε κάθετη γραμμή σημειώστε τον αντίστοιχο κωδικό του δείγματος.

**Καθόλου
αποδεκτό**

**Μέτρια
αποδεκτό**

**Πολύ
αποδεκτό**



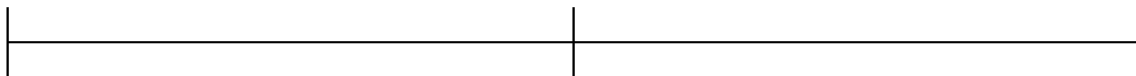
3. Πόσο σας αρέσουν τα δείγματα αυτά αναφορικά με την ένταση της οξύτητας (ξινό) στο στόμα;

Σημειώστε με μία κάθετη γραμμή για κάθε δείγμα τα σημεία που αντιπροσωπεύουν τη βαθμολογία σας αναφορικά με την αποδεκτότητα ως προς την αίσθηση της οξύτητας πάνω στην οριζόντια κλίμακα. Σε κάθε κάθετη γραμμή σημειώστε τον αντίστοιχο κωδικό του δείγματος.

**Καθόλου
αποδεκτό**

**Μέτρια
αποδεκτό**

**Πολύ
αποδεκτό**



4. Πόσο σας αρέσουν τα δείγματα αυτά αναφορικά με την αίσθηση λιπαρότητας στον ουρανίσκο;

Σημειώστε με μία κάθετη γραμμή για κάθε δείγμα τα σημεία που αντιπροσωπεύουν τη βαθμολογία σας αναφορικά με την αποδεκτότητα ως προς την αίσθηση λιπαρότητας στον ουρανίσκο πάνω στην οριζόντια κλίμακα. Σε κάθε κάθετη γραμμή σημειώστε τον αντίστοιχο κωδικό του δείγματος.

**Καθόλου
αποδεκτό**

**Μέτρια
αποδεκτό**

**Πολύ
αποδεκτό**



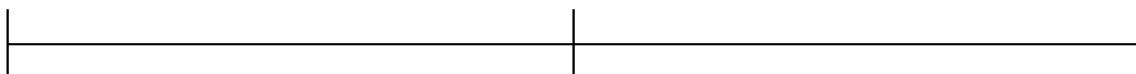
5. Πόσο σας αρέσουν τα δείγματα αυτά αναφορικά με την ένταση του παχύρευστου; Ως παχύρευστο ορίζεται η δύναμη που καταβάλλει η γλώσσα για τη συμπίεση του δείγματος όταν αυτό βρίσκεται μεταξύ του ουρανίσκου και της γλώσσας.

Σημειώστε με μία κάθετη γραμμή για κάθε δείγμα τα σημεία που αντιπροσωπεύουν τη βαθμολογία σας αναφορικά με την αποδεκτότητα ως προς την αίσθηση του παχύρευστου πάνω στην οριζόντια κλίμακα. Σε κάθε κάθετη γραμμή σημειώστε τον αντίστοιχο κωδικό του δείγματος.

**Καθόλου
αποδεκτό**

**Μέτρια
αποδεκτό**

**Πολύ
αποδεκτό**



4.8. Στατιστική ανάλυση

Η εκτίμηση του χρόνου διατήρησης, της προσθήκης ΚΑ και ΣΠΟ και του μεγέθους των λιποσφαιρίων στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά της γιαούρτης έγινε με τη χρήση ατελώς ομαδοποιημένου πειράματος (Balanced Incompleted Block Design (BIBD)). Αυτό περιλάμβανε $t=13$ μεταχειρίσεις (2 διαφορετικούς χρόνους διατήρησης (1 και 7 ημέρες συντήρησης), 3 διαφορετικές προσθήκες προσθέτων (με ή χωρίς προσθήκη ΚΑ ή ΣΠΟ) και 2 διαφορετικά μεγέθη λιποσφαιρίων (μικρά και μεγάλα)), $r=2$ επαναλήψεις, $b=13$ δοκιμαστές, $\lambda=1$ (αριθμός συνεύρεσης των συνδυασμών των μεταχειρίσεων) και $k=4$ μεταχειρίσεις για κάθε δοκιμαστή. Τα δείγματα του πειράματος ήταν 12. Έτσι προστέθηκε στο στατιστικό σχέδιο ακόμα μία μεταχείριση γιαούρτης (παρασκευασμένη με μίγμα βουβαλίσου & αγελαδινού γάλακτος) ($2 \times 6 + 1$), ώστε να προσαρμοστούν στο πλάνο που προτείνεται από τους Cochran & Cox (1957), όπως φαίνεται στον Πίνακα 4.4. Οι διορθωμένοι μέσοι όροι του οργανοληπτικού ελέγχου συγκεντρώθηκαν για τα 13 δείγματα για την κάθε επεξεργασία. Στο σημείο αυτό αποκλείστηκε το 13^ο δείγμα από περαιτέρω μελέτη και τα υπόλοιπα δείγματα μελετήθηκαν χρησιμοποιώντας την Ανάλυση Διακύμανσης τριών παραγόντων (three way ANOVA) (οι τρεις παράγοντες ήταν ο χρόνος διατήρησης, η προσθήκη προσθέτων και το μέγεθος των λιποσφαιρίων).

Τα αποτελέσματα από τις φυσικοχημικές και ρεολογικές μετρήσεις εκτιμήθηκαν επίσης με την εφαρμογή της Ανάλυση Διακύμανσης τριών παραγόντων (three way ANOVA). Όπου διαπιστώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές η ανάλυση ($p < 0,05$) συνοδεύτηκε από τον έλεγχο του Tukey (Πετρίδης, 2000).

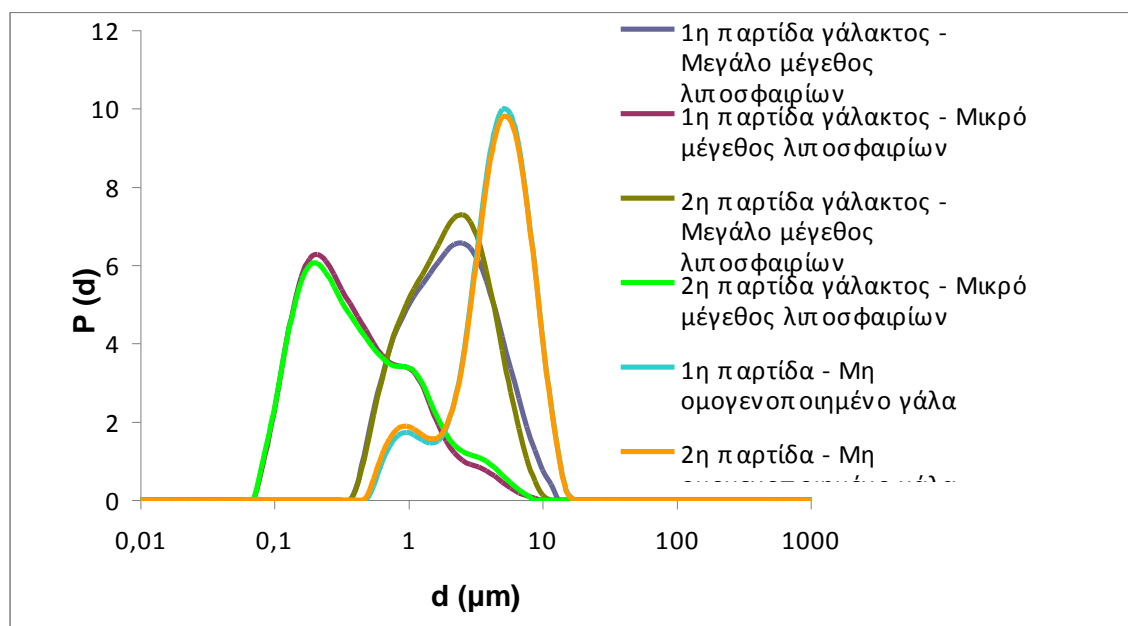
Πίνακας 4.4. Στοιχεία οργάνωσης πειραματικής διαδικασίας

Δοκιμαστής	Μεταχείριση												13	k
	Π-μ-1	Π-M-1	Κ-μ-1	Κ-M-1	μ-1	M-1	Π-μ-7	Π-M-7	Κ-μ-7	Κ-M-7	μ-7	M-7		
1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	4
2	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	4
3	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	4
4	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	4
5	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	4
6	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	4
7	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	4
8	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	4
9	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	4
10	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	4
11	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	4
12	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	4
13	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	4
n	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	52

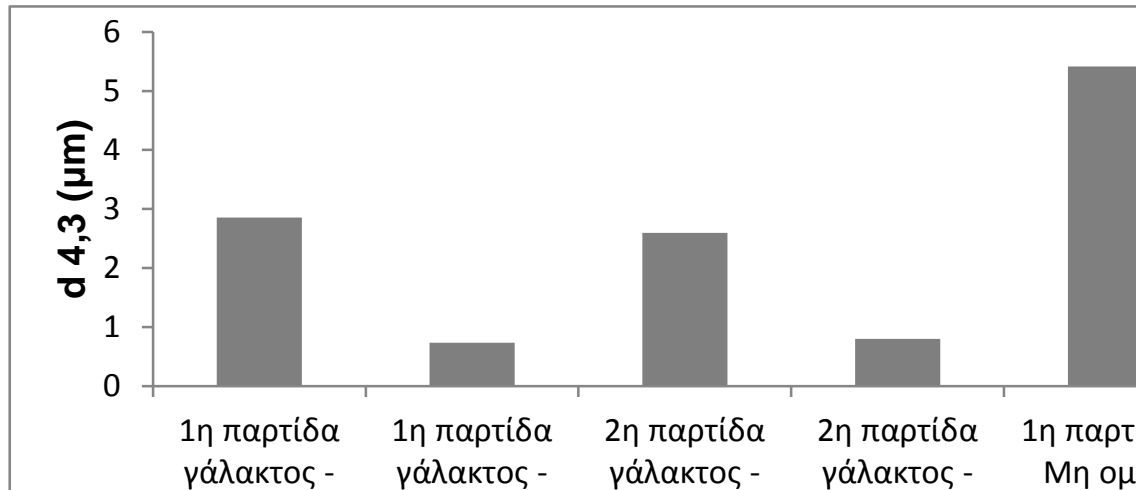
5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

5.1. Κατανομή μεγέθους λιποσφαιρίων βουβαλίσσιου γάλακτος

Στο Σχήμα 5.1 παρουσιάζεται η κατανομή μεγέθους λιποσφαιρίων για τις δύο παρτίδες γάλακτος, που χρησιμοποιήθηκαν για την παρασκευή των δειγμάτων της 1 ημέρας και των 7 ημερών, τόσο πριν όσο και μετά την ομογενοποίηση τους. Όπως παρατηρείται και για τις δύο παρτίδες η κατανομή του μεγέθους των λιποσφαιρίων είναι η ίδια τόσο για το μικρό όσο και για το μεγάλο μέγεθος λιποσφαιρίων. Επίσης, σύμφωνα με το Σχήμα 5.2 όπου φαίνεται η μέση διάμετρος των λιποσφαιρίων, παρατηρείται ότι με την ομογενοποίηση η μέση διάμετρος (d 4,3 (μm)) των λιποσφαιρίων μειώθηκε από την τιμή 5,4 στην τιμή 2,9 για το μεγάλο μέγεθος λιποσφαιρίων και στην τιμή 0,87 για το μικρό μέγεθος λιποσφαιρίων.



Σχήμα 5.1. Κατανομή μεγέθους λιποσφαιρίων.



Σχήμα 5.2. Μέση διάμετρος λιποσφαιρίων.

5.2. Χρόνος επώασης δειγμάτων γιαούρτης

Στον Πίνακα 5.1. αναφέρονται οι τιμές pH των δειγμάτων γιαούρτης αμέσως μετά την επώαση, καθώς επίσης και οι χρόνοι επώασης που χρειάστηκαν για την επίτευξη της επιθυμητής τιμής pH 4,6. Οι τιμές των μετρήσεων αναφέρονται και στις δύο παρτίδες δειγμάτων (αυτών που εξετάστηκαν την 1^η και την 7^η ημέρα).

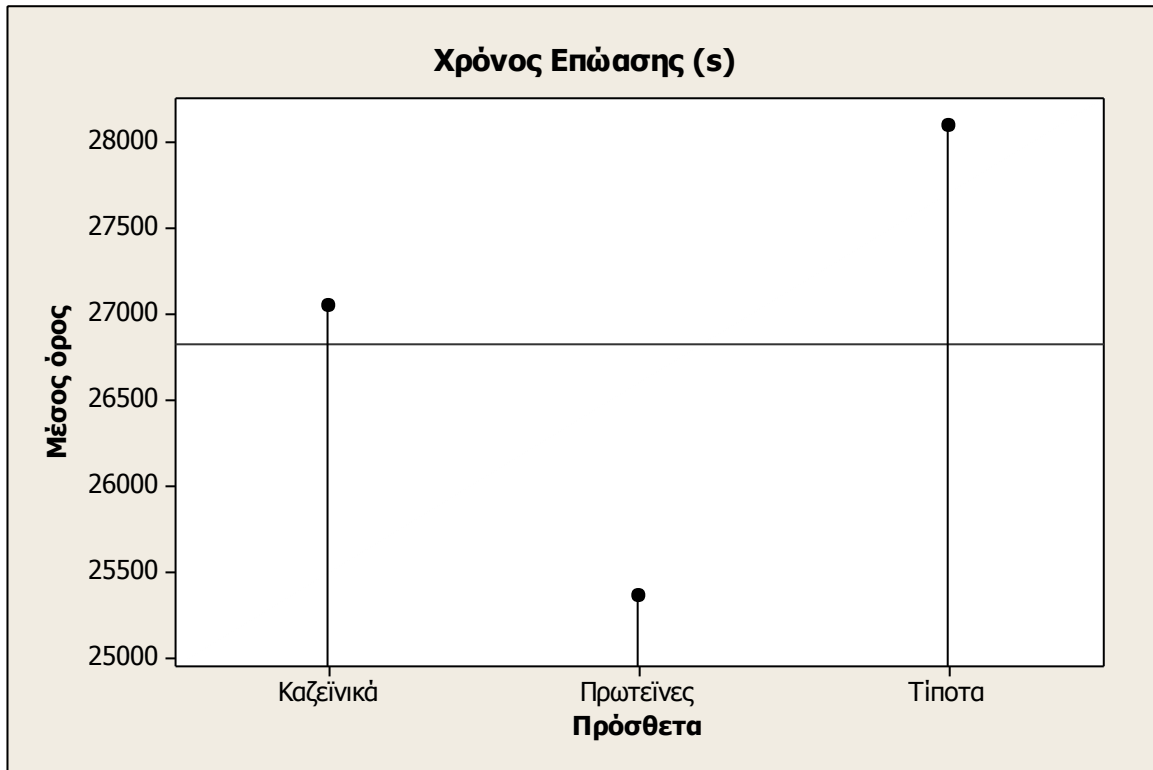
Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ANOVA δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ($p > 0,05$) των τιμών pH μεταξύ των δειγμάτων γιαούρτης που παρασκευάστηκαν με ή χωρίς την προσθήκη ΚΑ ή ΣΠΟ και με διαφορετικό μέγεθος λιποσφαιρίων ($p < 0,05$) (Παράρτημα) και για τις δύο παρτίδες δειγμάτων (1^η κ 7^η ημέρα).

Ο χρόνος επώασης για την επίτευξη τιμής pH 4,6 επηρεάζεται στατιστικά σημαντικά ($p < 0,05$) μόνο από τη χρησιμοποίηση διαφορετικών προσθέτων (Παράρτημα). Σύμφωνα με το Σχήμα 5.3, η προσθήκη ΣΠΟ είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση του χρόνου επώασης των δειγμάτων γιαούρτης. Η κατάταξη των δειγμάτων κατά φθίνουσα σειρά σύμφωνα με τον έλεγχο των πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey είναι η εξής: T-28090 = ΚΑ-27045 > ΣΠΟ-25350. Παρόμοια αποτελέσματα σε δείγματα γιαούρτης που παρασκευάστηκαν με την προσθήκη ΣΠΟ αναφέρουν οι Antunes et al. (2005). Η μείωση του χρόνου επώασης με την προσθήκη ΣΠΟ θα μπορούσε να αποδοθεί στη διέγερση της ανάπτυξης των μικροοργανισμών της καλλιέργειας εκκίνησης εξαιτίας των θρεπτικών συστατικών που υπάρχουν στα ΣΠΟ. Οι Tamine & Robinson (2007) αναφέρουν ότι υπεύθυνα για τη διέγερση των μικροοργανισμών είναι πεπτιδία και αμινοξέα, τα οποία υπάρχουν στα ΣΠΟ.

Πίνακας 5.1. Χρόνος επώασης που απαιτείται για την επίτευξη της επιθυμητής τιμής pH 4,6 των δειγμάτων γιαούρτης.

Δείγματα*	pH	Χρόνος (s)
Π-μ-1	4,64	24700
Π-M-1	4,64	25320
Π-μ-7	4,64	25380
Π-M-7	4,64	26000
Κ-μ-1	4,64	26640
Κ-M-1	4,64	26460
Κ-μ-7	4,63	27100
Κ-M-7	4,64	27980
μ-1	4,64	28340
M-1	4,64	27000
μ-7	4,64	28940
M-7	4,64	28080

* Η κωδικοποίηση των δειγμάτων αναφέρεται στην Ενότητα 4.2



Σχήμα 5.3. Επίδραση της προσθήκης ΚΑ και ΣΠΟ στο χρόνο επώασης των δειγμάτων γιαούρτης.

5.3. Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά δειγμάτων γιαούρτης

Στο Πίνακα 5.2 φαίνεται η περιεκτικότητα των δειγμάτων των δύο παρτίδων σε ξηρή ουσία (%) και λίπος (%). Σύμφωνα με την ANOVA δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ($p > 0,05$) στις τιμές της ξηρής ουσίας και του λίπους μεταξύ των δειγμάτων γιαούρτης που παρασκευάστηκαν με ή χωρίς την προσθήκη ΚΑ ή ΣΠΟ και με διαφορετικό μέγεθος λιποσφαιρίων ($p < 0,05$) (Παράρτημα) και για τις δύο παρτίδες δειγμάτων (1^η και 7^η ημέρα).

Πίνακας 5.2. Περιεκτικότητα των δειγμάτων γιαούρτης σε ξηρή ουσία (%) και λίπος (%).

Δείγματα*	Ξηρή ουσία (%)	Λίπος (%)
Π-μ-1	21,7	9,7
Π-M-1	21,2	9,5
Π-μ-7	21,5	9,3
Π-M-7	20,9	9,5
Κ-μ-1	21,1	9,6
Κ-M-1	21,4	9,7
Κ-μ-7	22,9	9,5
Κ-M-7	21,7	9,3
μ-1	22,7	9,5
M-1	21,4	9,3
μ-7	21,6	9,4
M-7	21,5	9,5

* Η κωδικοποίηση των δειγμάτων αναφέρεται στην Ενότητα 4.2

Στον Πίνακα 5.3 φαίνεται η οξύτητα των δειγμάτων γιαούρτης που παρασκευάστηκαν με ή χωρίς την προσθήκη ΚΑ ή ΣΠΟ και με διαφορετικό μέγεθος λιποσφαιρίων κατά τη διάρκεια της διατήρησής τους, εκφρασμένη ως γαλακτικό οξύ (%). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ANOVA, η οξύτητα επηρεάζεται στατιστικά σημαντικά από την προσθήκη προσθέτων και από το χρόνο διατήρησης ($p < 0,05$) (Παράρτημα).

Η περιεκτικότητα σε γαλακτικό των δειγμάτων γιαούρτης που παρασκευάστηκαν με την προσθήκη ΚΑ ή ΣΠΟ ήταν μεγαλύτερη σε σχέση με τα υπόλοιπα δείγματα (Σχήμα 5.4), παρά το γεγονός ότι όλα τα δείγματα είχαν την ίδια τιμή pH. Η κατάταξη των δειγμάτων κατά φθίνουσα σειρά σύμφωνα με τον έλεγχο των πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey είναι η εξής: ΚΑ-1,26 = ΣΠΟ-1,22 > T-1,16. Αυτό μπορεί να αποδοθεί στην αυξημένη ρυθμιστική ικανότητα του συστήματος του γάλακτος εξαιτίας της παρουσίας των καζεϊνών και των πρωτεϊνών ορού. Οι καζεΐνες και οι πρωτεΐνες ορού παρουσιάζουν έντονη ρυθμιστική ικανότητα (Salaün et al., 2005) με αποτέλεσμα να απαιτείται η παραγωγή μεγαλύτερης ποσότητας γαλακτικού οξέος από τους μικροοργανισμούς της καλλιέργειας ώστε να μειωθεί το pH των δειγμάτων στην επιθυμητή τιμή 4,6.

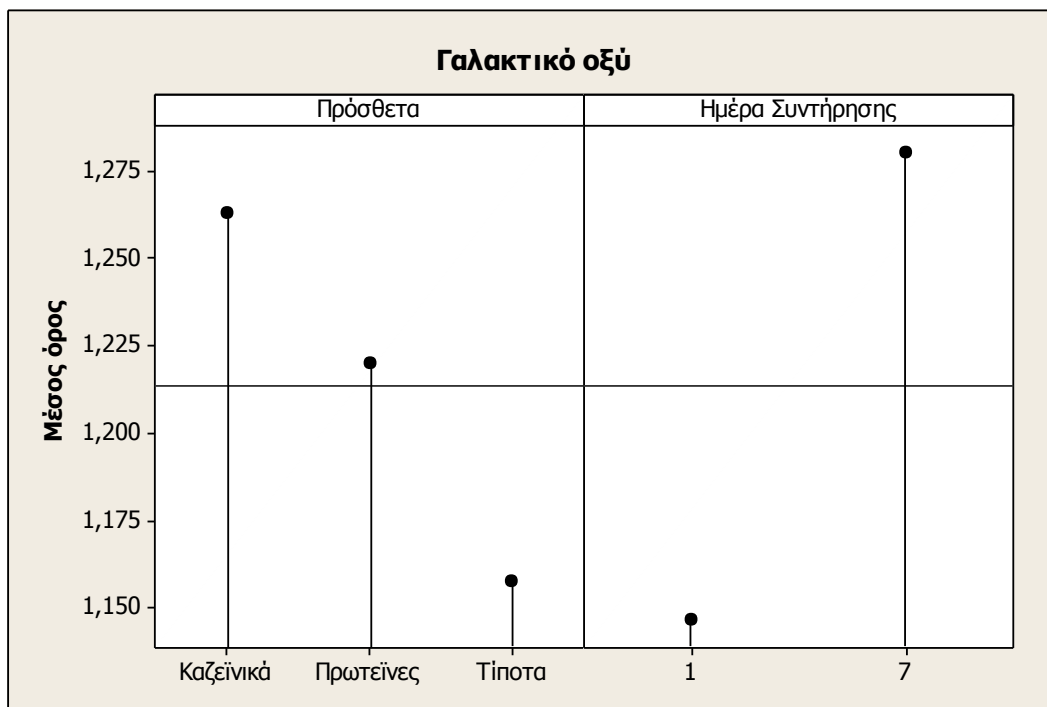
Όσον αφορά το χρόνο διατήρησης, η αύξηση του είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της οξύτητας των δειγμάτων (Σχήμα 5.4). Η κατάταξη τους κατά φθίνουσα σειρά είναι η εξής: $7^{\eta}-1,3 > 1^{\eta}-1,1$

Η αύξηση της οξύτητας των δειγμάτων γιαούρτης κατά την αποθήκευση τους οφείλεται στη μεταβολική δραστηριότητα των μικροοργανισμών της καλλιέργειας εκκίνησης, η οποία συνεχίζεται και κατά τη συντήρηση των δειγμάτων σε θερμοκρασίες ψύξης. Αύξηση της περιεκτικότητας σε γαλακτικό οξύ (%) κατά την 7^η ημέρα αποθήκευσης αναφέρουν και οι Amatayakul et al. (2006) σε δείγματα γιαούρτης, τα οποία διέφεραν μεταξύ τους ως προς τη παραγωγή ή μη εξωκυτταρικών πολυσακχαριτών από την καλλιέργεια εκκίνησης και ως προς το λόγο καζείνών/πρωτεϊνών ορού.

