



ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ  
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ  
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ  
ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ  
ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ

## ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Επίδραση του είδους του γάλακτος (βουβαλίσιο -  
αγελαδινό) στα ρεολογικά και οργανοληπτικά  
χαρακτηριστικά αναμιγμένης γιαούρτης**

ΒΛΑΧΒΕΗ ΚΑΛΛΙΟΠΗ  
ΔΕΛΗΓΕΩΡΓΑΚΗΣ ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2014

**Επίδραση του είδους του γάλακτος (βουβαλίσιο - αγελαδινό) στα  
ρεολογικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά αναμιγμένης  
γιαούρτης**

ΒΛΑΧΒΕΗ ΚΑΛΛΙΟΠΗ - ΔΕΛΗΓΕΩΡΓΑΚΗΣ ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΣ

Υποβολή πτυχιακής εργασίας που αποτελεί μέρος των απαιτήσεων για  
την απονομή του πτυχίου του Τμήματος Τεχνολογίας Τροφίμων του  
ΑΤΕΙ Θεσσαλονίκης.

ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2014

ΕΙΣΗΓΗΤΡΙΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ  
ΔΗΜΗΤΡΕΛΗ ΓΕΩΡΓΙΑ

# **Επίδραση του είδους του γάλακτος (βουβαλίσιο - αγελαδινό) στα ρεολογικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά αναμιγμένης γιαούρτης**

ΒΛΑΧΒΕΗ ΚΑΛΛΙΟΠΗ - ΔΕΛΗΓΕΩΡΓΑΚΗΣ ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΣ

Αλεξάνδρειο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Θεσσαλονίκης  
Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας και Τεχνολογίας Τροφίμων και Διατροφής, Τμήμα Τεχνολογίας Τροφίμων,  
Τ.Θ. 141,57400 Θεσσαλονίκη

## **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η επίδραση του είδους του γάλακτος (βουβαλίσιο - αγελαδινό) και της προσθήκης καζεϊνικών αλάτων (SCN) στα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά, στις ρεολογικές ιδιότητες και στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά (αντικειμενικός και υποκειμενικός έλεγχος) αναμιγμένης γιαούρτης. Για την παρασκευή των δειγμάτων χρησιμοποιήθηκαν 5 διαφορετικά ποσοστά μίξης βουβαλίσιου και αγελαδινού γάλακτος (100%-0%, 75%-25%, 50%-50%, 25%-75%, 0%-100%). Συνολικά παρασκευάστηκαν 10 δείγματα γιαούρτης με και χωρίς προσθήκη SCN.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, η αύξηση του ποσοστού προσθήκης βουβαλίσιου γάλακτος και η προσθήκη SCN είχαν ως αποτέλεσμα την αύξηση του χρόνου επώασης, της οξύτητας, της ξηρής ουσίας, της ξηρής ουσίας άνευ λίπους και της φωτεινότητας των δειγμάτων γιαούρτης, ενώ προκάλεσαν τη μείωση της σταθεράς  $b^*$ . Όσον αφορά τα ρεολογικά χαρακτηριστικά, η αύξηση του ποσοστού προσθήκης βουβαλίσιου γάλακτος προκάλεσε την αύξηση του φαινομενικού ιξώδους και του συντελεστή ελαστικότητας ( $G'$ ), ενώ οδήγησε σε μείωση του δείκτη ρεολογικής συμπεριφοράς ( $n$ ) και της  $\tan \delta$ . Η προσθήκη SCN επηρέασε με τον ίδιο τρόπο το φαινομενικό ιξώδες, τον  $G'$  και την  $\tan \delta$ , ενώ προκάλεσε την αύξηση του  $n$ . Όσον αφορά τον αξιολόγηση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των δειγμάτων, η προσθήκη SCN καθώς και η αύξηση του ποσοστού προσθήκης βουβαλίσιου γάλακτος προκάλεσαν την αύξηση της έντασης της λιπαρότητας και της έντασης του παχύρευστου. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του ηδονικού ελέγχου, καθώς επίσης και με τα αποτελέσματα από την αξιολόγηση της αποδεκτότητας ως προς την αρεστότητα, οι μεταχειρίσεις οι οποίες περιείχαν SCN και αυξημένα ποσοστά βουβαλίσιου γάλακτος αξιολογήθηκαν με υψηλότερη βαθμολογία από τους δοκιμαστές.

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

1. Εισαγωγή.....	1
2. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση .....	2
2.1. Βουβαλίσιο γάλα .....	2
2.2. Πρώτες ύλες για την παρασκευή γιαούρτης.....	4
2.2.1. Γάλα.....	4
2.2.2. Οξυγαλακτική καλλιέργεια .....	4
2.3. Βασικά στάδια παρασκευής γιαούρτης.....	5
2.3.1. Επιλογή του γάλακτος .....	5
2.3.2. Τυποποίηση του γάλακτος.....	5
2.3.3. Ομογενοποίηση .....	5
2.3.4. Θερμική επεξεργασία .....	5
2.3.5. Προσθήκη οξυγαλακτικής καλλιέργειας .....	6
2.3.6. Επώαση.....	8
2.3.7. Ψύξη .....	8
2.4. Τύποι γιαούρτης .....	9
2.5. Μελέτη της ρεολογικής συμπεριφοράς της αναμιγμένης γιαούρτης.....	10
2.5.1. Δυναμική δοκιμή (δοκιμή ταλάντωσης).....	10
2.5.2. Προσδιορισμός του ιξώδους.....	14
3. Σκοπός Εργασίας .....	16
4. Υλικά και Μέθοδοι .....	17
4.1. Πρώτες ύλες .....	17
4.2. Παρασκευή δειγμάτων γιαούρτης.....	18
4.3. Φυσικοχημικές αναλύσεις.....	20
4.3.1. Προσδιορισμός pH .....	20
4.3.2. Προσδιορισμός οξύτητας γάλακτος και γιαούρτης.....	20