Πίνακας 5.3. Οξύτητα των δειγμάτων γιαούρτης εκφρασμένη σε γαλακτικό οξύ (%).

Δείγματα*	Γαλακτικό Οξύ (%)
Π-μ-1	1,15
Π-M-1	1,14
Π-μ-7	1,29
Π-M-7	1,30
Κ-μ-1	1,18
Κ-M-1	1,19
Κ-μ-7	1,35
Κ-M-7	1,33
μ-1	1,12
M-1	1,10
μ-7	1,19
M-7	1,22

* Η κωδικοποίηση των δειγμάτων αναφέρεται στην Ενότητα 4.2



Σχήμα 5.4. Επίδραση της προσθήκης ΚΑ και ΣΠΟ και του χρόνου διατήρησης στην οξύτητα των δειγμάτων εκφρασμένη ως γαλακτικό οξύ (%).

Στον Πίνακα 5.4 φαίνονται οι τιμές της φωτεινότητας των δειγμάτων γιαούρτης και για τις δύο παρτίδες δειγμάτων (1^η και 7^η ημέρα). Η εφαρμογή την ANOVA έδειξε ότι η φωτεινότητα (L^*) επηρεάζεται στατιστικά σημαντικά από τη χρησιμοποίηση διαφορετικών προσθέτων ($p < 0,05$) αλλά και από το μέγεθος των λιποσφαιρίων ($p < 0,05$) (Παράρτημα).

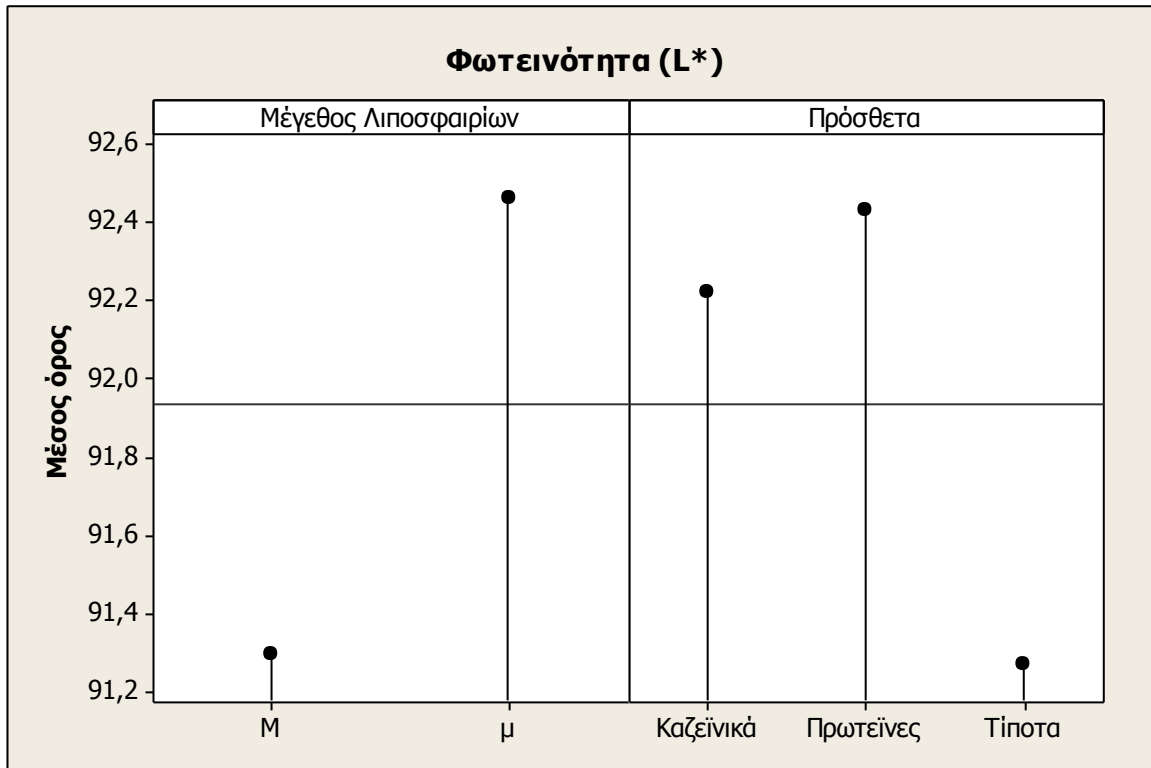
Σύμφωνα με το Σχήμα 5.5 η προσθήκη ΚΑ ή ΣΠΟ αυξάνουν τη φωτεινότητα των δειγμάτων γιαούρτης. Η κατάταξη τους κατά φθίνουσα σειρά σύμφωνα με τον έλεγχο των πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey είναι η εξής: ΚΑ-92,2 = ΣΠΟ-92,3 > Τ-91,3. Το λευκό χρώμα του γάλακτος και κατ' επέκταση της γιαούρτης οφείλεται στην αντανάκλαση του φωτός πάνω στα λιποσφαίρια και τις καζεΐνες (Μάντης, 2005). Αυτό σημαίνει ότι η αύξηση της συγκέντρωσης των καζεϊνών έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της έντασης του λευκού χρώματος των δειγμάτων και επομένως την αύξηση της φωτεινότητας τους. Η αύξηση της φωτεινότητας των δειγμάτων με την προσθήκη ΣΠΟ μπορεί να αποδοθεί στην αύξηση του μεγέθους των καζεϊνικών μικκυλίων εξαιτίας της συμπλοκοποίησης τους, λόγω θερμικής επεξεργασίας, με τις προστιθέμενες πρωτεΐνες ορού. Η αύξηση του μεγέθους των καζεϊνικών μικκυλίων αυξάνει το σκεδασμό του φωτός με αποτέλεσμα τα δείγματα γιαούρτης να παρουσιάζουν έντονο λευκό χρώμα.

Όσον αφορά το μέγεθος των λιποσφαιρίων, η μείωση του είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της φωτεινότητας των δειγμάτων (Σχήμα 5.5). Η κατάταξη τους κατά φθίνουσα σειρά σύμφωνα με τον έλεγχο των πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey είναι η εξής: $\mu-92,5 > M-91,4$. Όπως προαναφέρθηκε εκτός από τις καζεΐνες και το λίπος είναι υπεύθυνο για το λευκό χρώμα του γάλακτος. Η αύξηση της επιφάνειας του λίπους ως αποτέλεσμα της μείωση του μεγέθους των λιποσφαιρίων, αυξάνει την αντανάκλαση του φωτός με αποτέλεσμα να αυξάνεται η ένταση του λευκού χρώματος και κατ' επέκταση η φωτεινότητα των δειγμάτων.

Πίνακας 5.4. Τιμές της φωτεινότητας (L^*) των δειγμάτων γιαούρτης.

Δείγματα*	Φωτεινότητα (L^*)
Π-μ-1	92,5
Π-M-1	89,8
Π-μ-7	93,0
Π-M-7	91,8
Κ-μ-1	92,6
Κ-M-1	91,9
Κ-μ-7	92,6
Κ-M-7	91,8
μ-1	92,5
M-1	90,7
μ-7	91,6
M-7	90,3

* Η κωδικοποίηση των δειγμάτων αναφέρεται στην Ενότητα 4.2



Σχήμα 5.5. Επίδραση της προσθήκης ΚΑ και ΣΠΟ και του μεγέθους των λιποσφαιρίων στη φωτεινότητα (L*) των δειγμάτων γιαούρτης.

5.4. Μελέτη της ρεολογικής συμπεριφοράς των δειγμάτων γιαούρτης

Οι τιμές του ιξώδους και του ρυθμού διάτμησης, που προέκυψαν από την επεξεργασία των μετρήσεων του ιξωδομέτρου, μπορούν να παρασταθούν γραφικά. Η σχέση μεταξύ του ιξώδους και του ρυθμού διάτμησης είναι της μορφής:

$$\eta_a = \frac{\tau}{\dot{\gamma}} = k \dot{\gamma}^{n-1} \quad (13)$$

Ο δείκτης ρεολογικής συμπεριφοράς, ο οποίος αποτελεί μέτρο της νευτόνιας συμπεριφοράς ενός ρευστού, μπορεί να υπολογιστεί από τις καμπύλες ροής των δειγμάτων (γραφική παράσταση ιξώδους συναρτήσει της ταχύτητας διάτμησης). Οι καμπύλες ροής που προκύπτουν, είναι δυνατόν να παρασταθούν με ευθείες αν λογαριθμήσουμε τους άξονες X και Y, οπότε:

$$\log \eta_a = \log k + (n-1) \log \dot{\gamma} \quad (14)$$

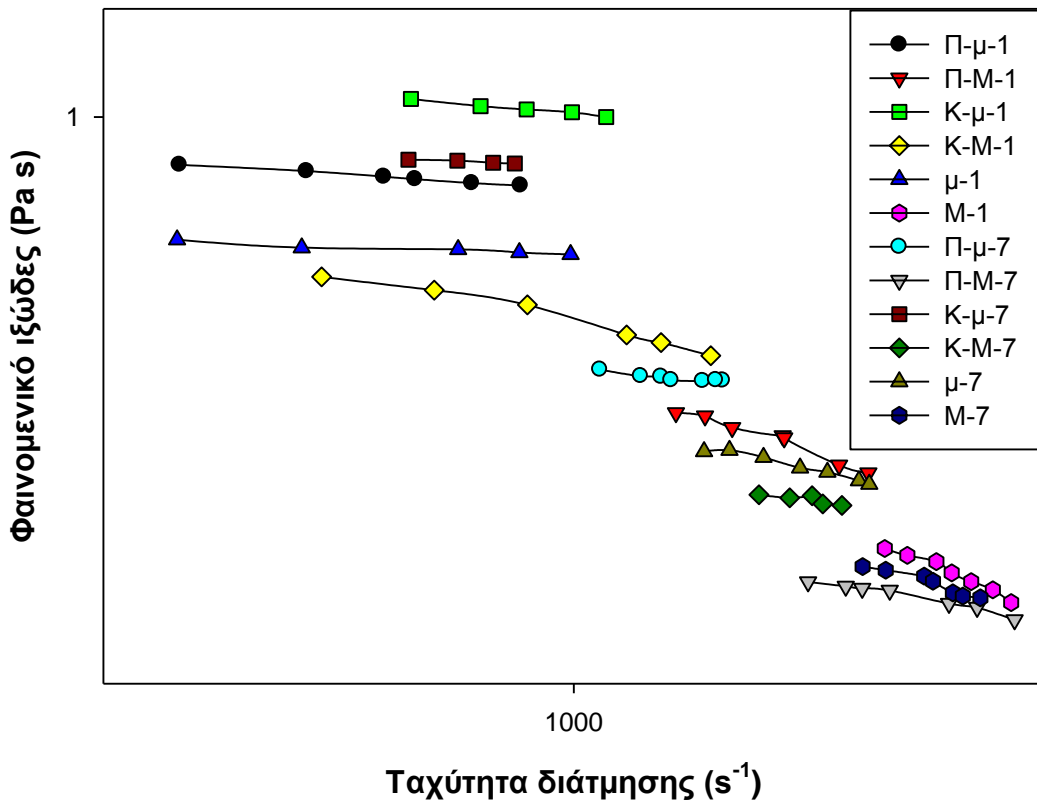
όπου $\log k$ είναι η τεταγμένη επί την αρχή των αξόνων και $n-1$ η κλίση της ευθείας η οποία είναι αρνητική για $n < 1$.

Οι τιμές του δείκτη ρεολογικής συμπεριφοράς (n) των διαφορετικών δειγμάτων γιαούρτης παρατίθενται στον Πίνακα 5.5. Στο Σχήμα 5.6 φαίνονται οι καμπύλες ροής των δειγμάτων, από τις οποίες προέκυψαν οι τιμές του n .

Πίνακας 5.5. Τιμές του δείκτη ρεολογικής συμπεριφοράς (n) των δειγμάτων γιαούρτης.

Δείγματα*	Δείκτης ρεολογικής συμπεριφοράς (n)
Π-μ-1	0,950
Π-M-1	0,720
Π-μ-7	0,948
Π-M-7	0,811
Κ-μ-1	0,949
Κ-M-1	0,772
Κ-μ-7	0,941
Κ-M-7	0,815
μ-1	0,707
M-1	0,722
μ-7	0,750
M-7	0,749

* Η κωδικοποίηση των δειγμάτων αναφέρεται στην Ενότητα 4.2



Σχήμα 5.6. Μεταβολή του ιξώδους συναρτήσει της ταχύτητας διάτμησης στα διαφορετικά δείγματα γιαούρτης (Η κωδικοποίηση των δειγμάτων αναφέρεται στην Ενότητα 4.2).

Όπως παρατηρείται στο Σχήμα 5.6 τα δείγματα που παρασκευάστηκαν με την προσθήκη ΚΑ εμφάνισαν τις μεγαλύτερες τιμές φαινομενικού ιξώδους, ακολούθησαν αυτά που παρασκευάστηκαν με προσθήκη ΣΠΟ, ενώ τις μικρότερες τιμές παρουσίασαν τα δείγματα που παρασκευάστηκαν χωρίς προσθήκη ΚΑ ή ΣΠΟ. Η παρουσία των καζεϊνών στο σύστημα του γάλακτος αυξάνει τη δυνατότητα δημιουργίας περισσότερων αλληλεπιδράσεων και δεσμών μεταξύ των πρωτεϊνών με αποτέλεσμα να σχηματίζονται είτε περισσότερα είτε μεγαλύτερα συμπλέγματα. Αυτό οδηγεί σε αύξηση του υδροδυναμικού όγκου των συμπλεγμάτων και επομένως σε αύξηση της αντίστασης τους στη ροή.

Εκτός από τις καζεΐνες και οι πρωτεΐνες ορού αυξάνουν το ιξώδες των δειγμάτων. Αυτό μπορεί να αποδοθεί στη μετουσίωση των πρωτεϊνών ορού, η οποία λαμβάνει χώρα κατά τη θερμική επεξεργασία του γάλακτος.

Οι πρωτεΐνες ορού όταν προστίθενται πριν τη θερμική επεξεργασία μετουσιώνονται σχηματίζοντας σύμπλοκα αρχικά μεταξύ τους και στη συνέχεια με τις καζεΐνες (Lucey et al., 1999).

Τα σύμπλοκα αυτά, τα οποία φέρουν ενεργές ομάδες και έχουν μεγάλο μέγεθος, παρουσιάζουν αυξημένο υδροδυναμικό όγκο και επομένως αυξάνουν το φαινομενικό ιξώδες των δειγμάτων. Ωστόσο, η επίδραση των καζεϊνών στο ιξώδες των δειγμάτων είναι μεγαλύτερη σε σχέση με την επίδραση των πρωτεϊνών ορού. Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρουν και οι Akalin et al. (2012) σε δείγματα γιαούρτης με προβιοτικούς μικροοργανισμούς, τα οποία παρασκευάστηκαν με την προσθήκη σκόνης γάλακτος ή ΚΑ ή ΣΠΟ. Αυτό πιθανόν να οφείλεται στο ότι οι καζεΐνες συμμετέχουν στη δομή της μεμβράνης των λιποσφαιρίων στο ομογενοποιημένο γάλα (Lucey et al., 1998; Tamine & Robinson, 2007). Με τη συσσωμάτωση τους επομένως, κατά τη μείωση του pH του γάλακτος, ενσωματώνουν και τα λιποσφαίρια στη δομή του σχηματιζόμενου πρωτεϊνικού πλέγματος αυξάνοντας κατά πολύ τον υδροδυναμικό όγκο των συμπλεγμάτων.

Σύμφωνα με το Σχήμα 5.6 η μείωση του μεγέθους των λιποσφαιρίων είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση του ιξώδους των δειγμάτων. Αυτό μπορεί να αποδοθεί στο ότι με τη μείωση του μεγέθους των λιποσφαιρίων αυξάνεται η επιφάνεια του λίπους και κατ'επέκταση ο υδροδυναμικός του όγκος (Tamine & Robinson, 2007), με αποτέλεσμα την αύξηση του φαινομενικού ιξώδους των δειγμάτων.

Όσον αφορά το χρόνο διατήρησης, η αύξηση του είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση του ιξώδους των δειγμάτων. Αντίθετα, οι Sodini et al. (2004) αναφέρουν ότι κατά την αποθήκευση της αναμιγμένης γιαούρτης λαμβάνει χώρα ανακατανομή της δομής με τη δημιουργία νέων δεσμών και αλληλεπιδράσεων μεταξύ των πρωτεϊνών, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση του ιξώδους και της συνεκτικότητας των δειγμάτων. Η μείωση του ιξώδους που παρουσίασαν τα δείγματα της γιαούρτης πιθανόν να μπορεί να εξηγηθεί εάν ληφθεί υπόψη η αυξημένη λιποπεριεκτικότητα τους εξαιτίας της χρησιμοποίησης βουβαλίσσιου γάλακτος. Η αναμιγμένη γιαούρτη αποτελείται από συμπλέγματα πρωτεϊνών, τα οποία προέκυψαν από το σπάσιμο του πρωτεϊνικού πλέγματος μετά το τέλος της επώασης (Sodini et al., 2004). Αρχικά, πιθανόν μία πιο ανοιχτή δομή να σχηματίζεται με αλληλεπιδράσεις μεταξύ των συμπλεγμάτων, η οποία να εμφανίζει μεγαλύτερη συνοχή. Στη δομή αυτή συμμετέχουν και τα λιποσφαίρια μέσω των αλληλεπιδράσεων των καζεϊνών που τα περιβάλλουν με τις γειτονικές τους πρωτεΐνες.

Τα συμπλέγματα που σχηματίζουν αυτή τη δομή συγκρατούνται μεταξύ τους μέσω των αλληλεπιδράσεων των πρωτεϊνών τους και παρουσιάζουν αυξημένη αντίσταση κατά την εφαρμογή υψηλών τιμών ταχύτητας διάτμησης. Με την αύξηση του χρόνου συντήρησης, πιθανόν τα συμπλέγματα λόγω ανακατανομής να σχηματίζουν μία επιμηκυνόμενη δομή κατά την οποία δεν περιβάλλονται πλήρως από γειτονικά συμπλέγματα. Στη δομή αυτή, η οποία δεν παρουσιάζει την ίδια συνοχή, τα λιποσφαίρια που βρίσκονται σε αυξημένη συγκέντρωση παίζουν πιο ενεργό ρόλο. Οι καζεΐνες που τα περιβάλουν, λόγω της μεγαλύτερης τάξης μεγέθους των λιποσφαιρίων και εξαιτίας του ότι τα λιποσφαίρια δεν περιβάλλονται πλήρως με συμπλέγματα πρωτεϊνών, κατά την εφαρμογή υψηλών τιμών ταχύτητας διάτμησης εύκολα διασπούν τις αλληλεπιδράσεις τους με γειτονικά συμπλέγματα με αποτέλεσμα να απομακρύνονται από αυτά. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με τον αυξημένο αριθμό των λιποσφαιρίων προκαλεί μείωση του μεγέθους των συμπλεγμάτων, η οποία έχει ως αποτέλεσμα τη μειωμένη αντίσταση τους στη ροή.

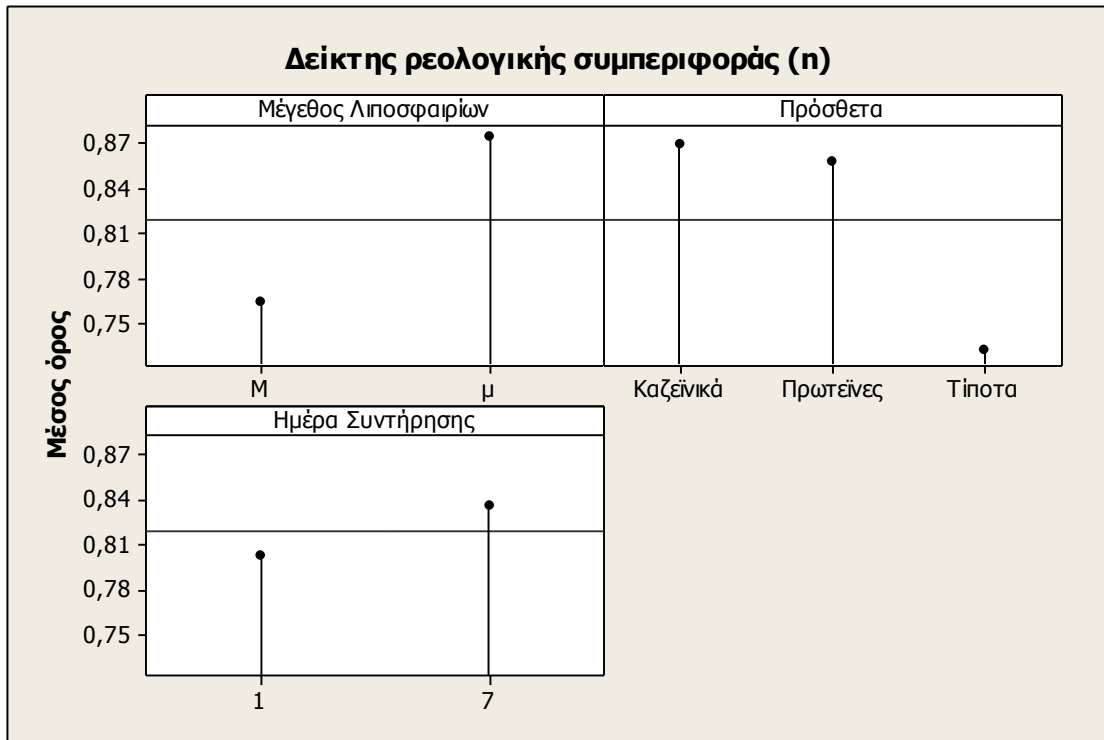
Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ANOVA, ο n επηρεάζεται στατιστικά σημαντικά και από τους τρεις μελετούμενους παράγοντες ($p < 0,05$) (Παράρτημα) (Σχήμα 5.7).

Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 5.7 η προσθήκη ΚΑ ή ΣΠΟ είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση του n . Η κατάταξη των δειγμάτων κατά φθίνουσα σειρά σύμφωνα με τον έλεγχο των πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey είναι η εξής: ΚΑ-0,87 = ΣΠΟ-0,86 > Τ-0,73. Η παρουσία τόσο των καζεϊνών όσο και των μετουσιωμένων πρωτεϊνών ορού στο σύστημα του γάλακτος αυξάνει τον υδροδυναμικό όγκο των σχηματιζόμενων συμπλεγμάτων όπως προαναφέρθηκε. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τα συμπλέγματα των πρωτεϊνών να δυσκολεύονται να προσανατολιστούν στην κατεύθυνση της ροής και να τείνουν προς νευτόνια συμπεριφορά.

Το ίδιο συμβαίνει και με τη μείωση του μεγέθους των λιποσφαιρίων. Η αύξηση του υδροδυναμικού όγκου του λίπους με τη μείωση του μεγέθους των λιποσφαιρίων, σε συνδυασμό με τη συμμετοχή επιπλέον καζεϊνών στην καινούργια μεμβράνη, παρεμποδίζει τον προσανατολισμό των λιποσφαιρίων στην κατεύθυνση της ροής αυξάνοντας έτσι τον n (Σχήμα 5.7). Η κατάταξη των δειγμάτων κατά φθίνουσα σειρά είναι η εξής: μ -0,9 > Μ-0,8.

Όσον αφορά το χρόνο διατήρησης, η αύξηση του οδηγεί σε αύξηση των τιμών του n (Σχήμα 5.7). Η κατάταξη των δειγμάτων κατά φθίνουσα σειρά σύμφωνα με τον έλεγχο των πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey είναι η εξής: 7^n -0,83 > 1^n -0,80.

Η μείωση του μεγέθους των συμπλεγμάτων κατά την εφαρμογή υψηλών τιμών ταχύτητας διάτμησης, εξαιτίας της αύξησης του χρόνου διατήρησης όπως περιγράφηκε παραπάνω, είχε ως αποτέλεσμα τον εύκολο προσανατολισμό τους στην κατεύθυνση της ροής και επομένως τη μείωση της ψευδοπλαστικής τους συμπεριφοράς.



Σχήμα 5.7. Επίδραση της προσθήκης ΚΑ και ΣΠΟ, του μεγέθους των λιποσφαιρίων και του χρόνου διατήρησης στο δείκτη ρεολογικής συμπεριφοράς των δειγμάτων γιαούρτης.