---

4.3.3. Προσδιορισμός λίπους γάλακτος και γιαούρτης .....	21
4.3.4. Προσδιορισμός ξηρής ουσίας γιαούρτης.....	22
4.3.5. Προσδιορισμός χρώματος γιαούρτης .....	23
4.4. Μελέτη της ρεολογικής συμπεριφοράς των δειγμάτων .....	24
4.4.1. Δυναμικός μηχανικός αναλυτής Bohlin C-VOR 150.....	24
4.4.2. Ιξωδόμετρο TR-1.....	25
4.4.3. Πειραματικές μετρήσεις .....	27
4.4.4. Επεξεργασία μετρήσεων.....	28
4.4.5. Φαινόμενα άκρων .....	29
4.4.6. Διόρθωση κινητικής ενέργειας .....	30
4.5. Οργανοληπτικός έλεγχος.....	31
4.6. Στατιστική ανάλυση .....	37
5. Αποτελέσματα και Συζήτηση .....	38
5.1. Χρόνος επώασης δειγμάτων γιαούρτης .....	38
5.2. Μελέτη φυσικοχημικών χαρακτηριστικών δειγμάτων γιαούρτης .....	39
5.3. Μελέτη της ρεολογικής συμπεριφοράς των δειγμάτων γιαούρτης.....	46
5.4. Οργανοληπτική αξιολόγηση δειγμάτων γιαούρτης.....	51
5.4.1. Αποτελέσματα αντικειμενικού ελέγχου .....	51
5.4.2. Αποτελέσματα Ηδονικού ελέγχου .....	56
6. Συμπεράσματα .....	58
7. Βιβλιογραφία .....	59
Παράρτημα.....	62

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.1: Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά βουβαλίσου και αγελαδινού γάλακτος (Ahmad <i>et al.</i> , 2008). .....	3
Πίνακας 2.2: Χημική σύσταση του γάλακτος του Ελληνικού βουβάλου (Bambidis <i>et al.</i> , 2011). .....	4
Πίνακας 4.1: Αποτελέσματα βασικών φυσικοχημικών ελέγχων βουβαλίσου και αγελαδινού γάλακτος. ....	17
Πίνακας 4.2:Σύσταση καζεϊνικών αλάτων. ....	18
Πίνακας 4. 3: Οι 10 συνθέσεις των δειγμάτων γιαούρτης. ....	19
Πίνακας 4.4: Πειραματικό σχέδιο.....	31
Πίνακας 5.1: Χρόνος επώασης των δειγμάτων γιαούρτης που απαιτείται για την επίτευξη της επιθυμητής τιμής pH 4,6.....	38
Πίνακας 5.2: Αποτελέσματα παραμέτρων προσδιορισμού χρώματος των δειγμάτων γιαούρτης. [ L*: φωτεινότητα, a*: διαβάθμιση του χρώματος από το ερυθρό (+a*) έως το πράσινο (-a*) και b* : διαβάθμιση από το κίτρινο (+b*) έως το κυανό (-b*)]. .....	40
Πίνακας 5.3: Αποτελέσματα των χημικών παραμέτρων (λίπος- οξύτητα- ξηρή ουσία- ξηρή ουσία άνευ λίπους), των δειγμάτων γιαούρτης. ....	40
Πίνακας 5.4: Τιμές του δείκτη ρεολογικής συμπεριφοράς (n), του συντελεστή ελαστικότητας και της tan δ των δειγμάτων γιαούρτης. ....	47
Πίνακας 5. 5: Μέση τιμή αντικειμενικών οργανοληπτικών μεταβλητών (cm). .....	52
Πίνακας 5.6: Μέση τιμή ηδονικών οργανοληπτικών μεταβλητών (cm). .....	53

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 2.1: Παραγωγή γαλακτικού οξέος από τα βακτήρια της γιαούρτης κατά την επώαση τους σε γάλα (Rašić & Kurmann, 1978). .....	7
Σχήμα 2.2: Διανυσματική ανάλυση των συντελεστών απώλειας διάτμησης και ελαστικότητας διάτμησης σε ημιτονοειδή διάτμηση (Ferry, 1980). .....	13
Σχήμα 2.3: Γεωμετρία και χρονικό προφίλ ενός απλού πειράματος διάτμησης με ημιτονοειδή διάτμηση (Ferry, 1980). .....	13