5.5. Οργανοληπτική αξιολόγηση δειγμάτων γιαούρτης

Στους Πίνακες 5.6 και 5.7. φαίνεται η μέση βαθμολόγηση της οργανοληπτικής αξιολόγησης των δειγμάτων γιαούρτης (ηδονικός και αντικειμενικός, αντίστοιχα).

Πίνακας 5.6. Μέση βαθμολόγηση οργανοληπτικής αξιολόγησης ηδονικού των δειγμάτων γιαούρτης.

Δείγματα*	Άρωμα	Χρώμα	Οξύτητα	Λιπαρότητα	Παχύρευστο
Π-μ-1	8,304	10,313	8,141	6,055	7,920
Π-μ-7	7,874	8,790	8,653	9,103	10,893
Π-M-1	8,868	8,248	9,595	8,351	7,320
Π-M-7	8,103	7,259	8,458	7,978	6,395
Κ-μ-1	10,056	12,027	6,072	8,268	8,129
Κ-μ-7	8,378	9,700	8,143	7,722	5,143
Κ-M-1	9,247	9,823	10,051	9,270	8,051
Κ-M-7	9,339	10,690	8,214	8,032	8,393
Τ-μ-1	7,597	11,886	5,716	8,722	4,847
Τ-μ-7	8,243	10,344	5,989	7,230	8,066
Τ-M-1	7,553	9,152	7,566	8,201	8,618
Τ-M-7	6,970	7,763	9,589	10,076	7,312

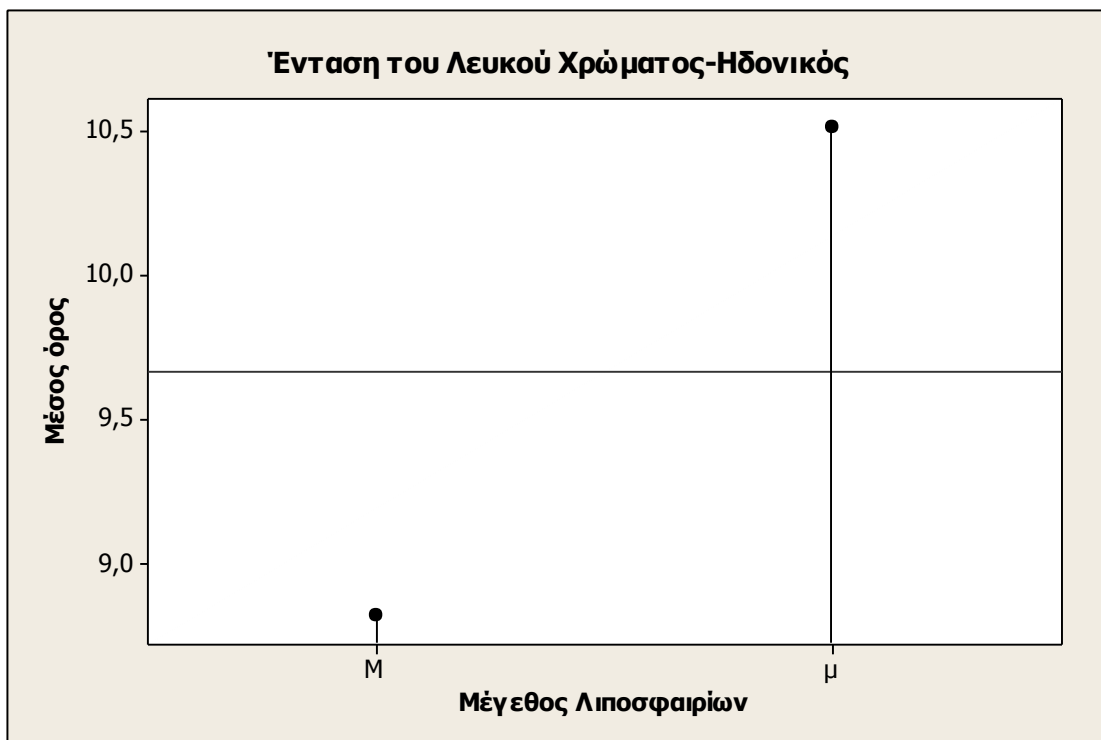
* Η κωδικοποίηση των δειγμάτων αναφέρεται στην Ενότητα 4.2

Πίνακας 5.7. Μέση βαθμολόγηση οργανοληπτικής αξιολόγησης αντικειμενικού των δειγμάτων γιαούρτης.

Δείγματα*	Αρωμα	Χρώμα	Οξύτητα	Λιπαρότητα	Παχύρευστο	Αρεστότητα
Π-μ-1	9,315	11,454	7,657	11,795	12,858	6,840
Π-μ-7	7,945	11,609	10,813	9,964	12,733	10,719
Π-M-1	7,226	9,045	6,007	6,547	10,640	10,178
Π-M-7	7,567	10,516	8,720	7,703	9,475	9,103
Κ-μ-1	6,494	11,618	5,682	7,983	13,548	4,936
Κ-μ-7	7,751	11,797	6,624	8,430	13,355	5,926
Κ-M-1	7,538	9,175	7,184	8,824	11,342	8,994
Κ-M-7	9,184	10,510	10,153	8,403	10,153	9,353
Τ-μ-1	5,798	10,061	5,271	9,349	12,211	8,138
Τ-μ-7	8,338	9,379	8,922	9,233	11,835	7,397
Τ-M-1	6,501	8,810	7,592	8,701	9,851	8,239
Τ-M-7	5,953	9,025	10,674	7,240	8,800	9,922

* Η κωδικοποίηση των δειγμάτων αναφέρεται στην Ενότητα 4.2

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ANOVA η αρεστότητα του λευκού χρώματος επηρεάζεται στατιστικά σημαντικά μόνο από το μέγεθος των λιποσφαιρίων ($p < 0,05$) (Σχήμα 5.8). Η κατάταξη των δειγμάτων κατά φθίνουσα σειρά σύμφωνα με τον έλεγχο των πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey είναι η εξής: $\mu - 10,5 > M - 8,8$. Σύμφωνα με τους δοκιμαστές το μικρό μέγεθος λιποσφαιρίων επηρεάζει θετικά την αρεστότητα του λευκού χρώματος.



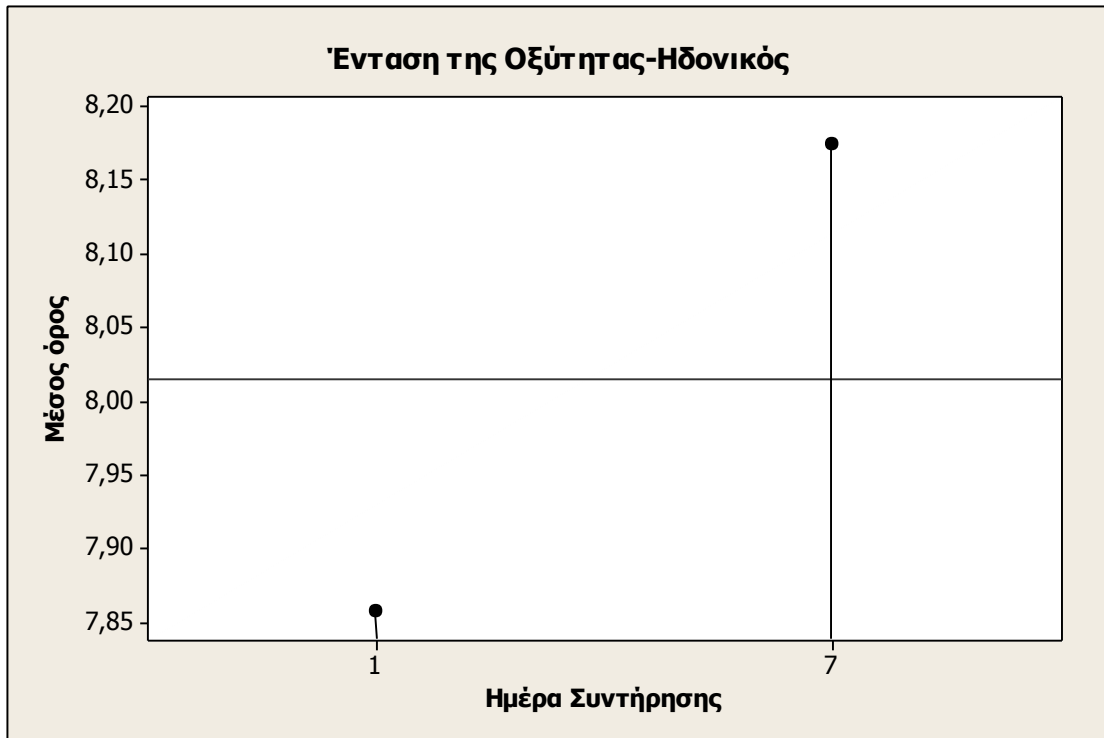
Σχήμα 5.8. Επίδραση του μεγέθους των λιποσφαιρίων την αρεστότητα του λευκού χρώματος των δειγμάτων γιαούρτης.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ANOVA, η ένταση του λευκού χρώματος επηρεάζεται στατιστικά σημαντικά και από την προσθήκη προσθέτων ($p < 0,05$) και από το μέγεθος των λιποσφαιρίων (Παράρτημα) (Σχήμα 5.9). Όσον αφορά την προσθήκη ΚΑ ή ΣΠΟ η κατάταξη των δειγμάτων κατά φθίνουσα σειρά σύμφωνα με τον έλεγχο των πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey είναι η εξής: ΚΑ-10,8 = ΣΠΟ-10,7 > Τ-9,3. Η κατάταξη των δειγμάτων κατά φθίνουσα σειρά για το μέγεθος των λιποσφαιρίων είναι η εξής: μ-11,0 > Μ- 9,5. Τα αποτελέσματα συμφωνούν με τα αντίστοιχα που προέκυψαν από τον προσδιορισμό της φωτεινότητας.



Σχήμα 5.9. Επίδραση της προσθήκης ΚΑ ή ΣΠΟ και του μεγέθους των λιποσφαιρίων στην ένταση του λευκού χρώματος των δειγμάτων γιαούρτης.

Με βάση τα αποτελέσματα της ANOVA, η αρεστότητα της οξύτητας επηρεάζεται στατιστικά σημαντικά από τον χρόνο διατήρησης ($p < 0,05$) (Παράρτημα) (Σχήμα 5.10). Η κατάταξη των δειγμάτων κατά φθίνουσα σειρά είναι η εξής: 7^η-9,3 > 1^η-6,6. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του οργανοληπτικού οι δοκιμαστές προτιμούν τα δείγματα, τα οποία έχουν αυξημένη οξύτητα εξαιτίας της αύξησης του χρόνου διατήρησης.



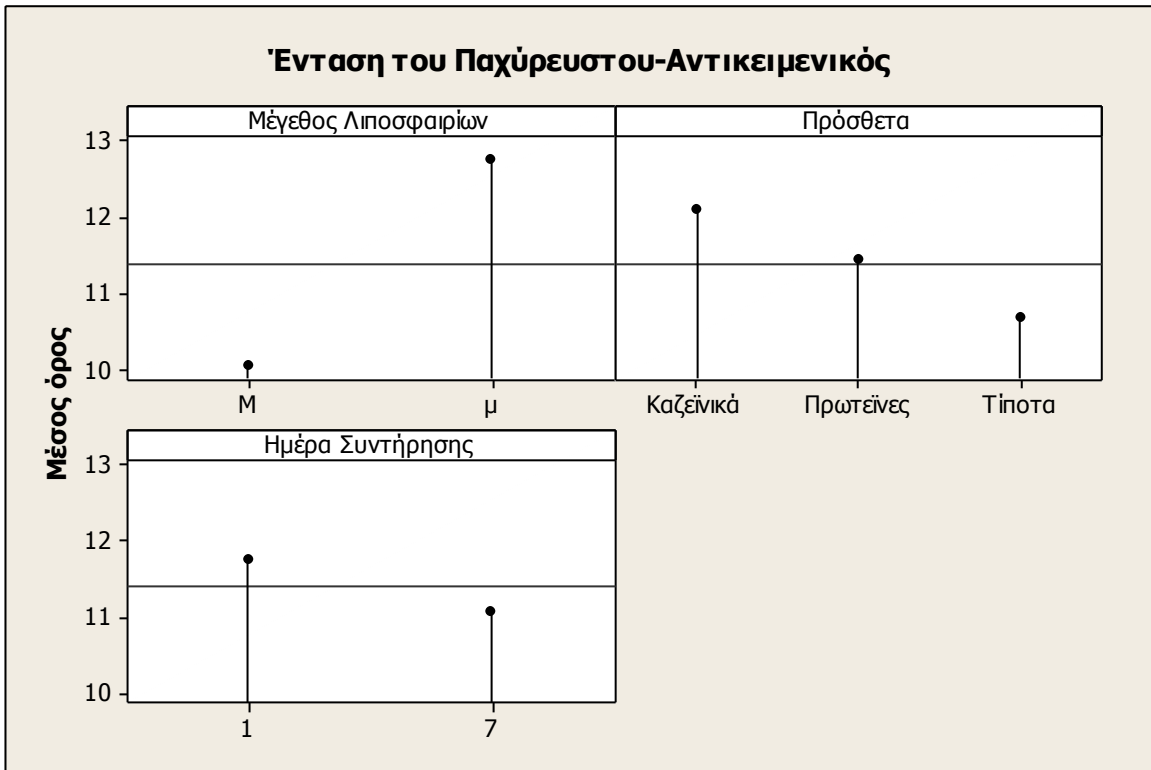
Σχήμα 5.10. Επίδραση του χρόνου συντήρησης στην αρεστότητα της οξύτητας των δειγμάτων γιαούρτης.

Η ένταση της λιπαρότητας επηρεάζεται στατιστικά σημαντικά από το μέγεθος των λιποσφαιρίων ($p < 0,05$) (Παράρτημα) (Σχήμα 5.11), σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ANOVA. Η κατάταξη των δειγμάτων κατά φθίνουσα σειρά είναι η εξής: $\mu - 9,5 > M - 7,9$. Η αύξηση της έντασης της λιπαρότητας με την αύξηση του μεγέθους των λιποσφαιρίων πιθανόν να οφείλεται στην αύξηση του υδροδυναμικού όγκου του λίπους. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να προσδίδει μία αίσθηση πληρότητας στο στόμα, την οποία οι δοκιμαστές την εκλαμβάνουν ως αυξημένη λιπαρότητα.



Σχήμα 5.11. Επίδραση του μεγέθους των λιποσφαιρίων στην ένταση της λιπαρότητας των δειγμάτων γιαούρτης.

Η ένταση του παχύρευστου επηρεάζεται στατιστικά σημαντικά από το μέγεθος των λιποσφαιρίων, από την προσθήκη προσθέτων και από τον χρόνο διατήρησης ($p < 0,05$) (Παράρτημα) (Σχήμα 5.12). Η κατάταξη των δειγμάτων κατά φθίνουσα σειρά σύμφωνα με τον έλεγχο των πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey για την προσθήκη πρόσθετων είναι η εξής: KA-12,1 > ΣΠΟ-11,4 > T-10,7. Η κατάταξη των δειγμάτων κατά φθίνουσα σειρά για το μέγεθος των λιποσφαιρίων είναι η εξής: μ-12,8 > M-10,0. Και η κατάταξη κατά φθίνουσα σειρά με βάση το χρόνο συντήρησης είναι η εξής: 1^η-11,7 > 7^η-11,1. Τα αποτελέσματα συμφωνούν με τα αντίστοιχα που προέκυψαν από τον προσδιορισμό του φαινομενικού ιξώδους.



Σχήμα 5.12. Επίδραση της προσθήκης ΚΑ ή ΣΠΟ, του μεγέθους των λιποσφαιρίων και του χρόνου διατήρησης στην ένταση του παχύρευστου των δειγμάτων γιαούρτης.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο χρόνος επώασης για την επίτευξη της τελικής τιμής pH 4,6 παρουσίασε μείωση στα δείγματα που παρασκευάστηκαν με την προσθήκη ΣΠΟ.

Η προσθήκη ΚΑ και ΣΠΟ είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της οξύτητας, της φωτεινότητας, της έντασης του λευκού χρώματος, το φαινομενικού ιξώδους, της έντασης του παχύρευστου και του δείκτη ρεολογικής συμπεριφοράς (n) των δειγμάτων γιαούρτης. Μάλιστα στην περίπτωση του φαινομενικού ιξώδους η αύξηση του ήταν μεγαλύτερη στα δείγματα που παρασκευάστηκαν με την προσθήκη ΚΑ.

Η μείωση του μεγέθους των λιποσφαιρίων οδήγησε σε αύξηση της φωτεινότητας καθώς επίσης και σε αύξηση της αρεστότητας και της έντασης του λευκού χρώματος. Επιπλέον με τη μείωση του μεγέθους των λιποσφαιρίων παρατηρήθηκε αύξηση του φαινομενικού ιξώδους, του n και της έντασης της λιπαρότητας και του παχύρευστου.

Η οξύτητα και η αρεστότητα της οξύτητας των δειγμάτων γιαούρτης παρουσίασαν αύξηση με την αύξηση του χρόνου διατήρησης, ενώ το φαινομενικό ιξώδες και η ένταση του παχύρευστου παρουσίασαν μείωση. Τέλος, ο n αυξήθηκε με την αύξηση του χρόνου διατήρησης των δειγμάτων γιαούρτης.

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξένη βιβλιογραφία

- Agnihotri M.K. & Prasad V.S.S. (1993). Biochemistry and processing of goat milk and milk products. *Small Ruminant Research*, **12**, 151-170.
- Ahmad S., Gaucher I., Rousseau F., Beaucher E., Piot M., Gronget J.F. & Gaucheron F. (2008). Effects of acidification on physico-chemical characteristics of buffalo milk: A comparison with cows' milk. *Food Chemistry*, **106**, 11-17.
- Akalin A.S., Unal G., Dinkci N. & Hayalogut A.A. (2012). Microstructural, textural and sensory characteristics of probiotic yogurts fortified with sodium calcium caseinate or whey protein concentrate. *Journal Dairy Science*, **95**, 3617-3628.
- Amatayakul T., Halmos A.L., Sherkat F. & Shah N.P. (2006). Physical characteristics of yoghurts made using exopolysaccharide-producing starter cultures and varying casein to whey protein ratios. *International Dairy Journal*, **16**, 40-51.
- Antunes A.H.C., Cazetto T.F. & Bolini H.M.A. (2005). Viability of probiotic micro-organisms during storage, postacidification and sensory analysis of fat-free yogurts with added whey protein concentrate. *International Journal of Dairy Technology*, **58**, 169-173.
- Bagley E. B. (1957). End corrections in the capillary flow of polyethylene. *Journal of Applied Physics*, **28**, 624-627.
- Cochran W.G. & Cox G.M. (1957). *Experimental Designs*. John Wiley & Sons. Chichester.
- Darby R. (1984). Emulsion rheology. In: K.J. Lissant (Ed.), *Emulsion and emulsion rheology, Part III*, Marcel Dekker, New York, Basel.
- Darby R. (1996). *Chemical engineering fluid mechanics*. New York, Basel, Hong Kong: Marcel Dekker.
- Dimitreli G. & Thomareis A. S. (2004). Effect of temperature and chemical composition on processed cheese apparent viscosity. *Journal of Food Engineering*, **64**, 265-271.
- FAO/WHO (1997). Code of principles concerning milk and milk products. Draft standard for yogurt and sweetened yogurt standard. No A-11a, Step 7.

- Khedkar C.D., Khedkar G.D., Patil M.R. & Kalyankar S.D. (2003). *Encyclopedia of Food Sciences & nutrition* (2nd Edition), p.p.705-709. Academic Press, Maryland.
- Lapasin R. & Prici S. (1995). *Rheology of industrial polysaccharide, Theory and applications*. Glasgow: Blackie Academic & Professional.
- Lucey J.A., Munro P.A. & Singh H. (1999). Effect of heat treatment and whey protein addition on the rheological properties and structure of acid skim milk gels. *International Dairy Journal*, **9**, 275–279.
- Malvern Instruments Ltd, Operators Guide (1999).
- McClements D.J. (1999). *Food emulsions: Principles, practice and techniques*. CRC Press LLC, Boca Raton, London, New York, Washington.
- Minitab (2006). Minitab Reference Manual. Minitab, Inc, State College, Pennsylvania, USA.
- Park Y.W.- Juárez M., Ramos M. & Haenlein G.F.W. (2007). Physico-Chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, **68**, 88-113.
- Perry H.R. (1999). *Perry's Chemical Engineers' Handbook*, (7th Edition) : McGraw-Hill Book Company, Singapore.
- Rašić J.Lj & Kurmann J.A. (1978). *Microflora of yoghurt, symbiosis*. In: Yoghurt, Volume 1, Switzerland: Staemfli + Cie AG. p.p. 34-36, Berne.
- Salaün F., Mietton B. & Gaucheron F. (2005). Buffering capacity of dairy products. *International Dairy Journal*, **15**, 95–109.
- Sodini I., Remeuf F, Haddad S. & Corrieu G. (2004). The relative effect of milk base, starter and process on yogurt texture: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, **44**, 113-137.
- Tamine A. Y. & Robinson R. K. (2007). *Tamine and Robinson's yogurt. Science and technology* (3rd Edition). CRC Press, Boca Raton, Boston, New York, Washington.
- van Wazer J.R., Lyons J.W., Kim K. I. & Colwell R.E. (1963). *Viscosity and flow measurements: A laboratory handbook of rheology*. New York: Interscience.
- Walstra P., Wouters J.T.M. & Geurts T.J. (2006). *Dairy Science and Technology*, (2nd Edition), pp. 225-272, Taylor & Francis, CRC Press, Boca Raton.
- Xu Z. & Raphaelides S.N. (1998). Flow behavior of concentrated starch dispersions using a tube rheometer of novel design. *Journal Texture Studies*, **29**, 1–13.

Ελληνική βιβλιογραφία

- Αντωνίου Κ. (2002). Τεχνολογία και έλεγχος ποιότητας γάλακτος και γαλακτοκομικών προϊόντων. Εργαστηριακές Ασκήσεις. Θεσσαλονίκη.
- Αντωνίου Κ. (2002). Τεχνολογία και έλεγχος ποιότητας γάλακτος και γαλακτοκομικών προϊόντων. Όξινα γαλακτοκομικά προϊόντα. Θεσσαλονίκη.
- Δημητρέλη Γ. (2009). Τεχνολογία και έλεγχος ποιότητας γάλακτος και γαλακτοκομικών προϊόντων. Εργαστηριακές Ασκήσεις. Θεσσαλονίκη.
- Ζερφυρίδης Γ. Κ. (1996). Επιστήμη και Τεχνολογία παραγωγής, Καλλιέργειες, Τεχνολογία προϊόντων γάλακτος. Εκδόσεις Γ. Δεδούση, Θεσσαλονίκη.
- Καζάζης Ι. (1995). Γενικός ποιοτικός έλεγχος τροφίμων. Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων, Αθήνα.
- Μάντης Α.Ι. (2005). Υγιεινή και Τεχνολογία του Γάλακτος και των Προϊόντων του (3^η Έκδοση). Εκδοτικός Οίκος Αδελφών Κυριακίδη, Α.Ε: Αθήνα.
- Πετρίδης Δ. (2000). Εφαρμοσμένη στατιστική. Εκδόσεις Όμηρος, Θεσσαλονίκη.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΗΛΟΝΙΚΟΣ

Άρωμα

General Linear Model: Άρωμα-Ηδονικ versus Μέγεθος Λιπο; Πρόσθετα; ...