Σχήμα 2.4: Συμπεριφορά των ρευστών ανάλογα με την τιμή του δείκτη ρεολογικής συμπεριφοράς και της διατμητικής τάσης. ....	15
Σχήμα 4.1: Σχηματική απεικόνιση του σωληνωτού ρεομέτρου TR-1 (Dimitreli & Thomareis, 2004). ....	26
Σχήμα 4.2: Σχηματική απόδοση της αρχής λειτουργίας του σωληνωτού ρεομέτρου TR-1 (Xu & Raphaelides, 1998). ....	27
Σχήμα 5.1: Επίδραση της περιεκτικότητας σε βουβαλίσιο γάλα (%) και της προσθήκης καζεϊνικών αλάτων (%) στο χρόνο επώασης των δειγμάτων γιαούρτης. ....	39
Σχήμα 5.2: Επίδραση της περιεκτικότητας σε βουβαλίσιο γάλα (%) και της προσθήκης καζεϊνικών αλάτων (%) στη φωτεινότητα ( $L^*$ ) των δειγμάτων γιαούρτης. ....	41
Σχήμα 5.3: Επίδραση της περιεκτικότητας σε βουβαλίσιο γάλα (%) και της προσθήκης καζεϊνικών αλάτων (%) στη σταθερά $b^*$ των δειγμάτων γιαούρτης. ....	42
Σχήμα 5.4: Επίδραση της περιεκτικότητας σε βουβαλίσιο γάλα (%) και της προσθήκης καζεϊνικών αλάτων (%) στη λιποπεριεκτικότητα των δειγμάτων γιαούρτης. ....	43
Σχήμα 5.5: Επίδραση της περιεκτικότητας σε βουβαλίσιο γάλα (%) και της προσθήκης καζεϊνικών αλάτων (%) στην οξύτητα των δειγμάτων γιαούρτης. ....	44
Σχήμα 5.6: Επίδραση της περιεκτικότητας σε βουβαλίσιο γάλα (%) και της προσθήκης καζεϊνικών αλάτων (%) στη ξηρή ουσία των δειγμάτων γιαούρτης. ....	45
Σχήμα 5.7: Επίδραση της περιεκτικότητας σε βουβαλίσιο γάλα (%) και της προσθήκης καζεϊνικών αλάτων (%) στη ξηρή ουσία άνευ λίπους των δειγμάτων γιαούρτης. ....	46
Σχήμα 5.8: Μεταβολή του ιξώδους συναρτήσει της ταχύτητας διάτμησης στα διαφορετικά δείγματα γιαούρτης [όπου BM είναι το ποσοστό του βουβαλίσιου γάλακτος και SCN είναι η ύπαρξη(1) ή μη(0) καζεϊνικών αλάτων]. ....	48
Σχήμα 5.9: Επίδραση της περιεκτικότητας σε βουβαλίσιο γάλα (%) και της προσθήκης καζεϊνικών αλάτων (%) στο δείκτη ρεολογικής συμπεριφοράς. ....	49
Σχήμα 5.10: Επίδραση της περιεκτικότητας σε βουβαλίσιο γάλα (%) και της προσθήκης καζεϊνικών αλάτων (%) στο συντελεστή ελαστικότητας. ....	50
Σχήμα 5.11: Επίδραση της περιεκτικότητας σε βουβαλίσιο γάλα (%) και της προσθήκης καζεϊνικών αλάτων (%) στη $\tan\delta$ . ....	51

Σχήμα 5.12: Επίδραση της περιεκτικότητας σε βουβαλίσιο γάλα (%) και της προσθήκης καζεϊνικών αλάτων (%) στην ένταση της λιπαρότητας των δειγμάτων γιαούρτης. ....54

Σχήμα 5.13: Επίδραση της περιεκτικότητας σε βουβαλίσιο γάλα (%) και της προσθήκης καζεϊνικών αλάτων (%) στην ένταση του παχύρευστου των δειγμάτων γιαούρτης. ....54

Σχήμα 5.14: Επίδραση της περιεκτικότητας σε βουβαλίσιο γάλα (%) και της προσθήκης καζεϊνικών αλάτων (%) στην αποδεκτότητα της αρεστότητας των δειγμάτων γιαούρτης.....55

Σχήμα 5.15: Επίδραση της περιεκτικότητας σε βουβαλίσιο γάλα (%) και της προσθήκης καζεϊνικών αλάτων (%) στην αρεστότητα της λιπαρότητας των δειγμάτων γιαούρτης. ....56

Σχήμα 5.16: Επίδραση της περιεκτικότητας σε βουβαλίσιο γάλα(%) και της προσθήκης καζεϊνικών αλάτων (%) στην αρεστότητα του παχύρευστου των δειγμάτων γιαούρτης.....57



## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το βουβαλίσιο γάλα έχει αυξημένη περιεκτικότητα σε λίπος, πρωτεΐνες και 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). Η υψηλή θρεπτική του αξία, καθώς και οι διάφορες λειτουργικές του ιδιότητες, όπως η υψηλή ρυθμιστική ικανότητα και το αυξημένο ιξώδες, το καθιστούν κατάλληλο για την παραγωγή διάφορων γαλακτοκομικών προϊόντων. Ένα από τα προϊόντα που παράγονται με βάση το βουβαλίσιο γάλα είναι και η γιαούρτη (Khedkar *et al.*, 2003).

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 delbrueckii* subsp. *bulgaricus*. Αυτοί οι μικροοργανισμοί πολλαπλασιάζονται με γρήγορο ρυθμό και παράγουν μεγαλύτερη ποσότητα γαλακτικού οξέος όταν εμβολιάζονται ταυτόχρονα στο γάλα. Στο τελικό προϊόν οι πληθυσμοί των δυο αυτών μικροοργανισμών βρίσκονται σε αναλογία 1:1 (Rašić & Kurmann, 1978; Μάντης, 2005).

Ένα από τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά της ποιότητας της γιαούρτης που παίζει πρωτεύοντα ρόλο στην προτίμηση των καταναλωτών είναι η υφή, η οποία επηρεάζεται κυρίως από τη θερμική επεξεργασία του γάλακτος, την οξυγαλακτική καλλιέργεια, την περιεκτικότητα του γάλακτος σε πρωτεΐνες και γενικά τη χημική σύσταση του γάλακτος (Lucey *et al.*, 1998; Sodini *et al.*, 2004). Η χρησιμοποίηση γάλακτος με υψηλή περιεκτικότητα σε λίπος και πρωτεΐνες (βουβαλίσιο) δίνει γιαούρτη με πλούσια κρεμμώδη υφή και αυξημένη συνεκτικότητα (Ζερφυρίδης, 1996). Η αύξηση της συνεκτικότητας της γιαούρτης μπορεί να επιτευχθεί και με την προσθήκη πρωτεϊνών γάλακτος. Υπάρχουν πολλές αναφορές στη βιβλιογραφία σχετικές με τον εμπλουτισμό του γάλακτος με πρωτεΐνες ορού και καζεΐνες με σκοπό την παραγωγή γιαούρτης με επιθυμητή υφή (Lucey *et al.*, 1999; Remeuf *et al.*, 2003; Damin *et al.*, 2009). Οι καζεΐνες αποσταθεροποιούνται με τη μείωση του pH και συνενώνονται έτσι ώστε να σχηματιστεί ένα τρισδιάστατο πρωτεϊνικό πλέγμα, το οποίο εγκλωβίζει στο εσωτερικό του, μέσω δεσμών υδρογόνου, ορό γάλακτος. Σημαντικό ρόλο στη δομή της γιαούρτης παίζουν οι δισουλφιδικοί δεσμοί μεταξύ της κ-καζεΐνης και των μετουσιωμένων πρωτεϊνών ορού οι οποίοι αυξάνουν τη συνεκτικότητα του προϊόντος και μειώνουν την τάση αποβολής ορού (Damin *et al.*, 2009).