Factor	Type	Levels	Values
Μέγεθος Λιποσφαιρίων	fixed	2	M; μ
Πρόσθετα	fixed	3	Καζεΐνικά; Πρωτεΐνες; Τίποτα
Ημέρα Συντήρησης	fixed	2	1; 7

Analysis of Variance for Άρωμα-Ηδονικός, using Adjusted SS for Tests

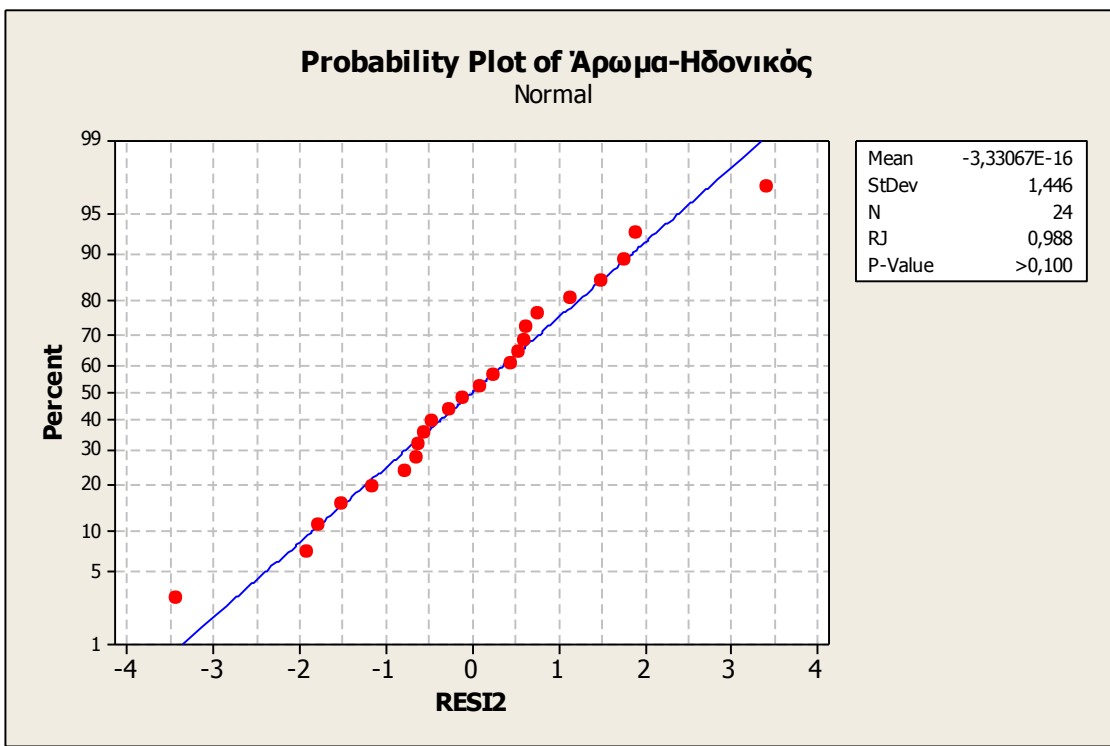
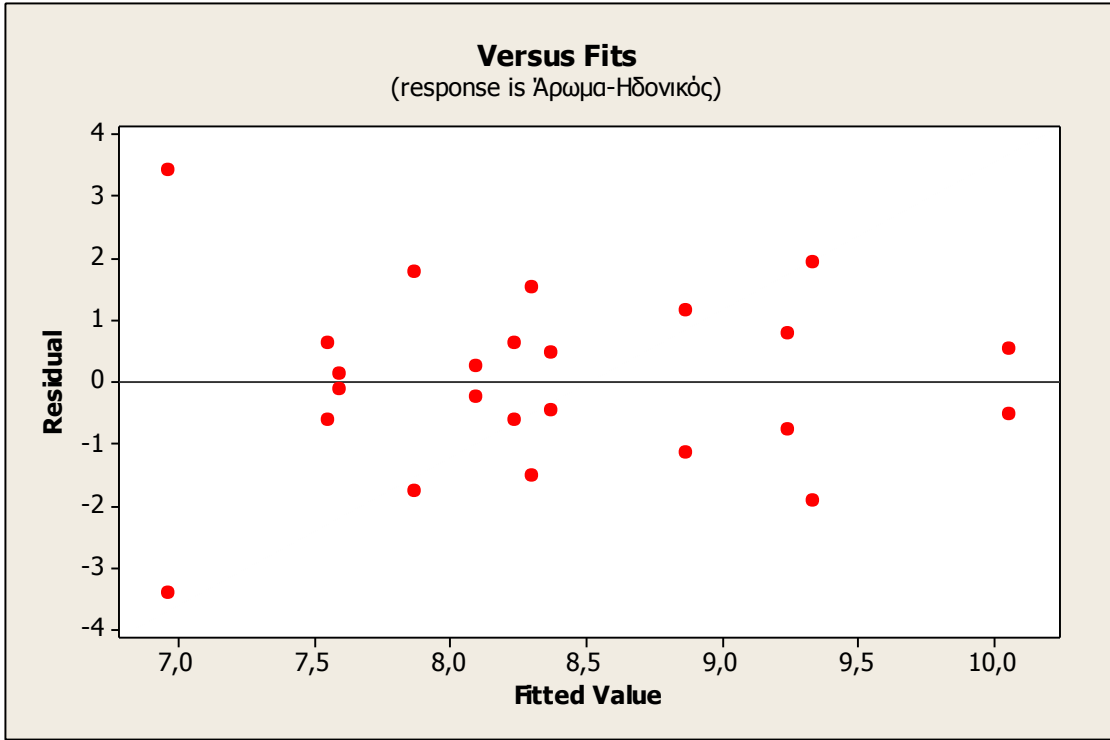
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Μέγεθος Λιποσφαιρίων	1	0,023	0,023	0,023	0,01	0,941
Πρόσθετα	2	11,177	11,177	5,589	1,39	0,286
Ημέρα Συντήρησης	1	1,232	1,232	1,232	0,31	0,590
Μέγεθος Λιποσφαιρίων*Πρόσθετα	2	1,171	1,171	0,586	0,15	0,866
Μέγεθος Λιποσφαιρίων* Ημέρα Συντήρησης	1	0,007	0,007	0,007	0,00	0,967
Πρόσθετα*Ημέρα Συντήρησης	2	0,743	0,743	0,371	0,09	0,912
Μέγεθος Λιποσφαιρίων*Πρόσθετα* Ημέρα Συντήρησης	2	2,372	2,372	1,186	0,30	0,749
Error	12	48,120	48,120	4,010		
Total	23	64,846				

S = 2,00249 R-Sq = 25,79% R-Sq(adj) = 0,00%

Unusual Observations for Άρωμα-Ηδονικός

Obs	Άρωμα-Ηδονικός	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
12	3,5480	6,9695	1,4160	-3,4215	-2,42 R
24	10,3910	6,9695	1,4160	3,4215	2,42 R

R denotes an observation with a large standardized residual.



Χρώμα

General Linear Model: Χρώμα-Ηδονικ versus Μέγεθος Λιπο; Πρόσθετα; ...

Factor	Type	Levels	Values
Μέγεθος Λιποσφαιρίων	fixed	2	M; μ
Πρόσθετα	fixed	3	Καζεΐνικά; Πρωτεΐνες; Τίποτα
Ημέρα Συντήρησης	fixed	2	1; 7

Analysis of Variance for Χρώμα-Ηδονικός_1, using Adjusted SS for Tests

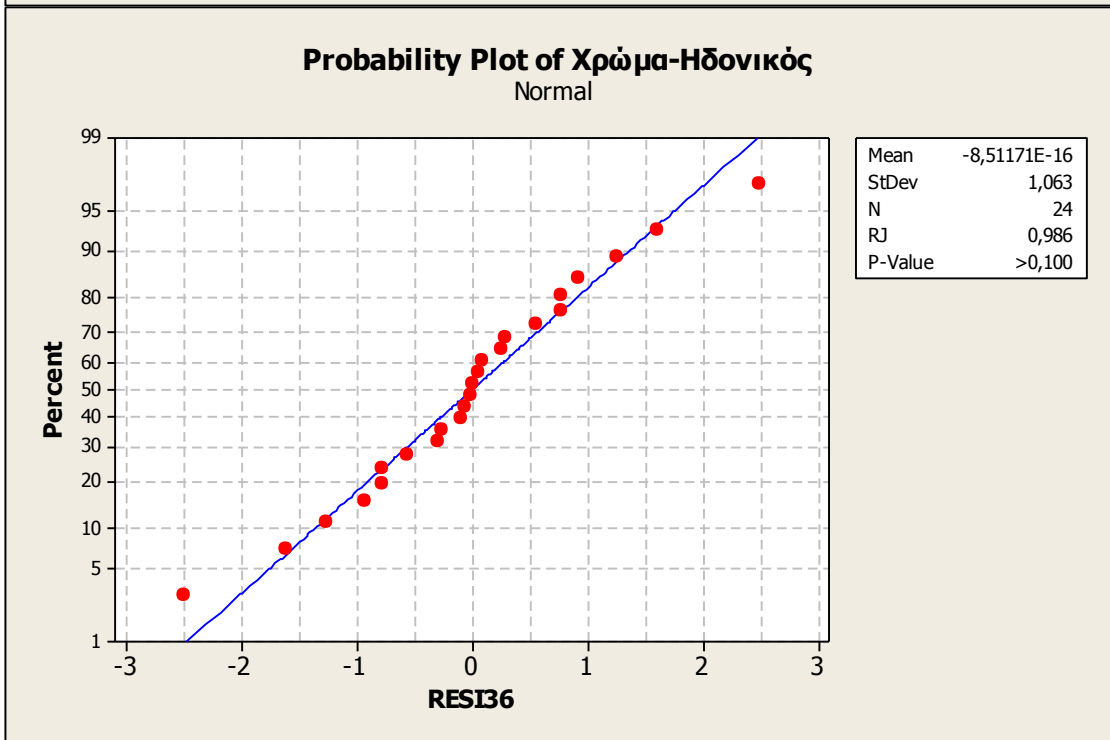
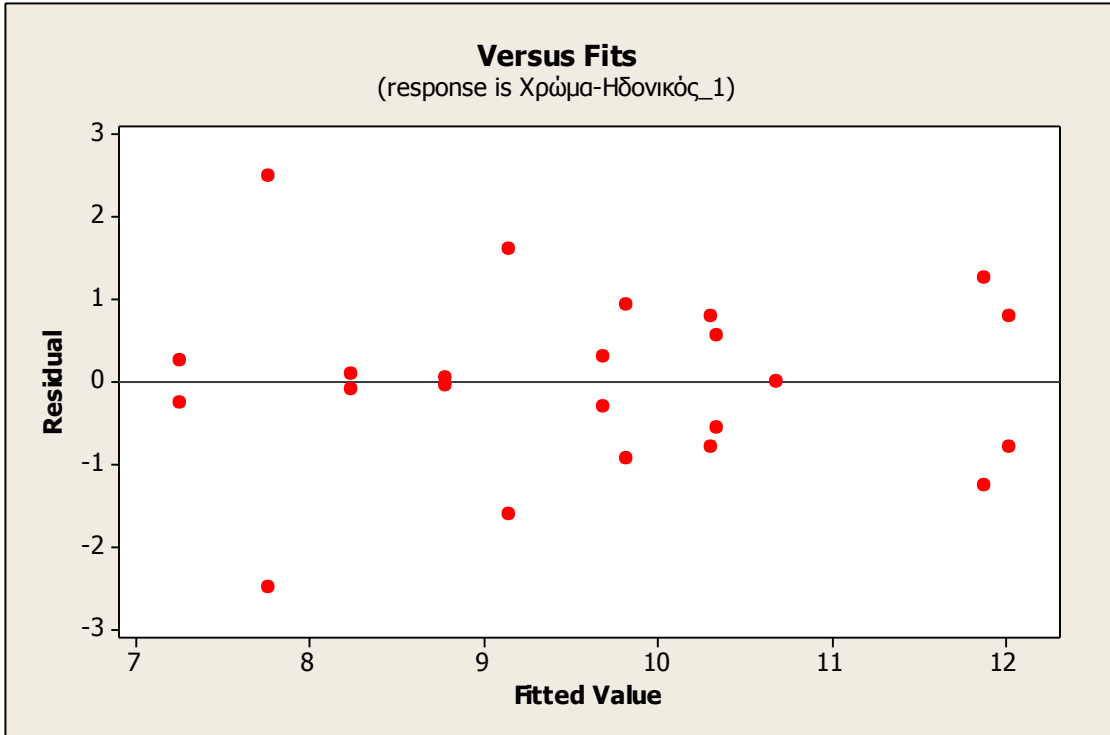
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Μέγεθος Λιποσφαιρίων	1	17,072	17,072	17,072	7,88	0,016
Πρόσθετα	2	14,707	14,707	7,354	3,39	0,068
Ημέρα Συντήρησης	1	7,949	7,949	7,949	3,67	0,080
Μέγεθος Λιποσφαιρίων*Πρόσθετα	2	4,252	4,252	2,126	0,98	0,403
Μέγεθος Λιποσφαιρίων*	1	2,517	2,517	2,517	1,16	0,302
Ημέρα Συντήρησης						
Πρόσθετα*Ημέρα Συντήρησης	2	0,571	0,571	0,286	0,13	0,878
Μέγεθος Λιποσφαιρίων*Πρόσθετα*	2	2,753	2,753	1,376	0,63	0,547
Ημέρα Συντήρησης						
Error	12	26,010	26,010	2,168		
Total	23	75,831				

S = 1,47226 R-Sq = 65,70% R-Sq(adj) = 34,26%

Unusual Observations for Χρώμα-Ηδονικός_1

Obs	Χρώμα-Ηδονικός_1	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
12	5,2630	7,7630	1,0410	-2,5000	-2,40 R
24	10,2630	7,7630	1,0410	2,5000	2,40 R

R denotes an observation with a large standardized residual.



Λιπαρότητα

General Linear Model: Λιπαρότητα-Η versus Μέγεθος Λιπο; Πρόσθετα; ...

Factor	Type	Levels	Values
Μέγεθος Λιποσφαιρίων	fixed	2	M; μ
Πρόσθετα	fixed	3	Καζεΐνικά; Πρωτεΐνες; Τίποτα
Ημέρα Συντήρησης	fixed	2	1; 7

Analysis of Variance for Λιπαρότητα-Ηδονικός, using Adjusted SS for Tests

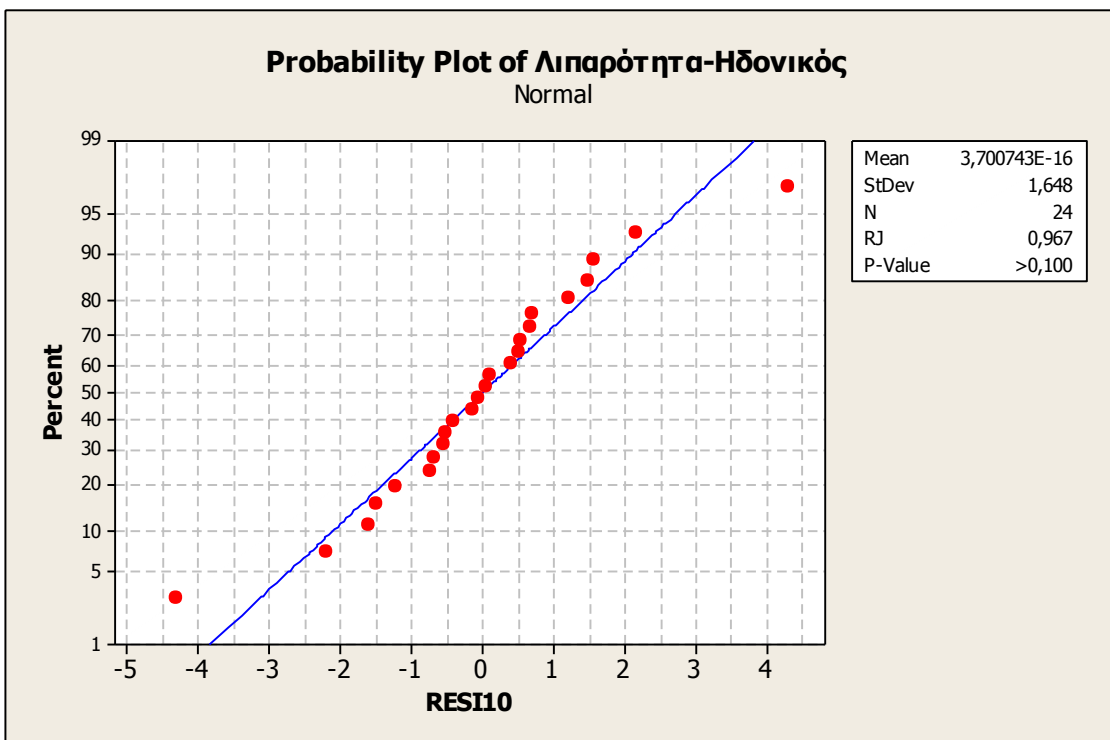
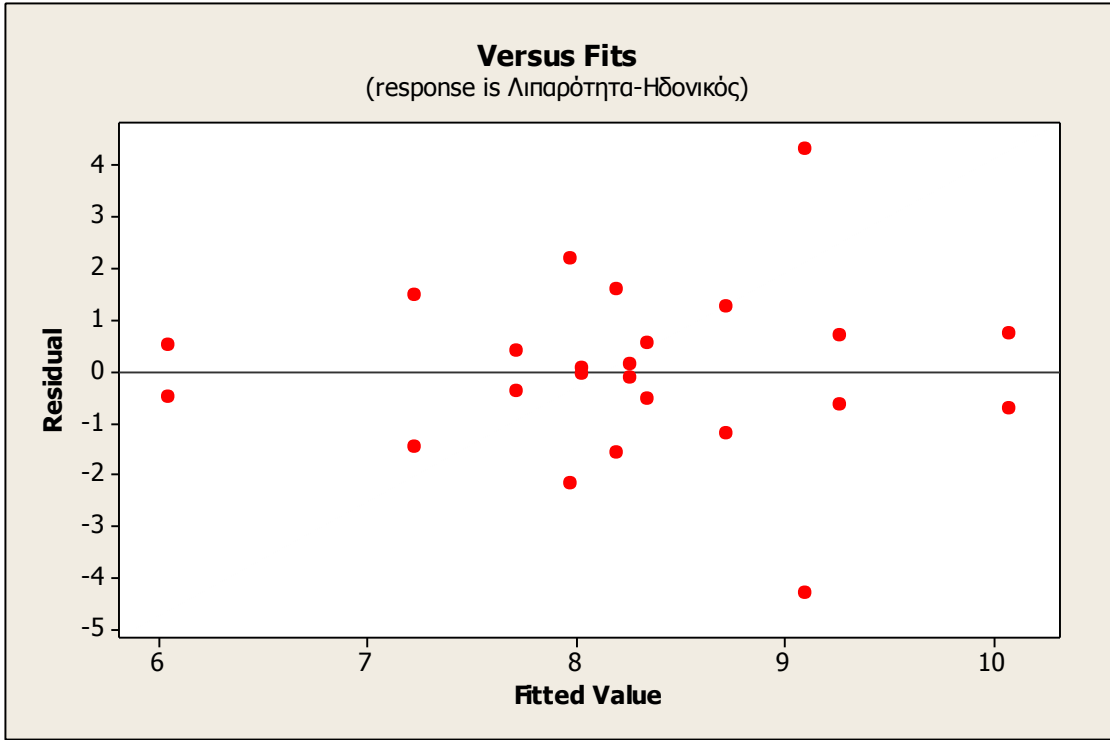
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Μέγεθος Λιποσφαιρίων	1	3,852	3,852	3,852	0,74	0,407
Πρόσθετα	2	1,941	1,941	0,971	0,19	0,832
Ημέρα Συντήρησης	1	0,270	0,270	0,270	0,05	0,824
Μέγεθος Λιποσφαιρίων*Πρόσθετα	2	0,396	0,396	0,198	0,04	0,963
Μέγεθος Λιποσφαιρίων* Ημέρα Συντήρησης	1	0,093	0,093	0,093	0,02	0,896
Πρόσθετα*Ημέρα Συντήρησης	2	4,973	4,973	2,487	0,48	0,632
Μέγεθος Λιποσφαιρίων*Πρόσθετα* Ημέρα Συντήρησης	2	11,670	11,670	5,835	1,12	0,358
Error	12	62,464	62,464	5,205		
Total	23	85,660				

S = 2,28153 R-Sq = 27,08% R-Sq(adj) = 0,00%

Unusual Observations for Λιπαρότητα-Ηδονικός

Obs	Λιπαρότητα-Ηδονικός	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
7	13,4120	9,1030	1,6133	4,3090	2,67 R
19	4,7940	9,1030	1,6133	-4,3090	-2,67 R

R denotes an observation with a large standardized residual.



Παχύρευστο

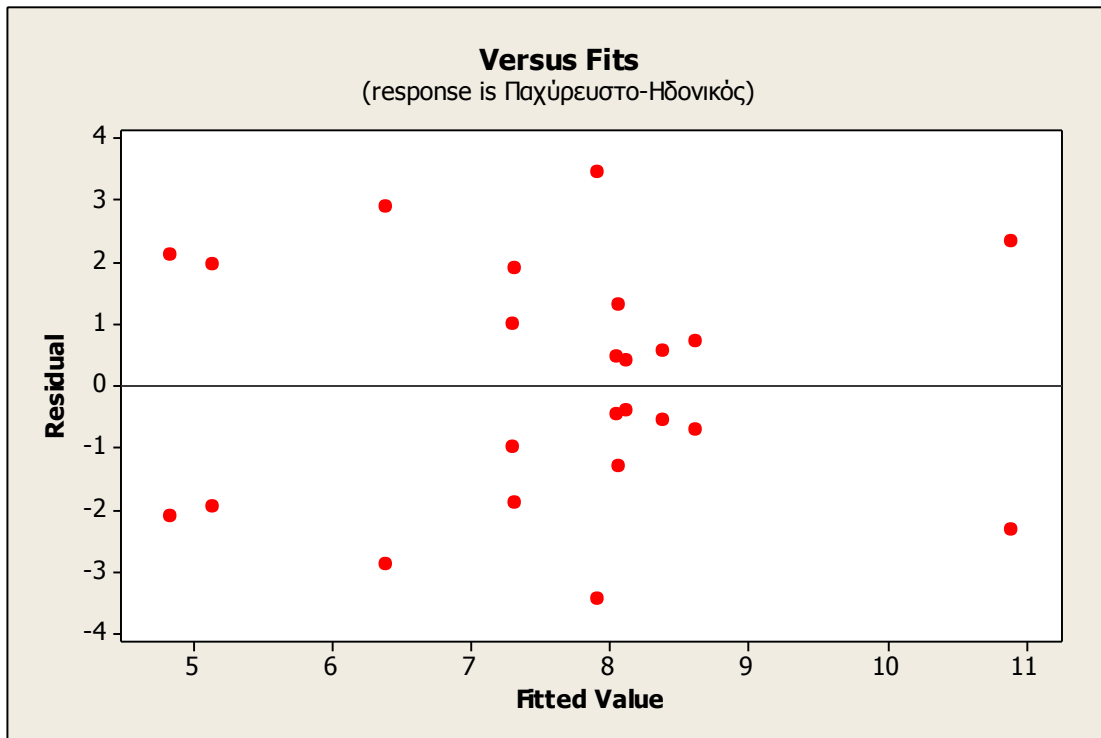
General Linear Model: Παχύρευστο-Η versus Μέγεθος Λιπο; Πρόσθετα; ...