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η μελέτη της επίδρασης του είδους του γάλακτος (βουβαλίσιο - αγελαδινό) και της προσθήκης καζεϊνικών αλάτων (SCN) στα φυσικοχημικά, ρεολογικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά αναμιγμένης γιαούρτης.

## 2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

### 2.1. Βουβαλίσιο γάλα

Η παραγωγή βουβαλίσιου γάλακτος καταλαμβάνει την 2η θέση της παγκόσμιας κατάταξης μετά από αυτήν του αγελαδινού. Η παραγωγή βουβαλίσιου γάλακτος συμβάλλει σημαντικά στην αγροτική οικονομία πολλών χωρών στην Ασία, Ευρώπη, Αφρική και Λατινική Αμερική (Khedkar *et al.*, 2003). Στην Ινδία και το Πακιστάν (και οι δύο παράγουν το 80% περίπου της παγκόσμιας παραγωγής βουβαλίσιου γάλακτος), αυτό το γάλα χρησιμοποιείται για την κατασκευή διαφόρων γαλακτοκομικών προϊόντων, όπως το βούτυρο, το λάδι βουτύρου (ghee), μαλακά και σκληρά τυριά, συμπυκνωμένο γάλα και γάλα εβαπορέ, παγωτό και γιαούρτι (Ahmad *et al.*, 2008).

Στην Ελλάδα υπάρχουν περίπου 1600 βούβαλοι και η παραγωγή βουβαλίσιου γάλακτος ανέρχεται στους 160 τόνους ανά έτος την τριετία 2009 – 2011 (FAO, 2011). Σύμφωνα με πρόσφατη έρευνα (Bampridis *et al.*, 2011), η μέση παραγωγή γάλακτος του Ελληνικού βούβαλου γαλακτοπαραγωγικής κατεύθυνσης, κυμαίνεται μεταξύ 4,1 και 5,3 kg ανά ημέρα, ανάλογα με το στάδιο της γαλακτικής περιόδου.

Το βουβαλίσιο γάλα ως προς την χημική του σύσταση διαφέρει αρκετά από το αγελαδινό. Μια πολύ βασική διαφορά εντοπίζεται στην λιποπεριεκτικότητα, ενώ σημαντικές διαφορές σημειώνονται επίσης στην συγκέντρωση των πρωτεϊνών και της λακτόζης. Αναλυτικά η χημική σύσταση του βουβαλίσιου γάλακτος σε αντιπαράθεση με το αγελαδινό παρουσιάζεται στον Πίνακα 2.1 (Ahmad *et al.*, 2008). Η χημική σύσταση του γάλακτος του Ελληνικού βούβαλου διαφέρει σε κάποιες παραμέτρους με την αντίστοιχη σύσταση άλλων φυλών βουβάλου ανά τον κόσμο. Στον Πίνακα 2.2 παρουσιάζεται η χημική σύσταση του Ελληνικού βούβαλου όπως καταγράφηκε από τους Bampridis *et al.* (2011).

Τα προϊόντα με βάση το βουβαλίσιο γάλα θεωρούνται από τους καταναλωτές ως τρόφιμα υψηλής βιολογικής αξίας. Αυτό αφενός μεν οφείλεται στην αυξημένη περιεκτικότητά τους σε κάποια συστατικά όπως πρωτεΐνες, ασβέστιο και φώσφορο (Ahmad *et al.*, 2008) και αφετέρου στα χαμηλά επίπεδα χοληστερόλης (Khedkar *et al.*, 2003).

Υπάρχει μεγάλη ποικιλία προϊόντων που παράγονται με βάση το βουβαλίσιο γάλα. Τα πιο συνηθισμένα είναι τα τυριά, όπως η Mozzarella, η Ricotta κ.α. (Borghese, 2005). Το τυρί Cheddar που παράγεται από βουβαλίσιο γάλα κατατάσσεται στην κορυφή της παραγωγής γαλακτοκομικών του Πακιστάν και θεωρείται πως το βουβαλίσιο γάλα είναι πιο κατάλληλο για την κατασκευή αυτού του είδους τυριού (Murtaza *et al.*, 2012). Επίσης, από βουβαλίσιο γάλα παράγεται γιαούρτη, άλλα ζυμούμενα προϊόντα, παγωτό, κρέμα και παστεριωμένο ή υψηλής παστερίωσης βουβαλίσιο γάλα, απλό ή εμπλουτισμένο με κακάο (Borghese, 2005).

**Πίνακας 2.1:** Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά βουβαλίσσιου και αγελαδινού γάλακτος (Ahmad *et al.*, 2008).