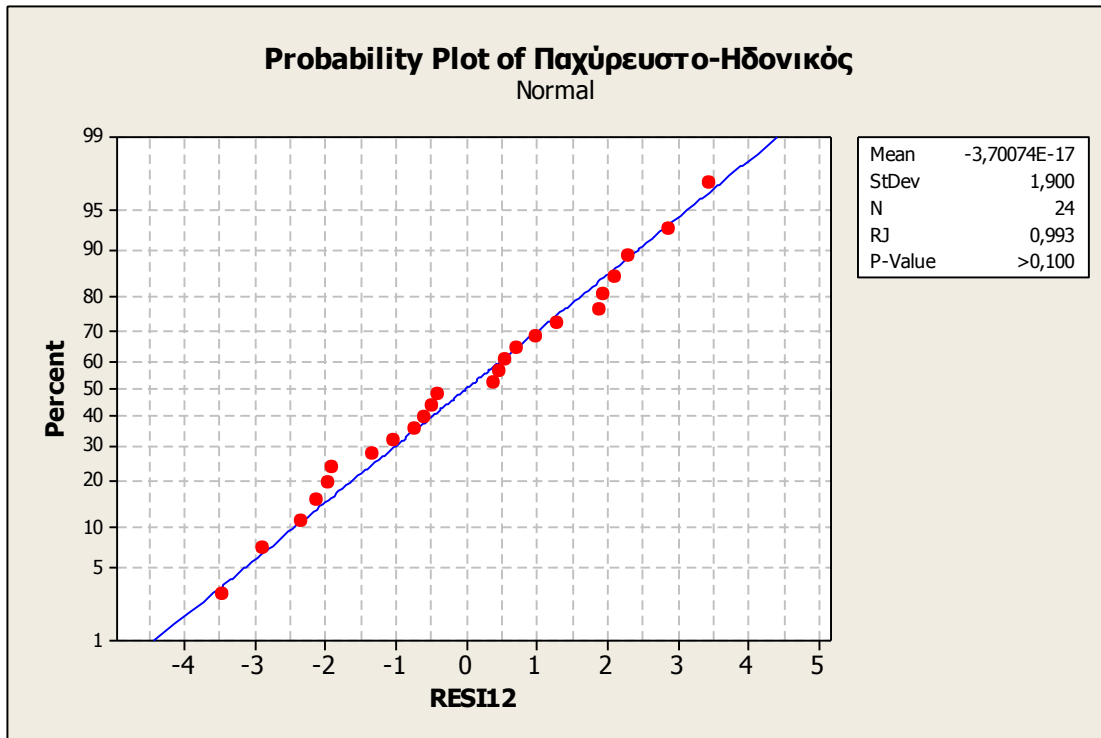
Factor	Type	Levels	Values
Μέγεθος Λιποσφαιρίων	fixed	2	M; μ
Πρόσθετα	fixed	3	Καζεΐνικά; Πρωτεΐνες; Τίποτα
Ημέρα Συντήρησης	fixed	2	1; 7

Analysis of Variance for Παχύρευστο-Ηδονικός, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Μέγεθος Λιποσφαιρίων	1	0,198	0,198	0,198	0,03	0,868
Πρόσθετα	2	3,707	3,707	1,853	0,27	0,770
Ημέρα Συντήρησης	1	0,289	0,289	0,289	0,04	0,842
Μέγεθος Λιποσφαιρίων*Πρόσθετα	2	22,381	22,381	11,191	1,62	0,239
Μέγεθος Λιποσφαιρίων* Ημέρα Συντήρησης	1	4,326	4,326	4,326	0,62	0,445
Πρόσθετα*Ημέρα Συντήρησης	2	7,135	7,135	3,567	0,52	0,610
Μέγεθος Λιποσφαιρίων*Πρόσθετα* Ημέρα Συντήρησης	2	19,049	19,049	9,525	1,38	0,290
Error	12	83,071	83,071	6,923		
Total	23	140,155				

S = 2,63108 R-Sq = 40,73% R-Sq(adj) = 0,00%





ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΟΣ

Άρωμα

General Linear Model: Άρωμα-Αντικε versus Μέγεθος Λιπο; Πρόσθετα; ...

Factor	Type	Levels	Values
Μέγεθος Λιποσφαιρίων	fixed	2	M; μ
Πρόσθετα	fixed	3	Καζεΐνικά; Πρωτεΐνες; Τίποτα
Ημέρα Συντήρησης	fixed	2	1; 7

Analysis of Variance for Άρωμα-Αντικειμενικός, using Adjusted SS for Tests

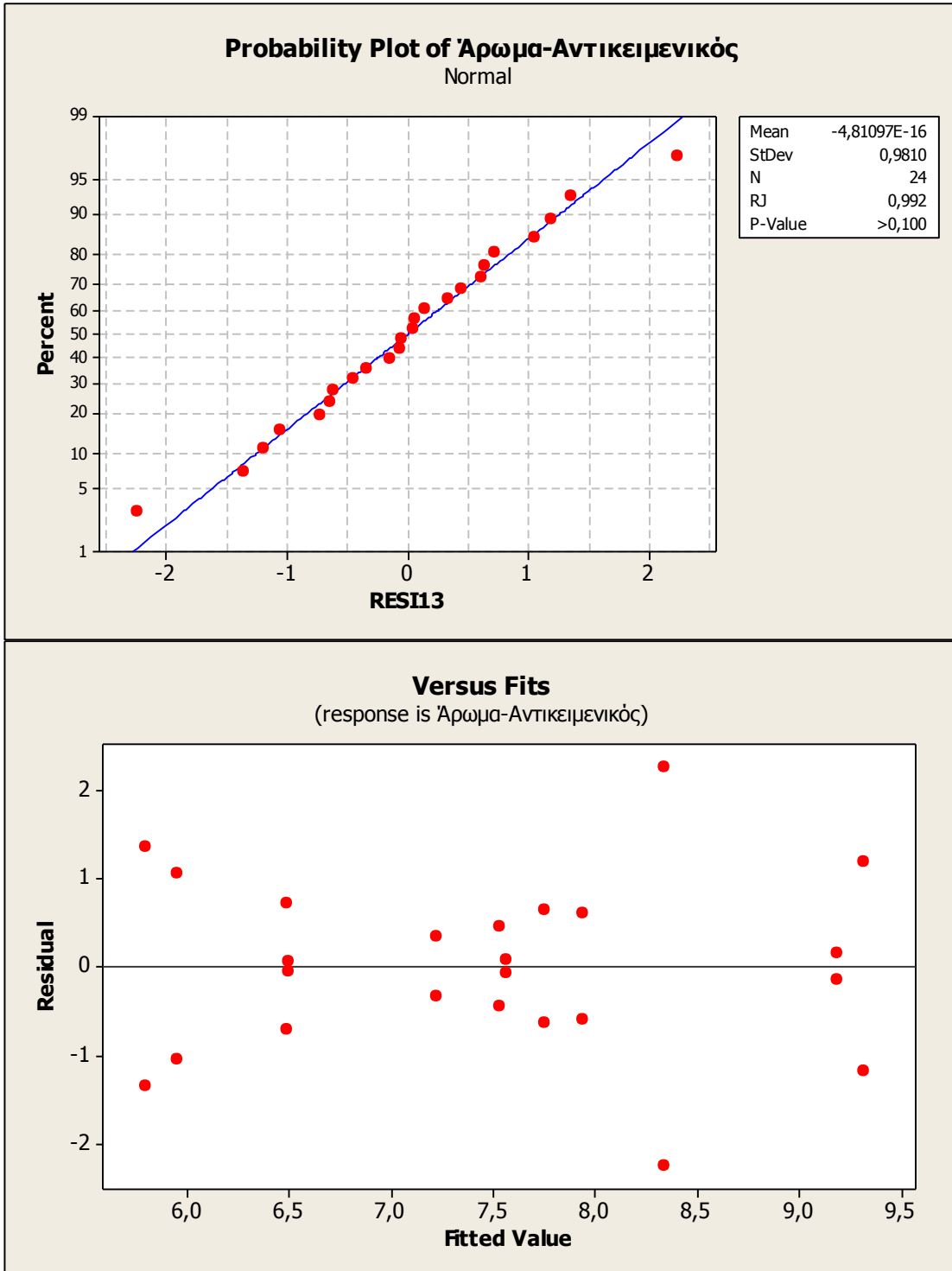
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Μέγεθος Λιποσφαιρίων	1	0,465	0,465	0,465	0,25	0,625
Πρόσθετα	2	8,363	8,363	4,182	2,27	0,146
Ημέρα Συντήρησης	1	2,492	2,492	2,492	1,35	0,268
Μέγεθος Λιποσφαιρίων*Πρόσθετα	2	7,060	7,060	3,530	1,91	0,190
Μέγεθος Λιποσφαιρίων* Ημέρα Συντήρησης	1	0,163	0,163	0,163	0,09	0,771
Πρόσθετα*Ημέρα Συντήρησης	2	4,237	4,237	2,118	1,15	0,350
Μέγεθος Λιποσφαιρίων*Πρόσθετα* Ημέρα Συντήρησης	2	6,143	6,143	3,071	1,67	0,230
Error	12	22,133	22,133	1,844		
Total	23	51,055				

S = 1,35808 R-Sq = 56,65% R-Sq(adj) = 16,91%

Unusual Observations for Άρωμα-Αντικειμενικός

Obs	Άρωμα-Αντικειμενικός	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
11	6,0920	8,3375	0,9603	-2,2455	-2,34 R
23	10,5830	8,3375	0,9603	2,2455	2,34 R

R denotes an observation with a large standardized residual.



Χρώμα

General Linear Model: Χρώμα-Αντικε versus Μέγεθος Λιπο; Πρόσθετα; ...

Factor	Type	Levels	Values
Μέγεθος Λιποσφαιρίων	fixed	2	M; μ
Πρόσθετα	fixed	3	Καζεΐνικά; Πρωτεΐνες; Τίποτα
Ημέρα Συντήρησης	fixed	2	1; 7

Analysis of Variance for Χρώμα-Αντικειμενικός, using Adjusted SS for Tests

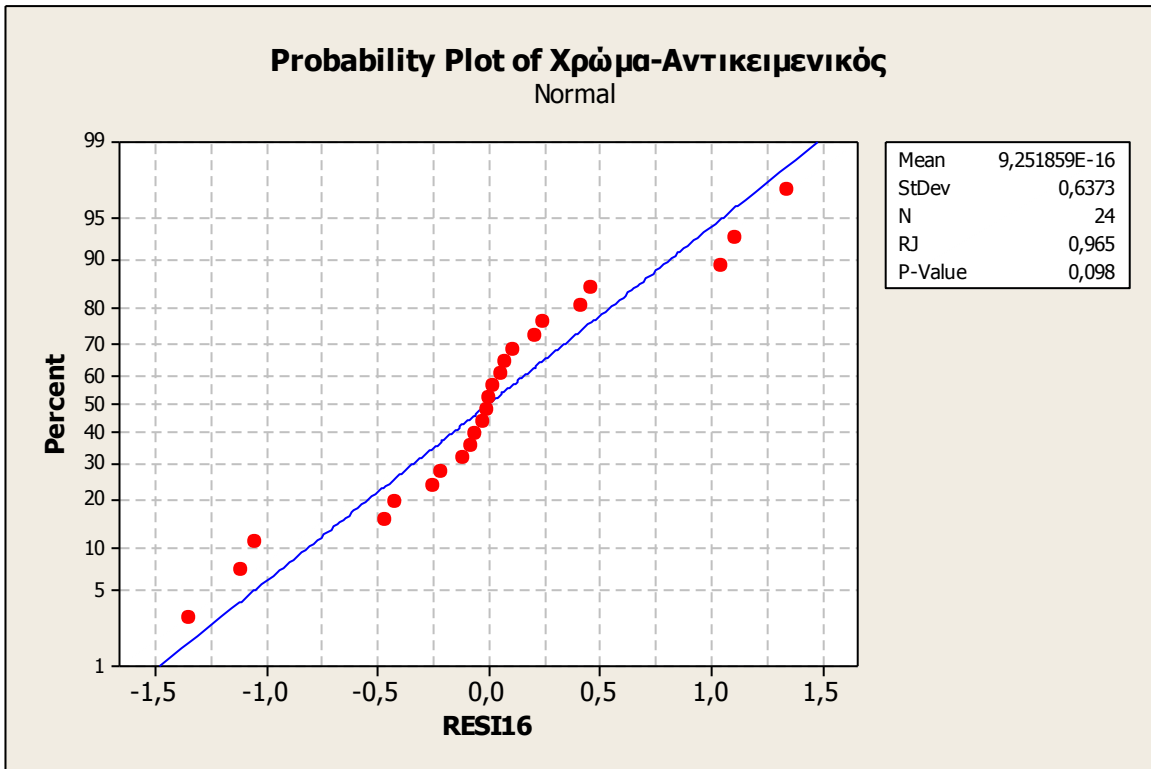
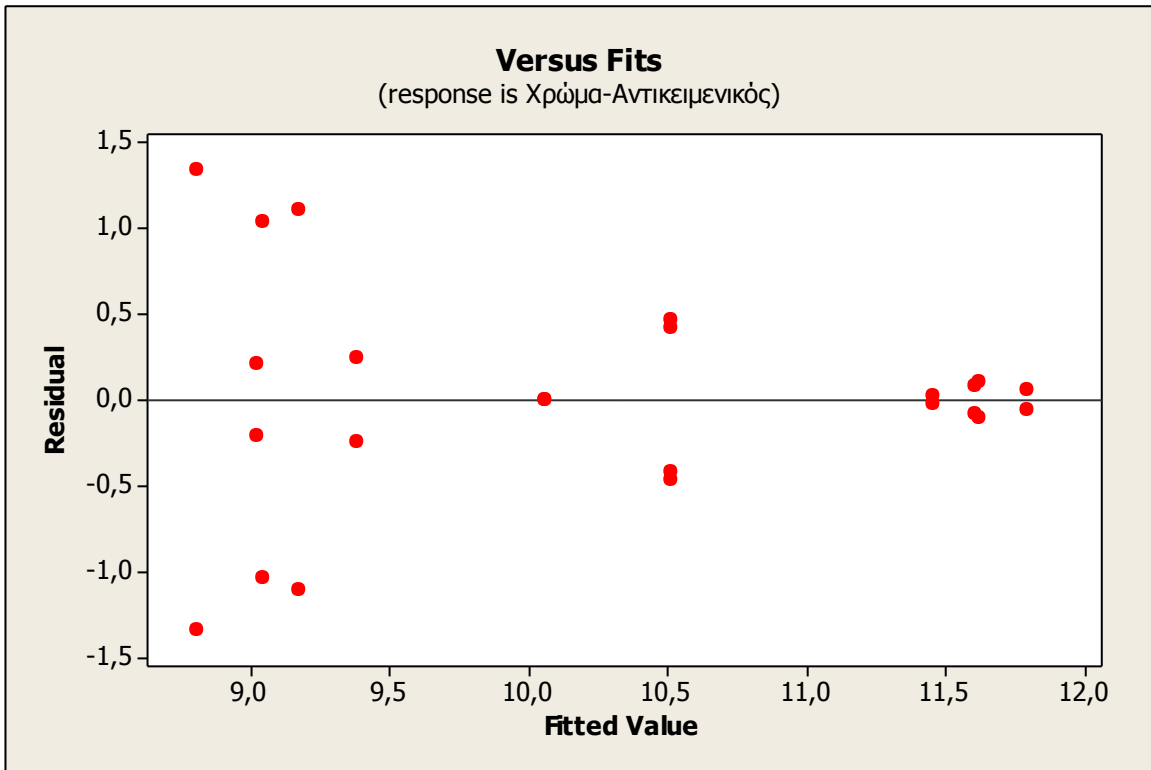
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Μέγεθος Λιποσφαιρίων	1	13,0272	13,0272	13,0272	16,74	0,001
Πρόσθετα	2	10,4735	10,4735	5,2367	6,73	0,011
Ημέρα Συντήρησης	1	1,1944	1,1944	1,1944	1,53	0,239
Μέγεθος Λιποσφαιρίων*Πρόσθετα	2	1,3546	1,3546	0,6773	0,87	0,444
Μέγεθος Λιποσφαιρίων* Ημέρα Συντήρησης	1	1,8951	1,8951	1,8951	2,43	0,145
Πρόσθετα*Ημέρα Συντήρησης	2	1,3798	1,3798	0,6899	0,89	0,437
Μέγεθος Λιποσφαιρίων*Πρόσθετα* Ημέρα Συντήρησης	2	0,0435	0,0435	0,0217	0,03	0,973
Error	12	9,3401	9,3401	0,7783		
Total	23	38,7082				

S = 0,882236 R-Sq = 75,87% R-Sq(adj) = 53,75%

Unusual Observations for Χρώμα-Αντικειμενικός

Obs	Χρώμα-Αντικειμενικός	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
6	10,1540	8,8055	0,6238	1,3485	2,16 R
18	7,4570	8,8055	0,6238	-1,3485	-2,16 R

R denotes an observation with a large standardized residual.



Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Πρόσθετα	N	Mean	Grouping
Καζεΐνικά	8	10,8	A
Πρωτεΐνες	8	10,7	A
Τίποτα	8	9,3	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Οξύτητα

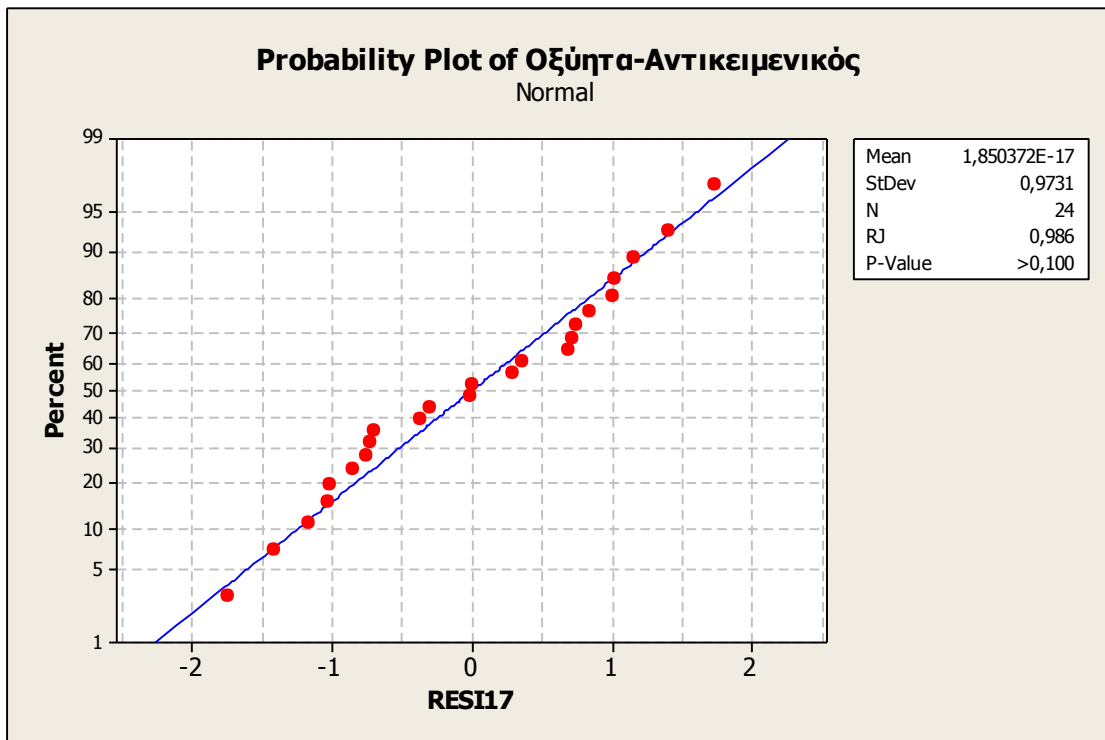
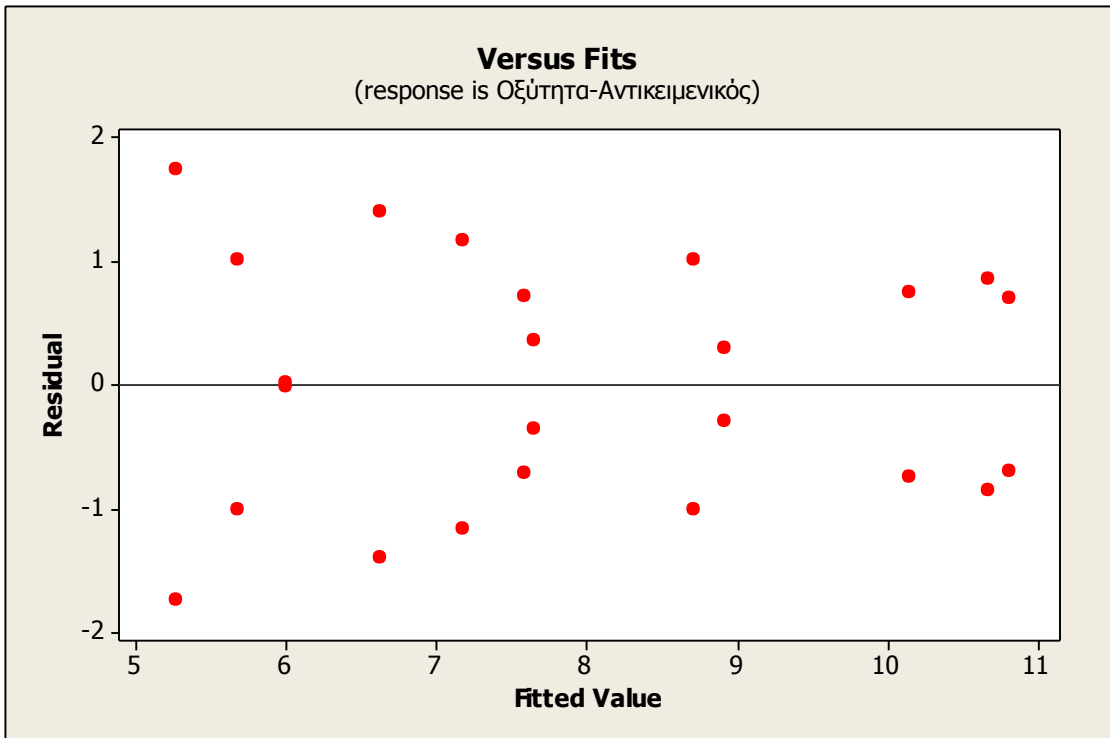
General Linear Model: Οξύτητα-Αντι versus Μέγεθος Λιπο; Πρόσθετα; ...

Factor	Type	Levels	Values
Μέγεθος Λιποσφαιρίων	fixed	2	M; μ
Πρόσθετα	fixed	3	Καζεΐνικά; Πρωτεΐνες; Τίποτα
Ημέρα Συντήρησης	fixed	2	1; 7

Analysis of Variance for Οξύτητα-Αντικειμενικός, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Μέγεθος Λιποσφαιρίων	1	4,791	4,791	4,791	2,64	0,130
Πρόσθετα	2	3,517	3,517	1,758	0,97	0,407
Ημέρα Συντήρησης	1	45,460	45,460	45,460	25,05	0,000
Μέγεθος Λιποσφαιρίων*Πρόσθετα	2	23,162	23,162	11,581	6,38	0,013
Μέγεθος Λιποσφαιρίων* Ημέρα Συντήρησης	1	0,172	0,172	0,172	0,09	0,764
Πρόσθετα*Ημέρα Συντήρησης	2	2,090	2,090	1,045	0,58	0,577
Μέγεθος Λιποσφαιρίων*Πρόσθετα* Ημέρα Συντήρησης	2	2,142	2,142	1,071	0,59	0,570
Error	12	21,778	21,778	1,815		
Total	23	103,113				

S = 1,34717 R-Sq = 78,88% R-Sq(adj) = 59,52%



Λιπαρότητα

General Linear Model: Λιπαρότητα-A versus Μέγεθος Λιπο; Πρόσθετα; ...

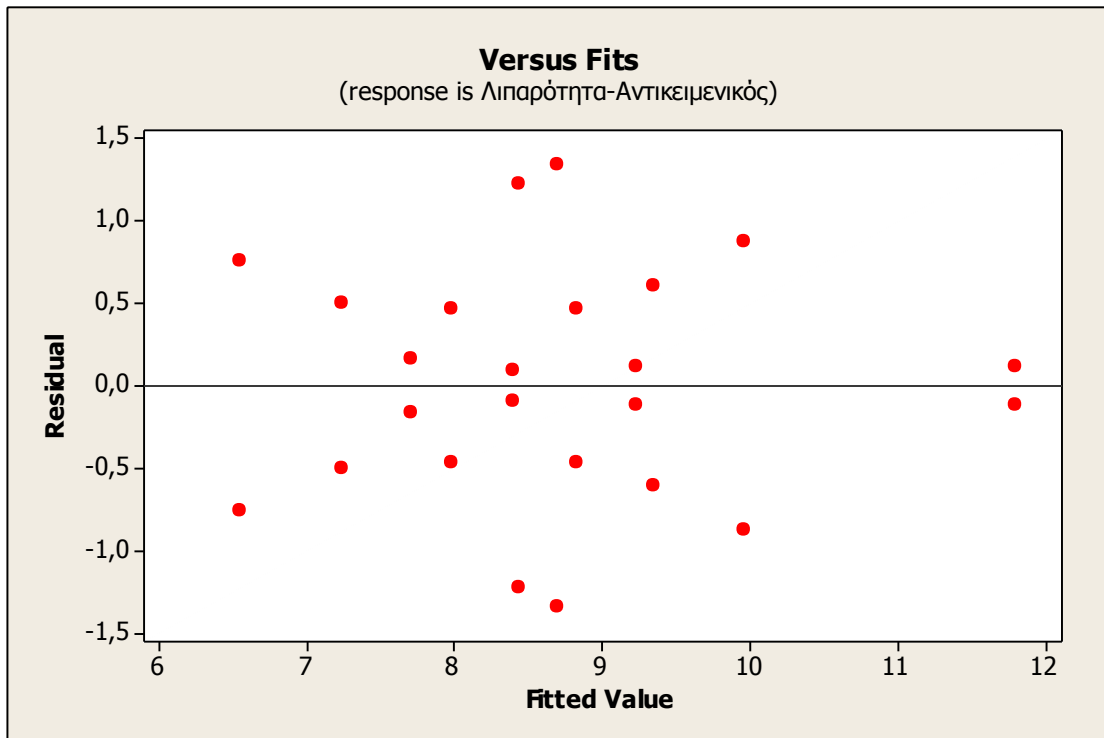
Factor Type Levels Values

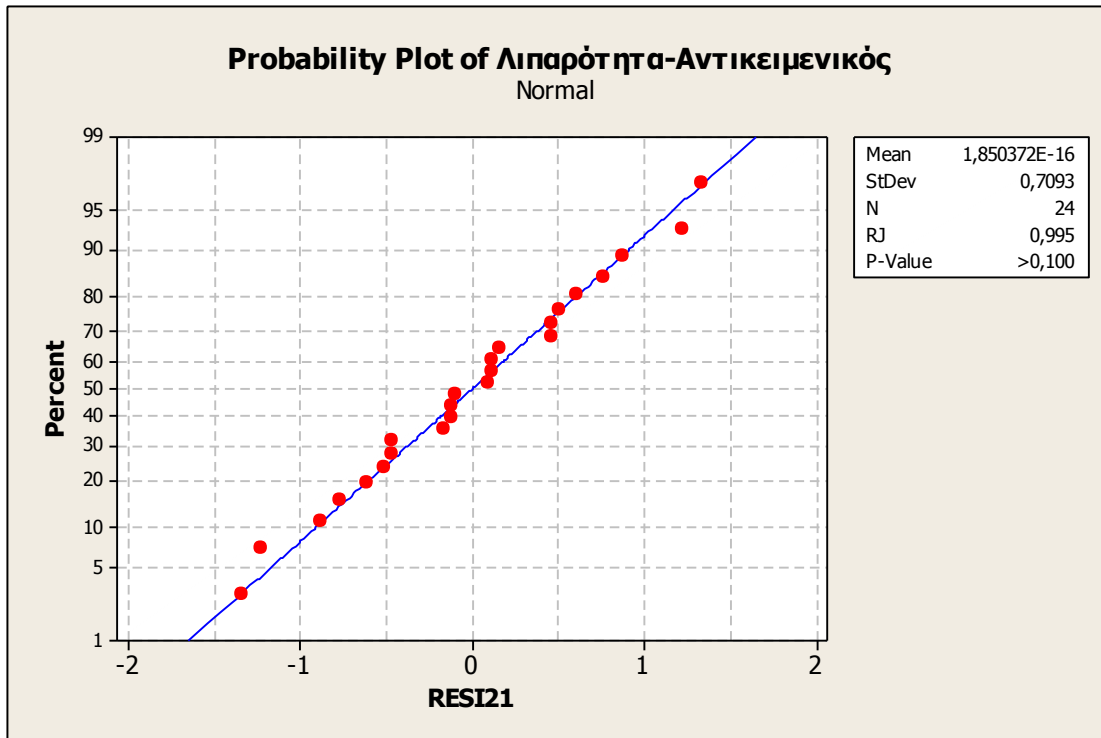
Μέγεθος Λιποσφαιρίων	fixed	2	M; μ
Πρόσθετα	fixed	3	Καζεΐνικά; Πρωτεΐνες; Τίποτα
Ημέρα Συντήρησης	fixed	2	1; 7

Analysis of Variance for Λιπαρότητα-Αντικειμενικός, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Μέγεθος Λιποσφαιρίων	1	14,5237	14,5237	14,5237	15,06	0,002
Πρόσθετα	2	1,4330	1,4330	0,7165	0,74	0,496
Ημέρα Συντήρησης	1	0,8251	0,8251	0,8251	0,86	0,373
Μέγεθος Λιποσφαιρίων*Πρόσθετα	2	17,4808	17,4808	8,7404	9,06	0,004
Μέγεθος Λιποσφαιρίων* Ημέρα Συντήρησης	1	0,1001	0,1001	0,1001	0,10	0,753
Πρόσθετα*Ημέρα Συντήρησης	2	0,6437	0,6437	0,3218	0,33	0,723
Μέγεθος Λιποσφαιρίων*Πρόσθετα* Ημέρα Συντήρησης	2	5,6389	5,6389	2,8195	2,92	0,092
Error	12	11,5730	11,5730	0,9644		
Total	23	52,2184				

S = 0,982048 R-Sq = 77,84% R-Sq(adj) = 57,52%





Παχύρευστο

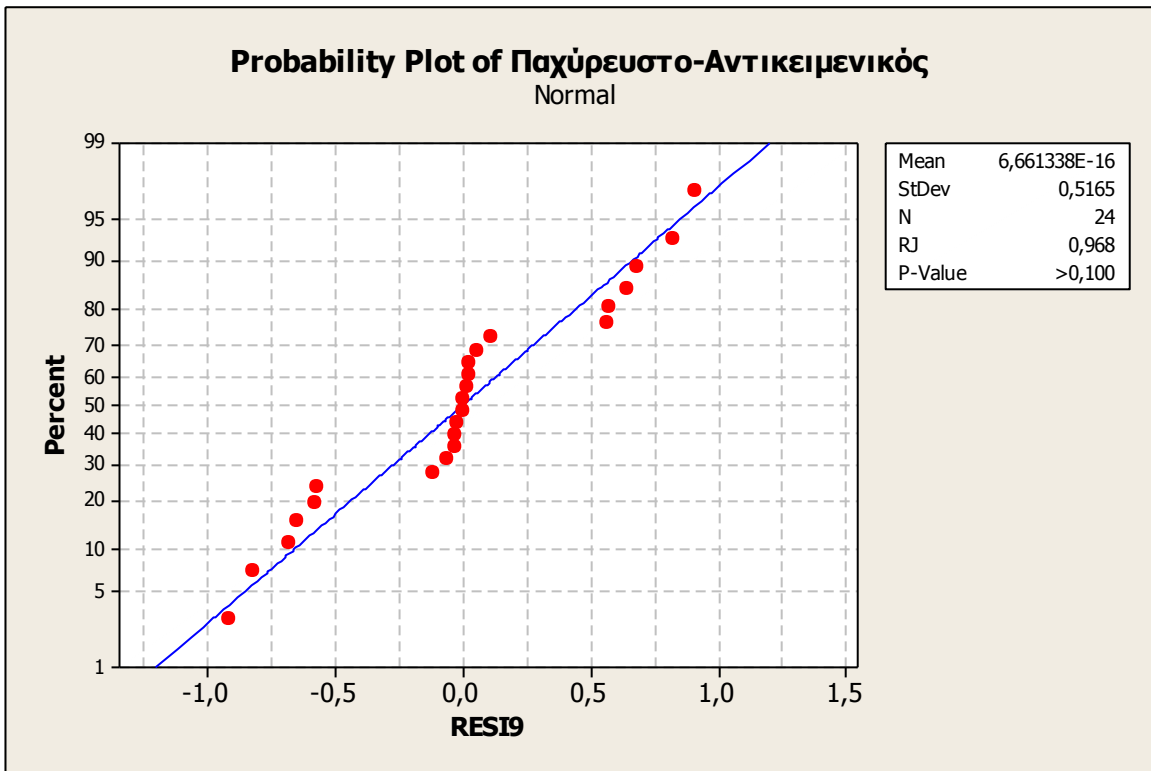
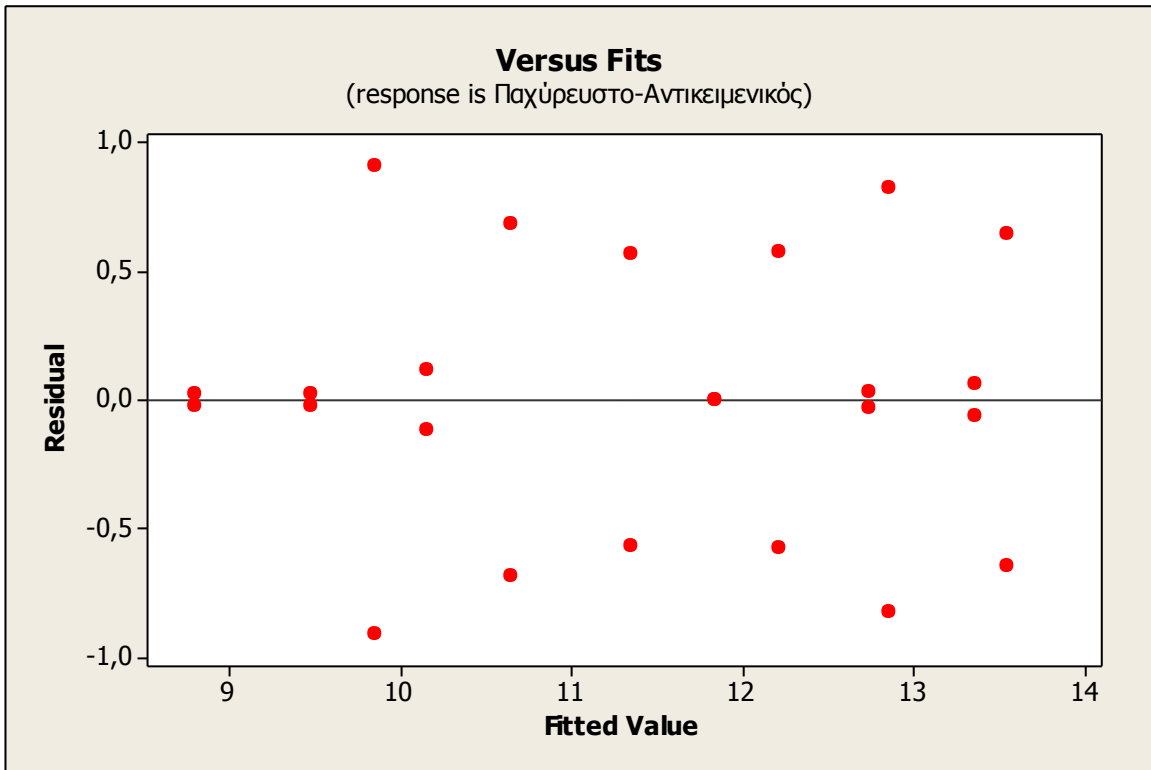
General Linear Model: Παχύρευστο-A versus Μέγεθος Λιπο; Πρόσθετα; ...

Factor	Type	Levels	Values
Μέγεθος Λιποσφαιρίων	fixed	2	M; μ
Πρόσθετα	fixed	3	Καζεΐνικά; Πρωτεΐνες; Τίποτα
Ημέρα Συντήρησης	fixed	2	1; 7

Analysis of Variance for Παχύρευστο-Αντικειμενικός, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Μέγεθος Λιποσφαιρίων	1	44,1676	44,1676	44,1676	86,39	0,000
Πρόσθετα	2	8,1380	8,1380	4,0690	7,96	0,006
Ημέρα Συντήρησης	1	2,8030	2,8030	2,8030	5,48	0,037
Μέγεθος Λιποσφαιρίων*Πρόσθετα	2	0,0018	0,0018	0,0009	0,00	0,998
Μέγεθος Λιποσφαιρίων* Ημέρα Συντήρησης	1	1,2267	1,2267	1,2267	2,40	0,147
Πρόσθετα*Ημέρα Συντήρησης	2	0,0050	0,0050	0,0025	0,00	0,995
Μέγεθος Λιποσφαιρίων*Πρόσθετα* Ημέρα Συντήρησης	2	0,0396	0,0396	0,0198	0,04	0,962
Error	12	6,1354	6,1354	0,5113		
Total	23	62,5172				

S = 0,715043 R-Sq = 90,19% R-Sq(adj) = 81,19%



Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Πρόσθετα N Mean Grouping

Καζεΐνικά	8	12,1	A
Πρωτεΐνες	8	11,4	A B
Τίποτα	8	10,7	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Αρεστότητα

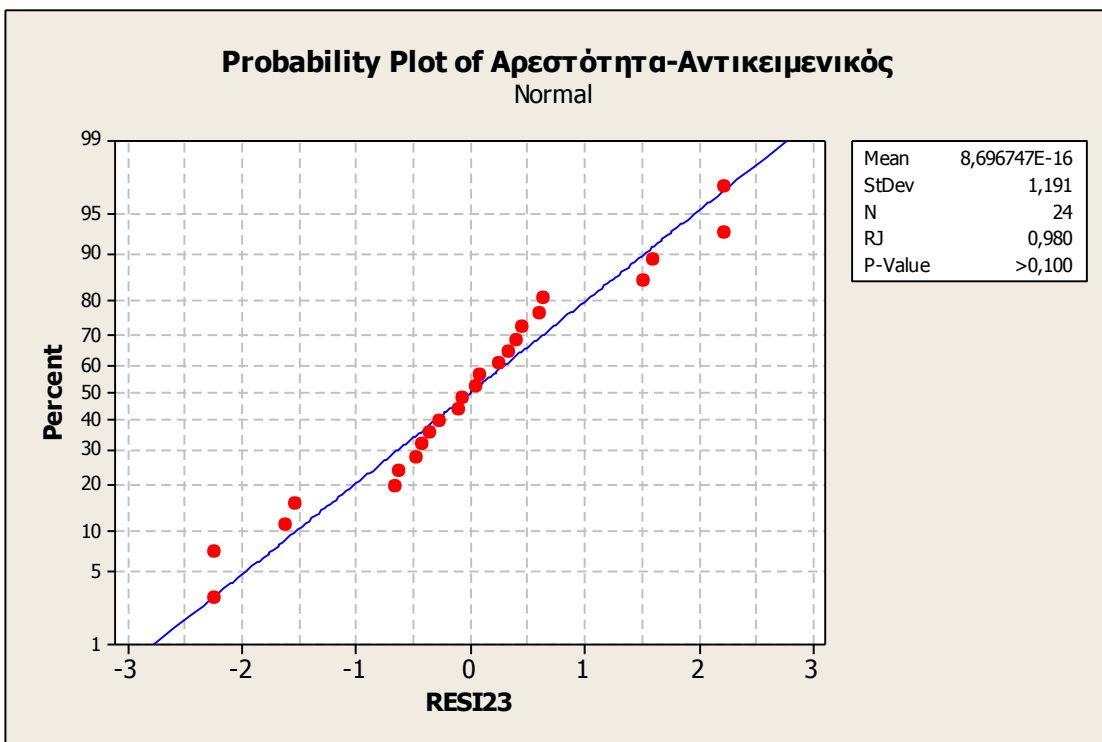
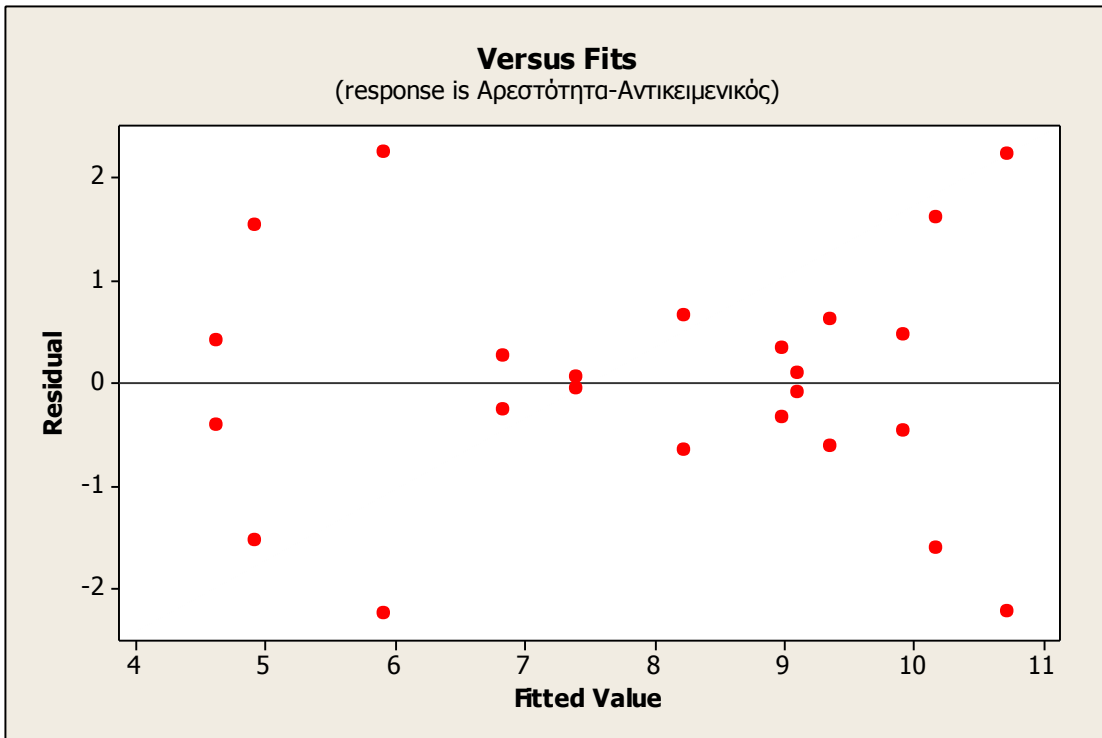
General Linear Model: Αρεστότητα-A versus Μέγεθος Λιπο; Πρόσθετα; ...

Factor	Type	Levels	Values
Μέγεθος Λιποσφαιρίων	fixed	2	M; μ
Πρόσθετα	fixed	3	Καζεΐνικά; Πρωτεΐνες; Τίποτα
Ημέρα Συντήρησης	fixed	2	1; 7

Analysis of Variance for Αρεστότητα-Αντικειμενικός, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Μέγεθος Λιποσφαιρίων	1	39,189	39,189	39,189	14,42	0,003
Πρόσθετα	2	17,225	17,225	8,613	3,17	0,079
Ημέρα Συντήρησης	1	12,315	12,315	12,315	4,53	0,055
Μέγεθος Λιποσφαιρίων*Πρόσθετα	2	9,072	9,072	4,536	1,67	0,229
Μέγεθος Λιποσφαιρίων* Ημέρα Συντήρησης	1	7,397	7,397	7,397	2,72	0,125
Πρόσθετα*Ημέρα Συντήρησης	2	2,394	2,394	1,197	0,44	0,654
Μέγεθος Λιποσφαιρίων*Πρόσθετα* Ημέρα Συντήρησης	2	5,653	5,653	2,826	1,04	0,383
Error	12	32,615	32,615	2,718		
Total	23	125,860				

S = 1,64861 R-Sq = 74,09% R-Sq(adj) = 50,33%



Χημικές Αναλύσεις

Γαλακτικό

General Linear Model: Γαλακτικό versus Μέγεθος Λιποσφαι; Πρόσθετα; ...

Factor	Type	Levels	Values
Μέγεθος Λιποσφαιρίων	fixed	2	M; μ
Πρόσθετα	fixed	3	Καζεΐνικά; Πρωτεΐνες; Τίποτα
Ημέρα Συντήρησης	fixed	2	1; 7

Analysis of Variance for Γαλακτικό, using Adjusted SS for Tests

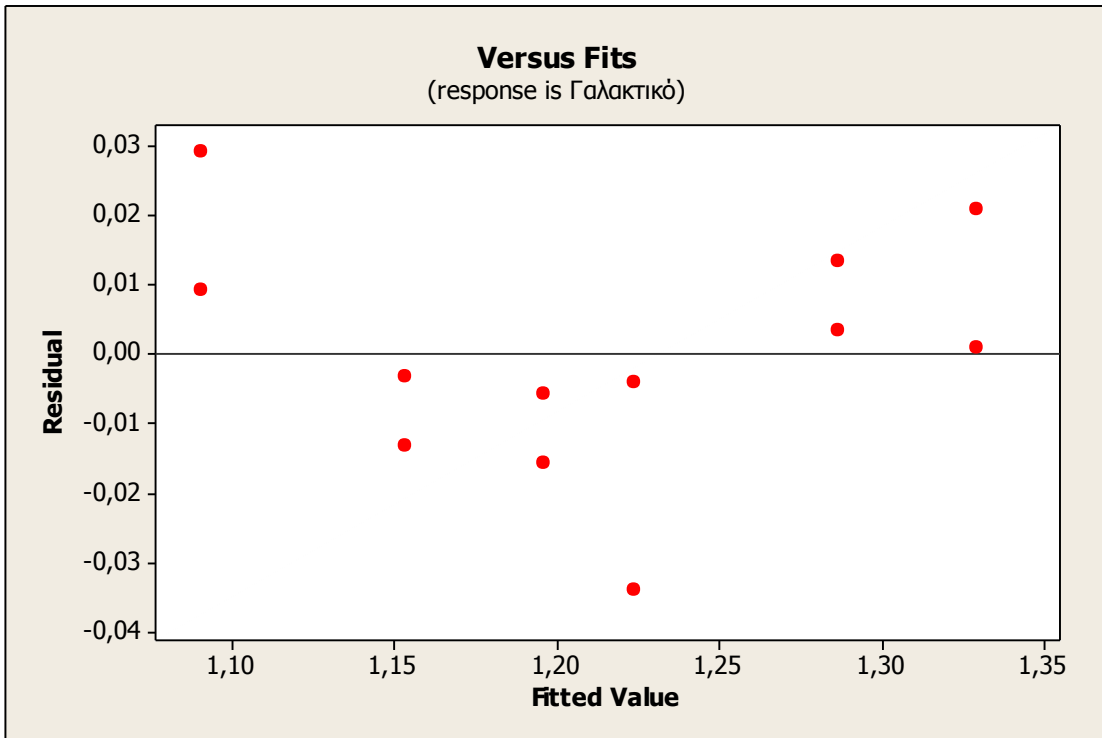
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Μέγεθος Λιποσφαιρίων	1	0,000000	0,000000	0,000000	0,00	1,000
Πρόσθετα	2	0,022317	0,022317	0,011158	24,28	0,001
Ημέρα Συντήρησης	1	0,053333	0,053333	0,053333	116,06	0,000
Error	7	0,003217	0,003217	0,000460		
Total	11	0,078867				

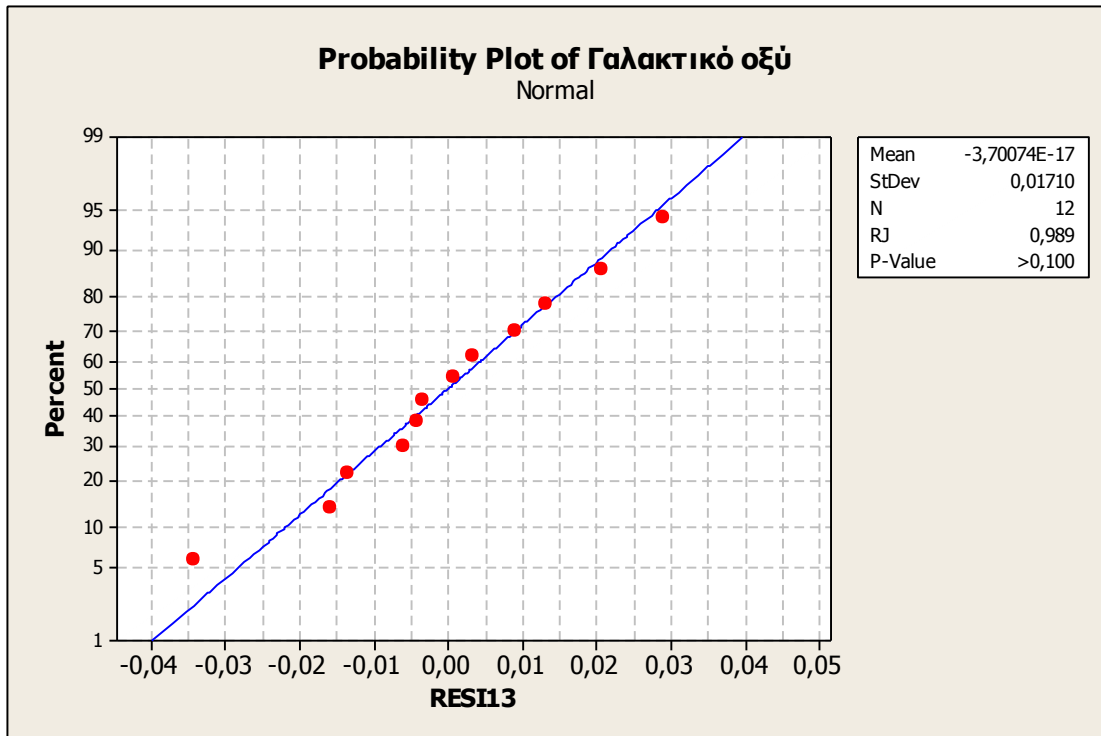
S = 0,0214365 R-Sq = 95,92% R-Sq(adj) = 93,59%

Unusual Observations for Γαλακτικό

Obs	Γαλακτικό	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
11	1,19000	1,22417	0,01384	-0,03417	-2,09 R

R denotes an observation with a large standardized residual.





Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Πρόσθετα	N	Mean	Grouping
Καζεΐνικά	4	1,3	A
Πρωτεΐνες	4	1,2	A
Τίποτα	4	1,2	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Χρόνος Επώασης

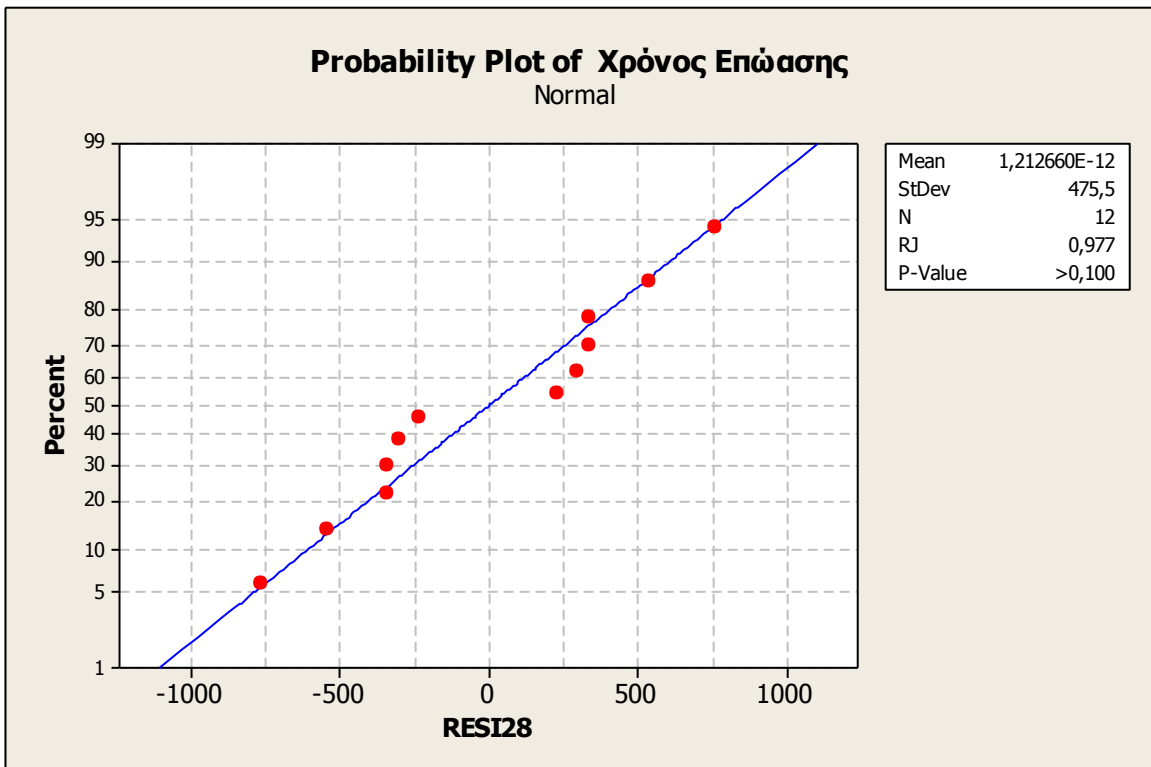
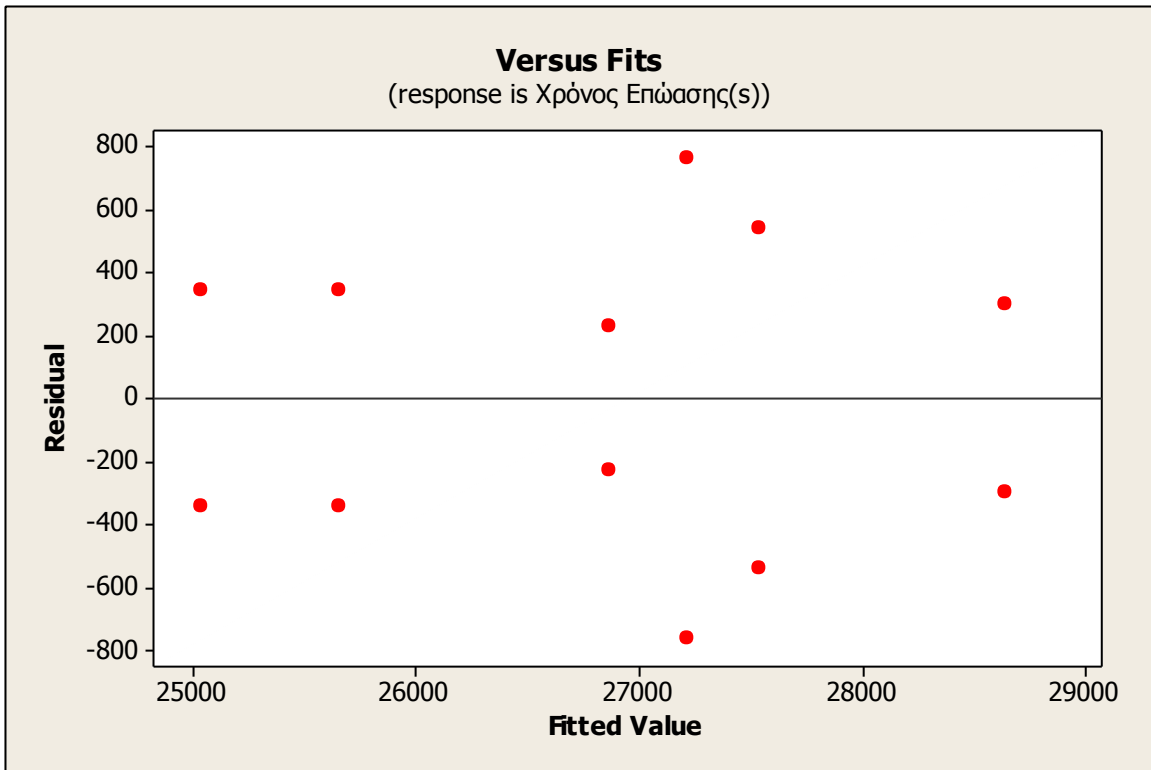
General Linear Model: Χρόνος Επώασης(s versus Μέγεθος Λιποσφαι; Πρόσθετα

Factor	Type	Levels	Values
Μέγεθος Λιποσφαιρίων	fixed	2	M; μ
Πρόσθετα	fixed	3	Καζεΐνικά; Πρωτεΐνες; Τίποτα

Analysis of Variance for Χρόνος Επώασης(s), using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Μέγεθος Λιποσφαιρίων	1	5633	5633	5633	0,01	0,911
Πρόσθετα	2	15296867	15296867	7648433	18,46	0,003
Μέγεθος Λιποσφαιρίων*Πρόσθετα	2	1711267	1711267	855633	2,06	0,208
Error	6	2486600	2486600	414433		
Total	11	19500367				

S = 643,765 R-Sq = 87,25% R-Sq(adj) = 76,62%



Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Πρόσθετα	N	Mean	Grouping
Τίποτα	4	28090,0	A
Καζεΐνικά	4	27045,0	A
Πρωτεΐνες	4	25350,0	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Φωτεινότητα

General Linear Model: Φωτεινότητα(L) versus Μέγεθος Λιποσφαι; Πρόσθετα_2

Factor	Type	Levels	Values
Μέγεθος Λιποσφαιρίων_2	fixed	2	M; μ
Πρόσθετα_2	fixed	3	Καζεΐνικά; Πρωτεΐνες; Τίποτα

Analysis of Variance for Φωτεινότητα(L), using Adjusted SS for Tests

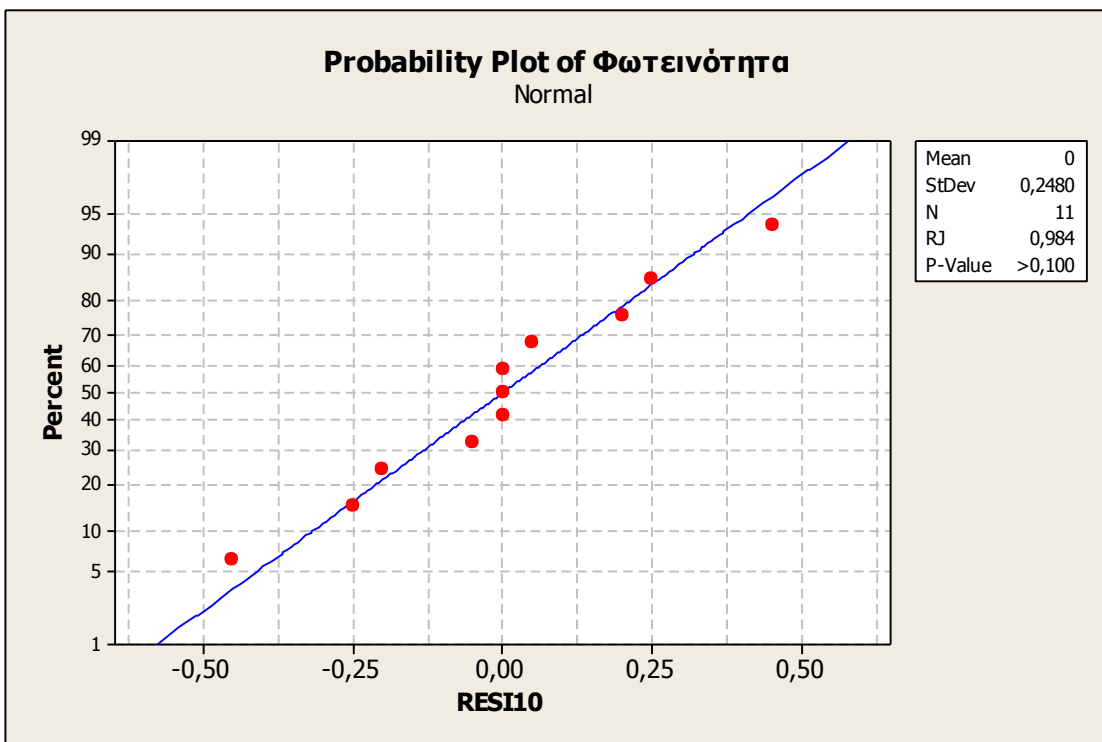
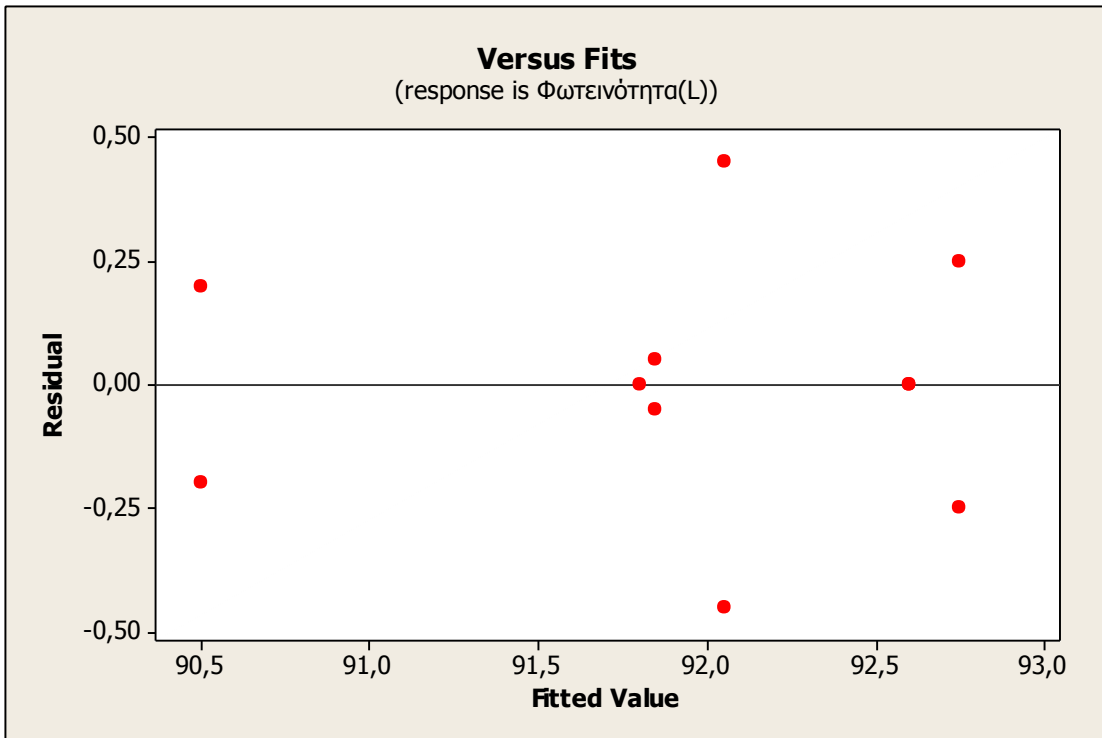
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Μέγεθος Λιποσφαιρίων_2	1	3,7121	3,0179	3,0179	24,54	0,004
Πρόσθετα_2	2	2,3383	2,3562	1,1781	9,58	0,019
Μέγεθος Λιποσφαιρίων_2*Πρόσθετα_2	2	0,3400	0,3400	0,1700	1,38	0,333
Error	5	0,6150	0,6150	0,1230		
Total	10	7,0055				

S = 0,350714 R-Sq = 91,22% R-Sq(adj) = 82,44%

Unusual Observations for Φωτεινότητα(L)

Obs	Φωτεινότητα(L)	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
3	91,8000	91,8000	0,3507	0,0000	* X

X denotes an observation whose X value gives it large leverage.



Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Πρόσθετα_2	N	Mean	Grouping
Πρωτεΐνες	3	92,3	A

Καζεϊνικά	4	92,2	A
Τίποτα	4	91,3	B

Means that do not share a letter are significantly different.

a

General Linear Model: a versus Μέγεθος Λιποσφαιρίων; Πρόσθετα

Factor	Type	Levels	Values
Μέγεθος Λιποσφαιρίων	fixed	2	M; μ
Πρόσθετα	fixed	3	Καζεϊνικά; Πρωτεΐνες; Τίποτα

Analysis of Variance for a, using Adjusted SS for Tests

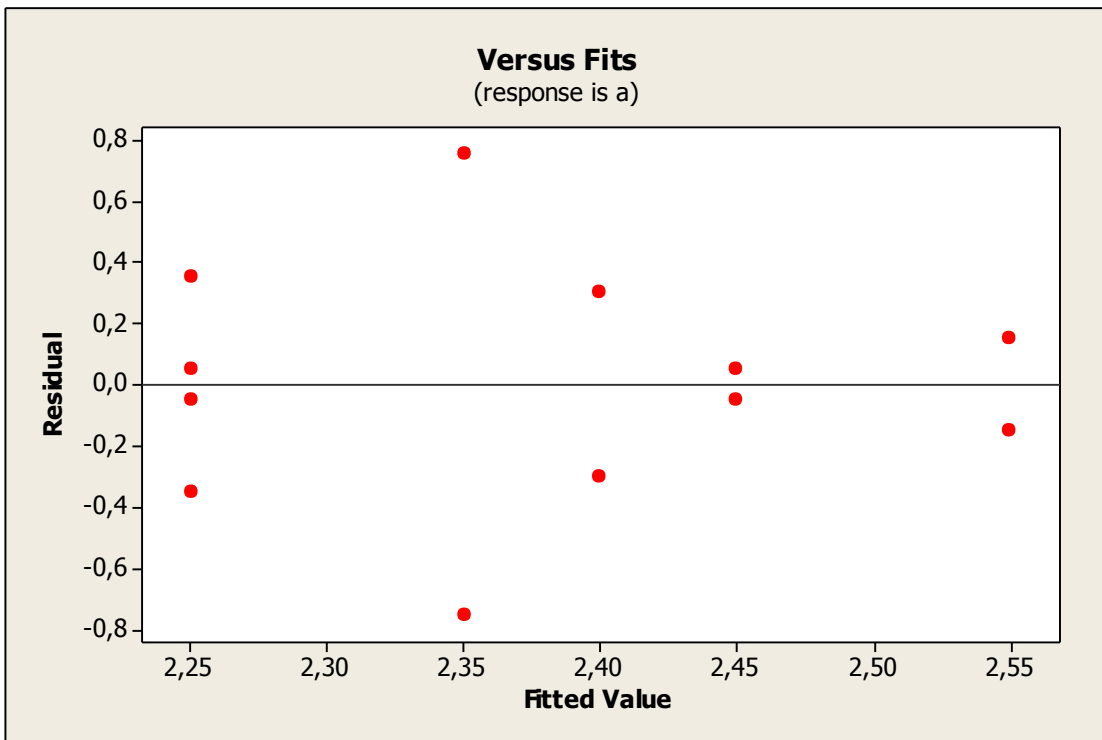
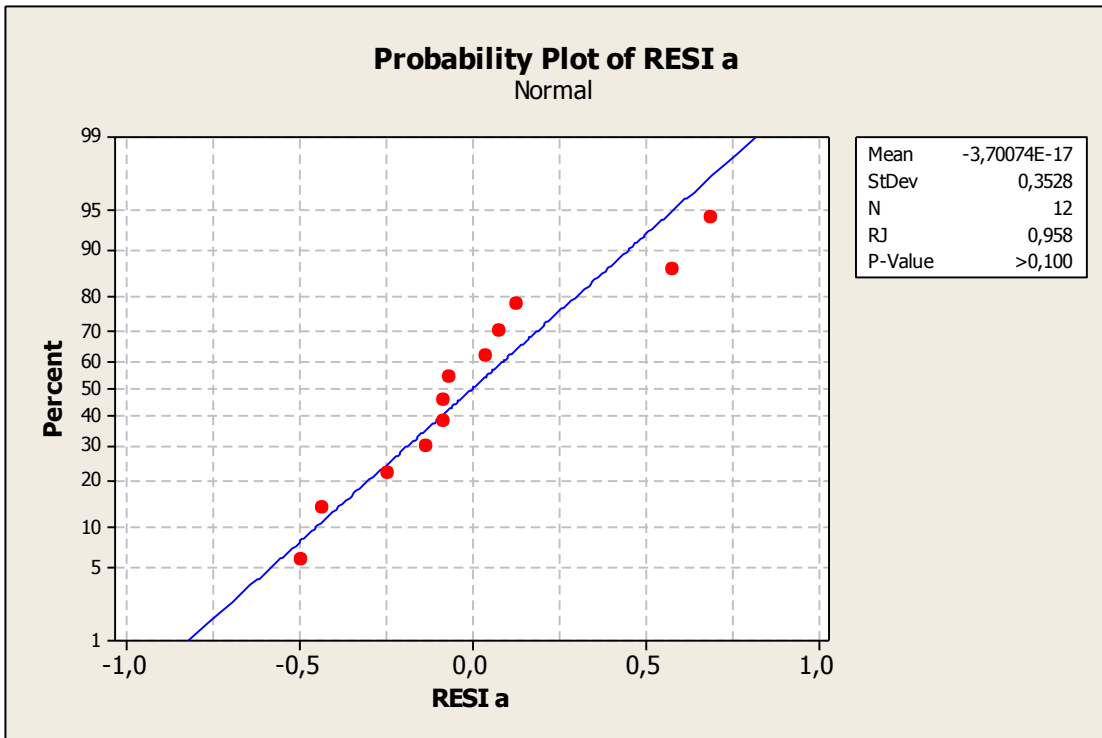
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Μέγεθος Λιποσφαιρίων	1	0,0675	0,0675	0,0675	0,25	0,633
Πρόσθετα	2	0,0050	0,0050	0,0025	0,01	0,991
Μέγεθος Λιποσφαιρίων*Πρόσθετα	2	0,0650	0,0650	0,0325	0,12	0,888
Error	6	1,6050	1,6050	0,2675		
Total	11	1,7425				

S = 0,517204 R-Sq = 7,89% R-Sq(adj) = 0,00%

Unusual Observations for a

Obs	a	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
5	-1,60000	-2,35000	0,36572	0,75000	2,05 R
11	-3,10000	-2,35000	0,36572	-0,75000	-2,05 R

R denotes an observation with a large standardized residual.



b

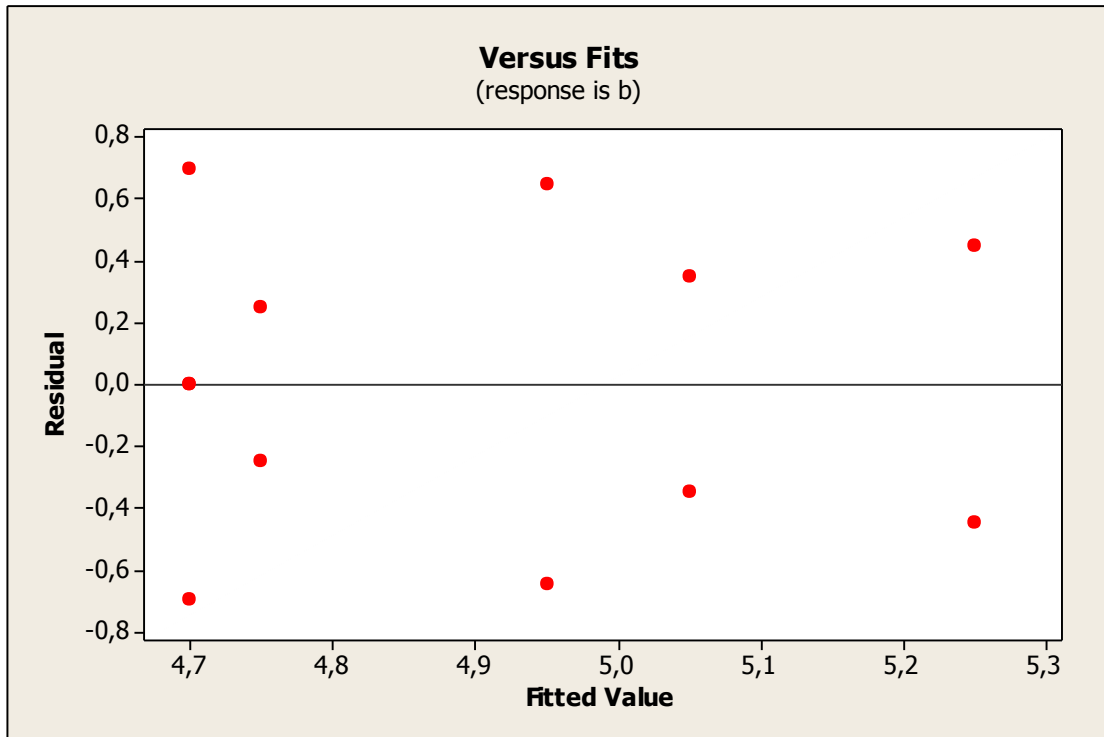
General Linear Model: b versus Μέγεθος Λιποσφαιρίων; Πρόσθετα

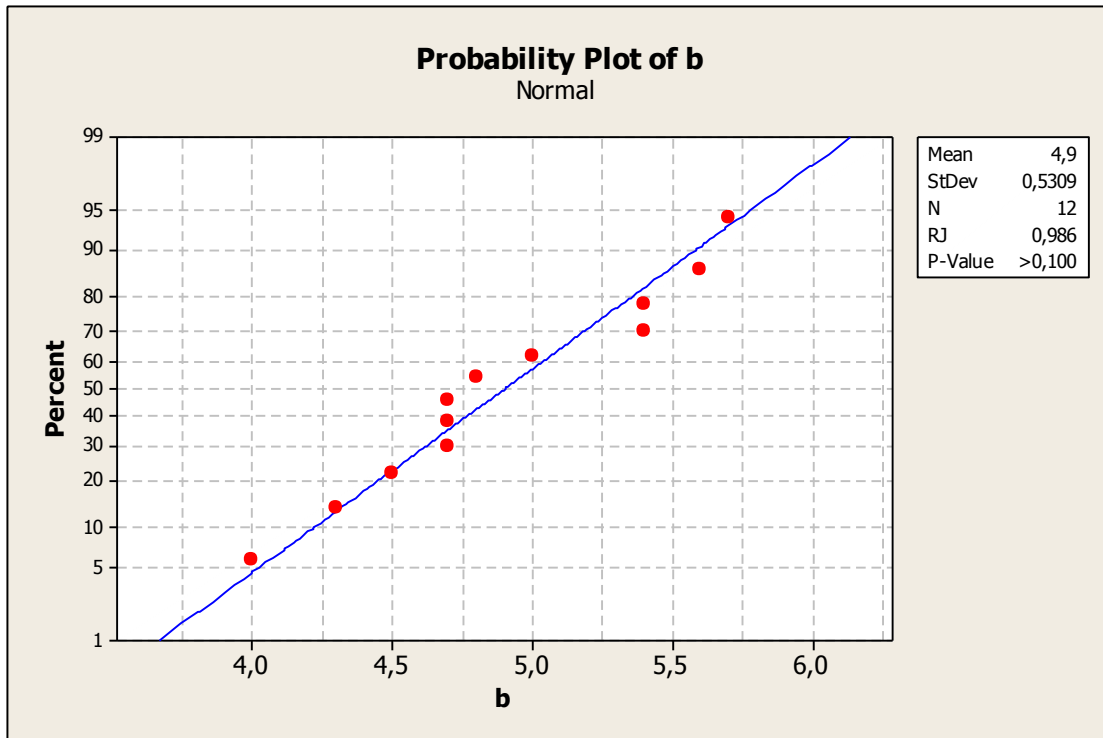
Factor	Type	Levels	Values
Μέγεθος Λιποσφαιρίων	fixed	2	M; μ
Πρόσθετα	fixed	3	Καζεΐνικά; Πρωτεΐνες; Τίποτα

Analysis of Variance for b, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Μέγεθος Λιποσφαιρίων	1	0,0833	0,0833	0,0833	0,19	0,676
Πρόσθετα	2	0,3950	0,3950	0,1975	0,46	0,654
Μέγεθος Λιποσφαιρίων*Πρόσθετα	2	0,0217	0,0217	0,0108	0,02	0,975
Error	6	2,6000	2,6000	0,4333		
Total	11	3,1000				

S = 0,658281 R-Sq = 16,13% R-Sq(adj) = 0,00%





ΔΕΙΚΤΗΣ ΡΕΟΛΟΓΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ

General Linear Model: Δείκτης versus Μέγεθος Λιποσφαιρίων; Πρόσθετα; ...