<b>Φυσικοχημικά Χαρακτηριστικά</b>	<b>Βουβαλίσσιο Γάλα</b>	<b>Αγελαδινό Γάλα</b>
<b>pH</b>	6,81±0,06	6,76±0,04
<b>Λίπος (g/kg)</b>	70,00±6,00	41,00±1,00
<b>Λακτόζη (g/kg)</b>	52,10±1,1	48,0,±0,10
<b>Τέφρα (g/kg)</b>	8,40±0,20	7,70±0,10
<b>Ολικό Άζωτο (g/kg)</b>	43,50±3,40	33,50±0,30
<b>Μη Καζεϊνικό Άζωτο (g/kg)</b>	8,90±1,60	7,40±0,50
<b>Μη Πρωτεϊνικό Άζωτο (g/kg)</b>	1,00±0,40	0,9±0,02
<b>Καζεϊνικό Άζωτο (g/kg)</b>	34,60±1,10	26,10±0,80
<b>Ολικό Ασβέστιο (mM)</b>	47,10±1,20	30,50±0,80
<b>Διαλυτό Ασβέστιο (mM)</b>	8,20±0,20	8,60±0,20
<b>Ολικά Ανόργανα Φωσφορικά (mM)</b>	27,70±1,40	1,20±1,00
<b>Διαλυτά Ανόργανα Φωσφορικά (mM)</b>	9,20±0,50	9,90±0,50
<b>Ολικό Μαγνήσιο (mM)</b>	7,30±0,20	4,6±0,10
<b>Διαλυτό Μαγνήσιο (mM)</b>	3,50±0,10	3,00±0,10
<b>Ολικό Νάτριο (mM)</b>	20,30±0,50	17,50±0,40
<b>Διαλυτό Νάτριο (mM)</b>	18,40±0,50	15,90±0,40
<b>Ολικό Κάλιο (mM)</b>	28,70±0,70	42,00±1,00
<b>Διαλυτό Κάλιο (mM)</b>	26,00±0,70	37,30±0,90
<b>Ολικό Χλώριο (mM)</b>	16,60±0,80	21,80±1,00
<b>Διαλυτό Χλώριο (mM)</b>	16,30±0,80	22,80±1,00
<b>Ολικά Κιτρικά (mM)</b>	8,30±0,40	8,80±0,40
<b>Διαλυτά Κιτρικά (mM)</b>	7,10±0,40	8,20±0,40
<b>Ξηρή Ουσία (g/kg)</b>	174,50±8,20	136,70±10,80

**Πίνακας 2.2:** Χημική σύσταση του γάλακτος του Ελληνικού βουβάλου (Bambidis *et al.*, 2011).

Χημική σύσταση	Περιεκτικότητα (g/kg)
Λίπος	80,85
Πρωτεΐνες	45,90
Λακτόζη	51,20
Τέφρα	8,20

## 2.2. Πρώτες ύλες για την παρασκευή γιαούρτης

### 2.2.1. Γάλα

Για την παρασκευή της γιαούρτης χρησιμοποιείται το γάλα από διάφορα είδη θηλαστικών. Κάθε είδος γάλακτος έχει τη δική του χαρακτηριστική σύνθεση, η οποία καθορίζει και τα χαρακτηριστικά του τελικού προϊόντος. Για παράδειγμα, από γάλα υψηλής λιποπεριεκτικότητας (πρόβειο, βουβαλίσιο) παράγεται ένα πλούσιο και κρεμμώδες προϊόν με εξαιρετική πληρότητα γεύσης (mouthfeel) σε σύγκριση με γιαούρτη που παρασκευάζεται από γάλα με χαμηλά λιπαρά. Η λακτόζη στο γάλα παρέχει την απαραίτητη ενέργεια στην καλλιέργεια εκκίνησης. Επίσης οι πρωτεΐνες παίζουν σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση του πήγματος και για αυτό το λόγο η πληρότητα και η συνεκτικότητα του προϊόντος είναι ανάλογη του επιπέδου των πρωτεϊνών. Γιαούρτη που παράγεται από πρόβειο γάλα είναι περισσότερο συνεκτική από την αντίστοιχη αγελαδινού γάλακτος (Ζερφυρίδης, 1996).

Παρόλο που η οσμή και η γεύση της γιαούρτης είναι το αποτέλεσμα κυρίως των πολύπλοκων βιοχημικών αντιδράσεων της μικροβιακής δραστηριότητας, η γεύση του γάλακτος ποικίλει από είδος σε είδος και αυτό το χαρακτηριστικό αντανakλάται στο τελικό προϊόν (Tamime & Robinson, 2007).

### 2.2.2. Οξυγαλακτική καλλιέργεια

Η οξυγαλακτική καλλιέργεια που χρησιμοποιείται για την παρασκευή γιαούρτης είναι μίγμα καλλιεργειών των βακτηρίων *Streptococcus thermophilus* και *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* με πληθυσμιακή σχέση της τάξεως 3:1, 3:2, 2:1, 1:1 ή 2:3, ανάλογα και με το είδος της γιαούρτης (Μάντης, 2005).

Οι καλλιέργειες που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή της γιαούρτης σε βιομηχανική κλίμακα συνήθως είναι υπό τη μορφή λυοφιλωμένης σκόνης ή κατεψυγμένης συμπυκνωμένης καλλιέργειας (Tamime & Robinson, 2007).

## **2.3. Βασικά στάδια παρασκευής γιαούρτης**

### **2.3.1. Επιλογή του γάλακτος**

Η ποιότητα του νωπού γάλακτος είναι ο κύριος παράγοντας, ο οποίος επηρεάζει τα οργανοληπτικά, χημικά και μικροβιολογικά χαρακτηριστικά του τελικού προϊόντος. Το γάλα το οποίο προορίζεται για παραγωγή γιαούρτης θα πρέπει: να έχει χαμηλή οξύτητα από 0,17-0,19 % σε γαλακτικό οξύ, να έχει συλλεχθεί από υγιή ζώα, να έχει καλή μικροβιολογική ποιότητα (λιγότερα από 100.000 cfu/ml) και φυσικά να έχει φυσιολογική γεύση και άρωμα (Yildiz, 2010).

### **2.3.2. Τυποποίηση του γάλακτος**

Η τυποποίηση του γάλακτος για την παρασκευή γιαούρτης αναφέρεται στην ρύθμιση του Στερεού Υπολείμματος Άνευ Λίπους (ΣΥΑΛ) και της λιποπεριεκτικότητας. Λόγω μεταβολής της λιποπεριεκτικότητας κατά την γαλακτική περίοδο, η τυποποίησή της επιτυγχάνεται με αφαίρεση μέρους του λίπους του γάλακτος με μηχανικό διαχωρισμό, ή με προσθήκη κρέμας σε φρέσκο ημιαποβουτυρομένο ή πλήρες γάλα. Η ρύθμιση του ΣΥΑΛ μπορεί να επιτευχθεί με βρασμό, με προσθήκη σκόνης γάλακτος, με προσθήκη ορού γάλακτος ή συμπυκνωμένου ορού, με προσθήκη συμπυκνωμάτων πρωτεϊνών ορού, με προσθήκη SCN ή με συνδυασμό των παραπάνω μεθόδων (Yildiz, 2010).

Η προσθήκη SCN στην γιαούρτη έχει ως αποτέλεσμα την βελτίωση των φυσικών ιδιοτήτων της χωρίς την μείωση των οργανοληπτικών της χαρακτηριστικών. Υπερβολική χρήση SCN δημιουργεί ένα πολύ πυκνό πρωτεϊνικό πλέγμα, το οποίο οδηγεί σε αποβολή ορού κατά την αποθήκευση (Yildiz, 2010).

### **2.3.3. Ομογενοποίηση**

Η ομογενοποίηση του γάλακτος στοχεύει στην μείωση της διαμέτρου των λιποσφαιρίων από 3,5 μm σε <0,2 μm, στην αύξηση του αριθμού τους και της επιφανείας τους καθώς επίσης και στην μείωση της τάσης να ανέρχονται στην επιφάνεια και να σχηματίζουν ένα στρώμα κρέμας (Tamine & Robinson, 2007; Yildiz, 2010). Κατά την ομογενοποίηση σε υψηλές πιέσεις παρατηρείται μείωση του μεγέθους των καζεϊνικών μικκυλίων με αποτέλεσμα την αύξηση του υδρόφιλου χαρακτήρα της καζεΐνης και την βελτίωση της συνεκτικότητας της γιαούρτης (Μάντης, 2005).

### **2.3.4. Θερμική επεξεργασία**

Η θερμική επεξεργασία του γάλακτος για την παρασκευή γιαούρτης αποσκοπεί αφενός μεν στην καταστροφή των παθογόνων και άλλων μη επιθυμητών μικροοργανισμών, ώστε να πραγματοποιηθεί η εξυγίανση του και να διευκολυνθεί η ανάπτυξη της καλλιέργειας και αφετέρου στο να λάβουν χώρα οι επιθυμητές

φυσικοχημικές αλλαγές στα συστατικά του γάλακτος για την παραγωγή της γιαούρτης. Η θερμική επεξεργασία του γάλακτος είναι αρκετή για να σκοτώσει την πλειοψηφία, αν όχι όλες τις βλαστικές μορφές των μικροοργανισμών, αλλά μερικά σπόρια όπως και μερικά θερμοάντοχα ένζυμα θα παραμείνουν στο γάλα (Tamine & Robinson, 2007).

Τα βέλτιστα αποτελέσματα παρατηρούνται όταν η θερμική επεξεργασία του γάλακτος πραγματοποιείται στους 90-95°C για 10 έως 5 λεπτά. Οι πρωτεΐνες ορού μετουσιώνονται σε ποσοστό από 70-95%. Συγκεκριμένα η β-γαλακτογλοβουλίνη συμπλοκοποιείται με την κ-καζεΐνη. Το σύμπλοκο αυτό είναι υδρόφιλο με αποτέλεσμα να μειώνεται η τάση αποβολής ορού και να αυξάνεται η συνεκτικότητα και το ιξώδες της γιαούρτης (Ζερφυρίδης, 1996; Chandan, 2006; Walstra *et al.*, 2006). Επίσης με τη θερμική επεξεργασία παράγονται κάποιες ενώσεις, οι οποίες διεγείρουν την ανάπτυξη της οξυγαλακτικής καλλιέργειας (Tamine & Robinson, 2007).

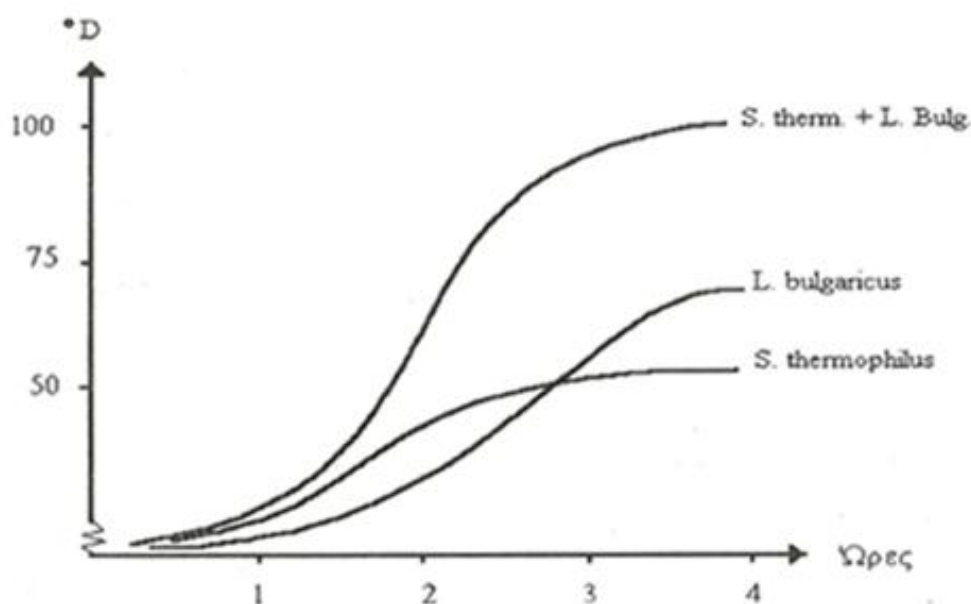
### 2.3.5. Προσθήκη οξυγαλακτικής καλλιέργειας