Factor	Type	Levels	Values
Μέγεθος Λιποσφαιρίων	fixed	2	M; μ
Πρόσθετα	fixed	3	Καζεΐνικά; Πρωτεΐνες; Τίποτα
Ημέρα Συντήρησης	fixed	2	1; 7

Analysis of Variance for Δείκτης, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Μέγεθος Λιποσφαιρίων	1	0,071723	0,071723	0,071723	389,27	0,000
Πρόσθετα	2	0,092726	0,092726	0,046363	251,63	0,000
Ημέρα Συντήρησης	1	0,006273	0,006273	0,006273	34,04	0,000
Μέγεθος Λιποσφαιρίων*Πρόσθετα	2	0,041466	0,041466	0,020733	112,53	0,000
Μέγεθος Λιποσφαιρίων* Ημέρα Συντήρησης	1	0,002773	0,002773	0,002773	15,05	0,002
Πρόσθετα*Ημέρα Συντήρησης	2	0,000733	0,000733	0,000367	1,99	0,179
Μέγεθος Λιποσφαιρίων*Πρόσθετα* Ημέρα Συντήρησης	2	0,003040	0,003040	0,001520	8,25	0,006
Error	12	0,002211	0,002211	0,000184		

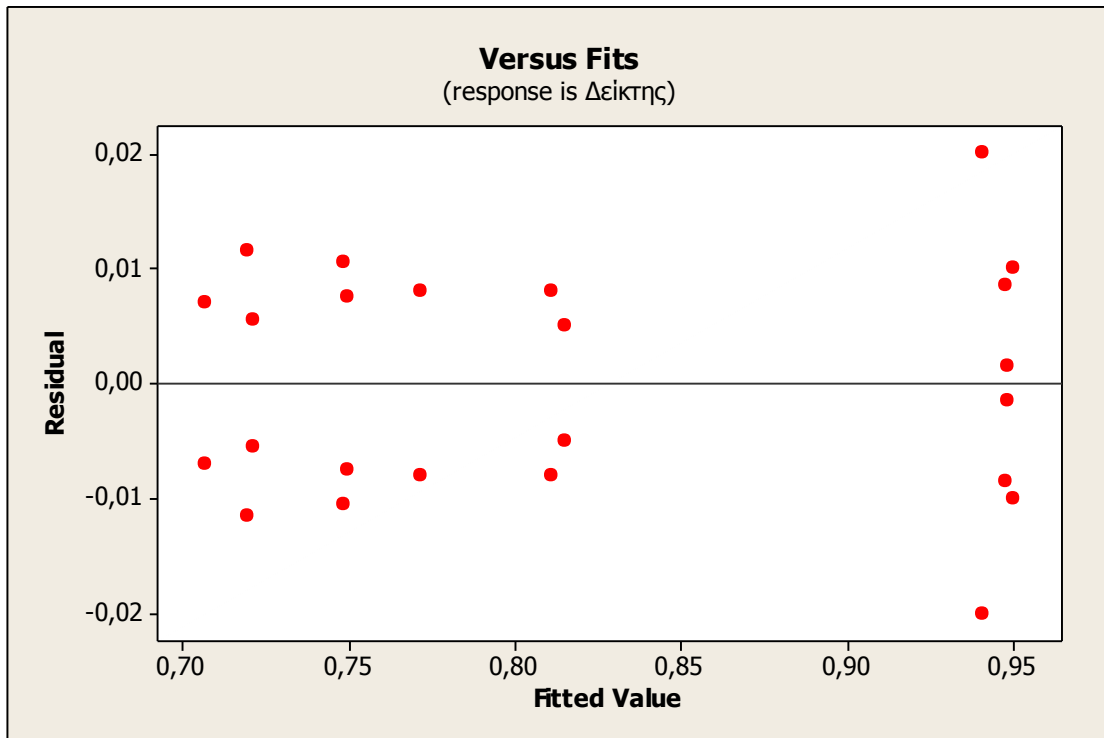
Total 23 0,220945

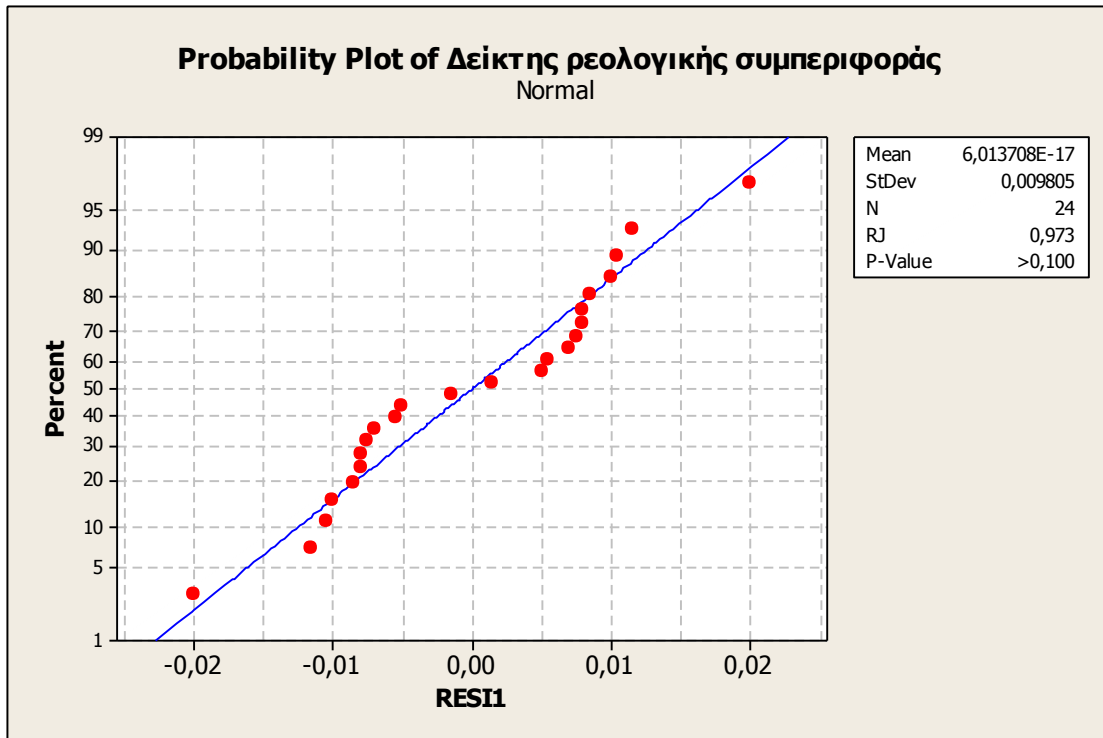
S = 0,0135739 R-Sq = 99,00% R-Sq(adj) = 98,08%

Unusual Observations for Δείκτης

Obs	Δείκτης	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
9	0,961000	0,941000	0,009598	0,020000	2,08 R
21	0,921000	0,941000	0,009598	-0,020000	-2,08 R

R denotes an observation with a large standardized residual.





Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Πρόσθετα	N	Mean	Grouping
Καζεΐνικά	8	0,9	A
Πρωτεΐνες	8	0,9	A
Τίποτα	8	0,7	B

Means that do not share a letter are significantly different.

pH

General Linear Model: pH versus Μέγεθος Λιποσφαιρίων; Πρόσθετα

Factor	Type	Levels	Values
Μέγεθος Λιποσφαιρίων	fixed	2	M; μ
Πρόσθετα	fixed	3	Καζεΐνικά; Πρωτεΐνες; Τίποτα

Analysis of Variance for pH, using Adjusted SS for Tests

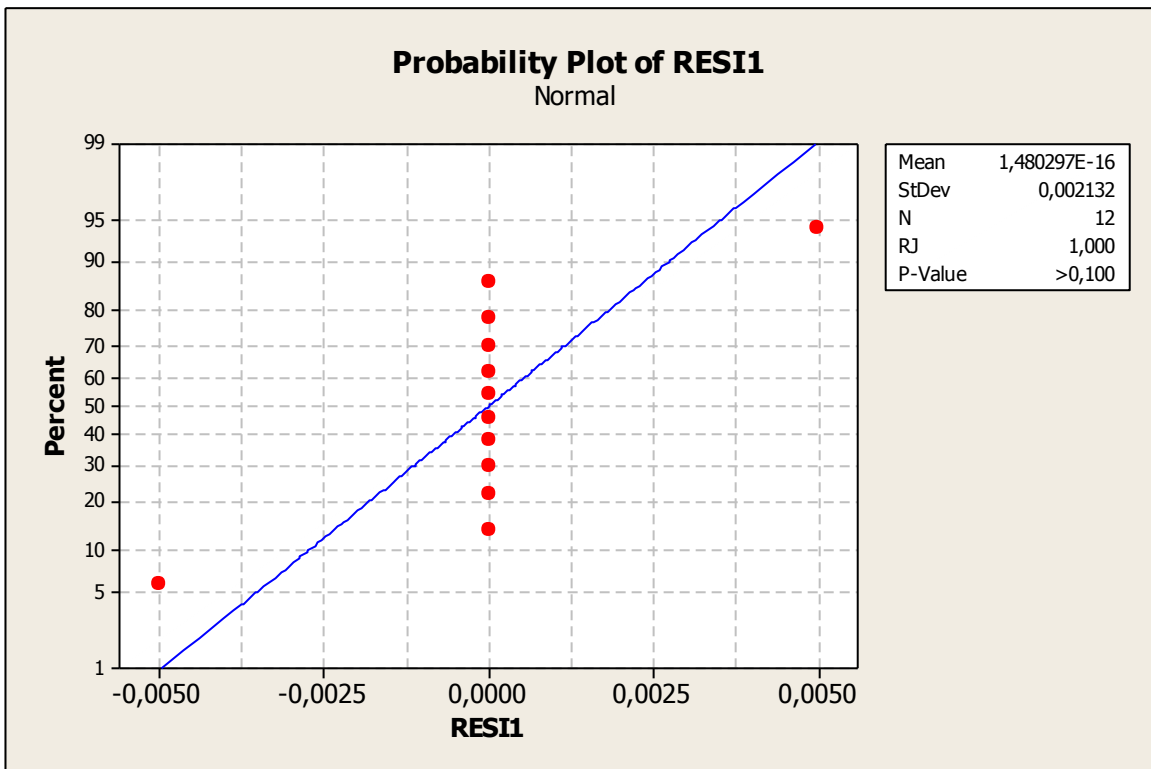
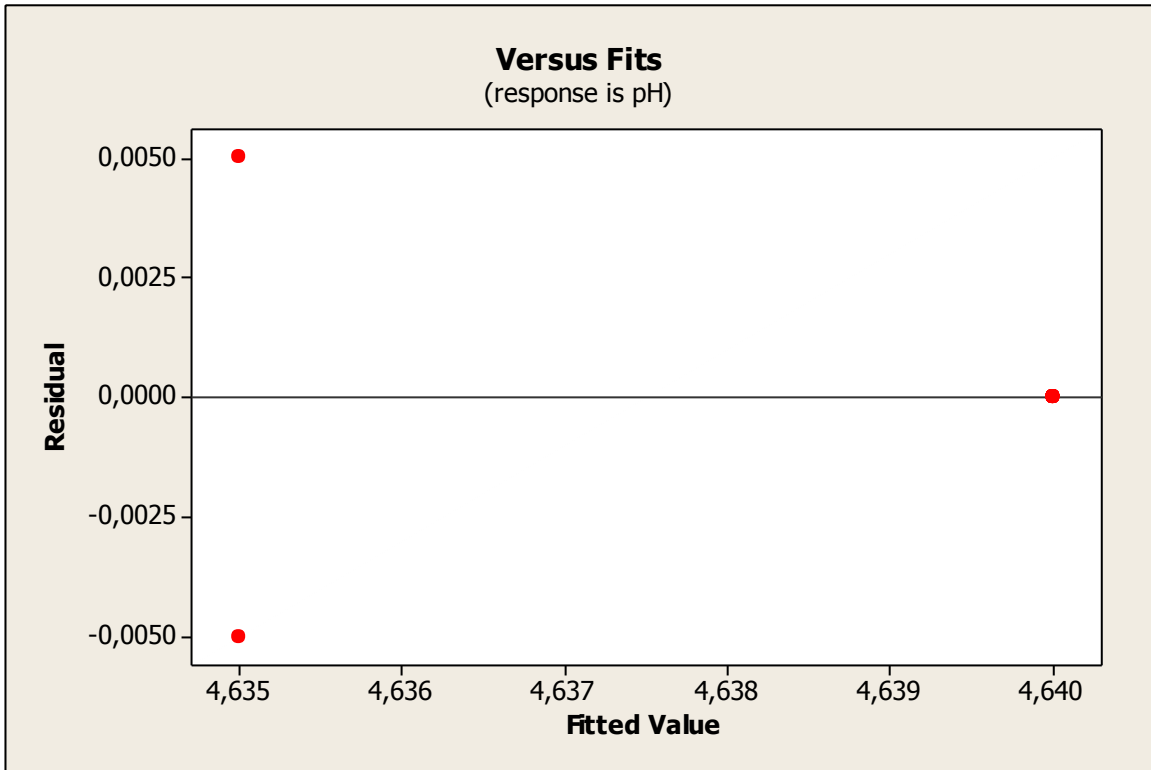
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Μέγεθος Λιποσφαιρίων	1	0,0000083	0,0000083	0,0000083	1,00	0,356
Πρόσθετα	2	0,0000167	0,0000167	0,0000083	1,00	0,422
Μέγεθος Λιποσφαιρίων*Πρόσθετα	2	0,0000167	0,0000167	0,0000083	1,00	0,422
Error	6	0,0000500	0,0000500	0,0000083		
Total	11	0,0000917				

S = 0,00288675 R-Sq = 45,45% R-Sq(adj) = 0,00%

Unusual Observations for pH

Obs	pH	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
3	4,64000	4,63500	0,00204	0,00500	2,45 R
9	4,63000	4,63500	0,00204	-0,00500	-2,45 R

R denotes an observation with a large standardized residual.



Ξηρή Ουσία

General Linear Model: Ξηρή Ουσία versus Μέγεθος Λιποσφαιρίων; Πρόσθετα

Factor	Type	Levels	Values
Μέγεθος Λιποσφαιρίων	fixed	2	M; μ
Πρόσθετα	fixed	3	Καζεΐνικά; Πρωτεΐνες; Τίποτα

Analysis of Variance for Ξηρή Ουσία, using Adjusted SS for Tests

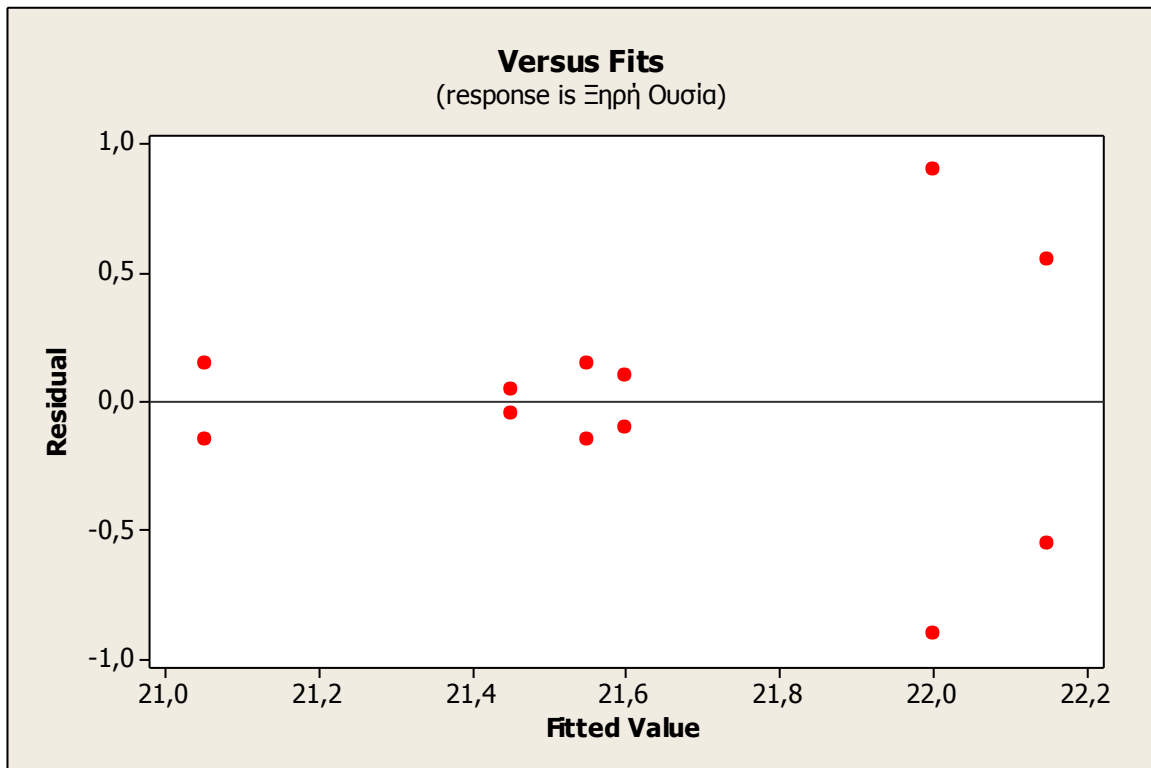
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Μέγεθος Λιποσφαιρίων	1	0,9633	0,9633	0,9633	2,47	0,167
Πρόσθετα	2	0,5717	0,5717	0,2858	0,73	0,519
Μέγεθος Λιποσφαιρίων*Πρόσθετα	2	0,0317	0,0317	0,0158	0,04	0,960
Error	6	2,3400	2,3400	0,3900		
Total	11	3,9067				

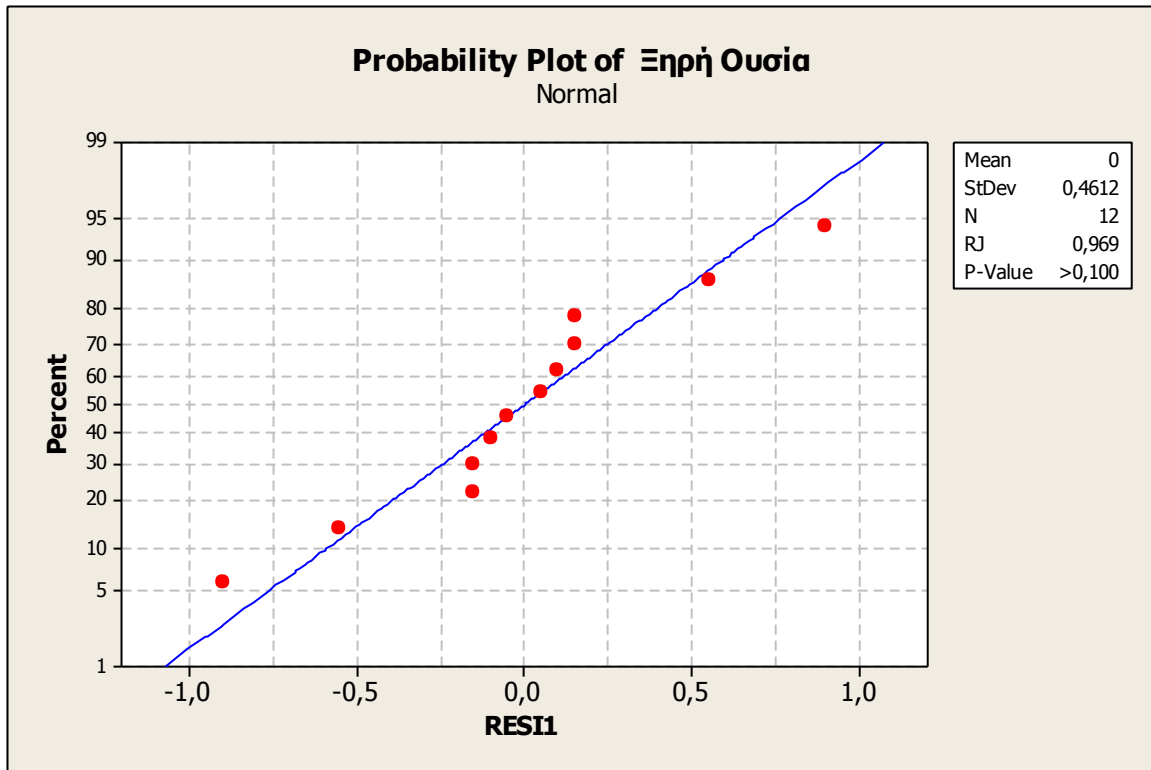
S = 0,624500 R-Sq = 40,10% R-Sq(adj) = 0,00%

Unusual Observations for Ξηρή Ουσία

Obs	Ξηρή Ουσία	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
3	21,1000	22,0000	0,4416	-0,9000	-2,04 R
9	22,9000	22,0000	0,4416	0,9000	2,04 R

R denotes an observation with a large standardized residual.





Λίπος

General Linear Model: Λίπος versus Μέγεθος Λιποσφαιρίων; Πρόσθετα

Factor	Type	Levels	Values
Μέγεθος Λιποσφαιρίων	fixed	2	M; μ
Πρόσθετα	fixed	3	Καζεΐνικά; Πρωτεΐνες; Τίποτα

Analysis of Variance for Λίπος, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Μέγεθος Λιποσφαιρίων	1	0,00333	0,00333	0,00333	0,11	0,757
Πρόσθετα	2	0,02167	0,02167	0,01083	0,34	0,723
Μέγεθος Λιποσφαιρίων*Πρόσθετα	2	0,00167	0,00167	0,00083	0,03	0,974
Error	6	0,19000	0,19000	0,03167		
Total	11	0,21667				

S = 0,177951 R-Sq = 12,31% R-Sq(adj) = 0,00%