Μετά τη θερμική επεξεργασία, το γάλα ψύχεται στους 42-43°C και γίνεται η προσθήκη της οξυγαλακτικής καλλιέργειας, η οποία αποτελείται από τους μικροοργανισμούς *Streptococcus thermophilus* και *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*. Η προσθήκη της καλλιέργειας γίνεται είτε με προσθήκη στην μάζα του προϊόντος μητρικής καλλιέργειας στην οποία οι μικροοργανισμοί είναι ήδη υπό ανάπτυξη ή με προσθήκη λυοφιλιωποιημένης ή καταψυγμένης καλλιέργειας (Yildiz, 2010).

Το ποσοστό εμβολιασμού κυμαίνεται από 1 έως 5%, αλλά το άριστο είναι περίπου 3% (Ζερφυρίδης, 1996) και είναι καθοριστικό για την διαμόρφωση της υφής όπως και των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών της γιαούρτης. Εμβολιασμός σε μικρά ποσοστά της οξυγαλακτικής καλλιέργειας, οδηγεί σε μικρή ανάπτυξη της οξύτητας κατά την γαλακτική ζύμωση, παρατείνει επίσης τον χρόνο της ζύμωσης και οδηγεί σε ανεπαρκή πήξη με συνέπεια την απομάκρυνση του ορού (Yildiz, 2010).

Αντίθετα, με την προσθήκη οξυγαλακτικής καλλιέργειας σε μεγάλα ποσοστά, παρατηρείται γρήγορη ανάπτυξη της οξύτητας, όπως και μείωση της ικανότητας συγκράτησης ύδατος από τις πρωτεΐνες που έχει ως συνέπεια την αποβολή ορού κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης. Από την στιγμή που γίνεται ο εμβολιασμός του γάλακτος με την καλλιέργεια, μπορεί να γίνει η τροφοδοσία του στα κύπελλα για την παραγωγή συνεκτικής γιαούρτης ή στην δεξαμενή για την παραγωγή αναμιγμένης γιαούρτης (Yildiz, 2010).

Για την ικανοποιητική ανάπτυξη του αρώματος θα πρέπει να υπάρχουν ίσοι αριθμοί κυττάρων *Streptococcus thermophilus* και *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*. Σύμφωνα με το Σχήμα 2.1 ο ρυθμός παραγωγής γαλακτικού οξέος και αρωματικών ενώσεων, με παρουσία και των δυο μικροοργανισμών είναι αρκετά υψηλότερος όταν αυτοί συνυπάρχουν σε σχέση με την ξεχωριστή ανάπτυξή τους (Yildiz, 2010).



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

Αρχικά οι πρωτεάσες του λακτοβάκιλλου είναι ικανές στο να σχηματίσουν μικρά πεπτίδια και αμινοξέα μεταξύ αυτών και η βαλίνη η οποία συμβάλλει στην ανάπτυξη του λακτόκοκκου. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να αρχίσει να αναπτύσσεται ο λακτόκοκκος γρηγορότερα από τον λακτοβάκιλλο. Επομένως στα αρχικά στάδια παραγωγής της γιαούρτης ο λακτόκοκκος υπερτερεί αριθμητικά κατά 3-4 φορές του λακτοβάκιλλου και η αρχική δημιουργία οξύτητας οφείλεται κυρίως στο λακτόκοκκο (Yildiz, 2010).

Ταυτόχρονα ο λακτόκοκκος ευνοεί την ανάπτυξη του λακτοβάκιλλου, ο οποίος ευδοκίμει σε όξινο περιβάλλον. Ειδικότερα, το μυρμηκικό (ή φορμικό) οξύ που παράγει ο λακτόκοκκος από την ουρία του γάλακτος (παράγεται επίσης και κατά τη θέρμανση του γάλακτος), αποτελεί διεγερτικό παράγοντα ανάπτυξης του λακτοβακίλλου. Για αυτό στα αρχικά μεν στάδια υπερτερεί ο λακτόκοκκος αλλά όταν η οξύτητα ξεπεράσει το 1% σε γαλακτικό οξύ τότε το βακτήριο αυτό περιορίζεται δραστικά λόγω χαμηλού pH ενώ ο λακτοβάκιλλος εξακολουθεί να αναπτύσσεται για αυτό και υπερτερεί αριθμητικά στην παλιά και ξινή γενικά γιαούρτη (Rašić & Kurmann, 1978; Ζερφυρίδης, 1996). Ωστόσο στην πρόσφατα παρασκευασμένη γιαούρτη ο αριθμός των δύο μικροοργανισμών είναι ίσος (Κεχαγιάς, 2011).

### 2.3.6. Επώαση

Η επώαση της γιαούρτης γίνεται στους 42-43°C για περίπου 2-3 ώρες (Μάντης, 2005). Το πήγμα, το οποίο σχηματίζεται κατά τη διάρκεια της επώασης αποτελείται κυρίως από μεγαλομόρια και συγκεκριμένα από καζεΐνες και λιποσφαίρια. Ο σχηματισμός του πηγματος βασίζεται στην αλληλεπίδραση μεταξύ της αποσταθεροποιημένης κ-καζεΐνης και των μετουσιωμένων πρωτεϊνών ορού, κυρίως της β-γαλακτογλοβουλίνης (Yildiz, 2010). Η συσσωμάτωση των πρωτεϊνών ορού στο πρωτεϊνικό πλέγμα της γιαούρτης συνεισφέρει στη συνοχή της κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης της. Η πρωτεολυτική δραστηριότητα των δυο βακτηρίων είναι επίσης ιδιαίτερα σημαντική τόσο για την συμβιωτική ανάπτυξή τους όπως και για την παραγωγή αρωματικών ενώσεων (Chandan, 2006).

Το γάλα μετά τον εμβολιασμό του με την καλλιέργεια υφίσταται διάφορες ζυμώσεις, η κυριότερη από τις οποίες είναι η γαλακτική ζύμωση και συντελεί στην πήξη του γαλακτος. Η λακτόζη η οποία είναι η κύρια πηγή άνθρακα και το περιεχόμενό της στην γιαούρτη ανέρχεται στο 6 %, χρησιμοποιείται από τους μικροοργανισμούς της καλλιέργειας για την ανάπτυξή τους. Η διάσπασή της λακτόζης σε γαλακτόζη και γλυκόζη γίνεται από το ένζυμο λακτάση ή β-γαλακτοσιδάση, ενώ στη συνέχεια η γλυκόζη διασπάται περαιτέρω από τους μικροοργανισμούς της καλλιέργειας σε γαλακτικό οξύ (Ζερφυρίδης, 1996; Chandan, 2006).

Η αύξηση της συγκέντρωσης του γαλακτικού οξέος προκαλεί την αποσταθεροποίηση των καζεϊνικών μικυλλίων όσο και των μετουσιωμένων λόγω της θέρμανσης πρωτεϊνών ορού. Το φωσφορικό ασβέστιο το οποίο βρίσκεται στα καζεϊνικά μικκύλια έχει σημαντικό ρόλο στον όλο μηχανισμό (Yildiz, 2010). Καθώς το pH του γαλακτος μειώνεται στο 5,0-5,1 το φωσφορικό ασβέστιο μεταφέρεται στην υδατική φάση, με αποτέλεσμα η κ-καζεΐνη με την β-καζεΐνη να αρχίζουν να απομακρύνονται από το μικύλιο, 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 πλέγμα (Ζερφυρίδης, 1996; Yildiz, 2010).

### 2.3.7. Ψύξη

Η ψύξη της γιαούρτης, η οποία είναι το τελευταίο στάδιο της επεξεργασίας, χρησιμοποιείται για την μείωση της μεταβολικής δραστηριότητας των μικροοργανισμών (Tamime & Robinson, 2007) παρόλο που κατά τη διάρκειά της, οι λακτοβάκλιοι συνεχίζουν να παράγουν γαλακτικό οξύ (Hui, 2007). Γρήγορη ψύξη του πηγματος σύμφωνα με τον Yildiz (2010), μπορεί να ρυθμίσει την ανάπτυξη οξύτητας μετά την ζύμωση (post fermentation acidity).



## 2.4. 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*

Κύριο χαρακτηριστικό της παραδοσιακής γιαούρτης είναι ο σχηματισμός μιας μεμβράνης (πέτσας) στην επιφάνεια του προϊόντος, η οποία σχηματίζεται από τα μικρότερα λιποσφαίρια του γάλακτος καθώς και η χρήση γιαούρτης προηγούμενης ημέρας αντί καλλιέργειας για τον εμβολιασμό του γάλακτος.

### *Στραγγιστή γιαούρτη*

Κατά τον παραδοσιακό τρόπο παρασκευή της, η στραγγιστή γιαούρτη τοποθετείται σε υφασμάτινους σάκους, για να στραγγίσει, να απομακρυνθεί ο ορός και να αποκτήσει μια παχύρρευστη σύσταση. Η απομάκρυνση του ορού μπορεί επίσης να πραγματοποιηθεί με φυγοκέντριση ή με την εφαρμογή υπερδιήθησης, ώστε να αποφευχθούν πιθανόν επιμολύνσεις από πλημμελή καθαρισμό των σάκων.

### *Συνεκτική γιαούρτη*

Η παρασκευή της συνεκτικής γιαούρτης γίνεται από ομογενοποιημένο γάλα, το οποίο εμβολιάζεται με λυοφιλιωμένες καλλιέργειες. Η επώαση γίνεται μέσα σε κλειστούς περιέκτες (κύπελλα) και το πήγμα δεν διαταράσσεται μετά την πήξη του.

### *Αναμιγμένη γιαούρτη*

Στην αναμιγμένη γιαούρτη το πήγμα σχηματίζεται στις δεξαμενές, όπου γίνεται ο εμβολιασμός, ενώ στη συνέχεια πολτοποιείται, με αποτέλεσμα η γιαούρτη που προκύπτει να είναι λιγότερο συνεκτική σε σχέση με την συνεκτική γιαούρτη.

### *Παστεριωμένη γιαούρτη*

Θέρμανση του πηγματος της γιαούρτης στους 60-65°C μπορεί να δώσει διάρκεια ζωής στη γιαούρτη 8-12 εβδομάδων στους 12°C. Αποτέλεσμα της θέρμανσης είναι η καταστροφή της καλλιέργειας και των μικροοργανισμών επιμόλυνσης και των ενζύμων, όπως και η δημιουργία νέας υφής του προϊόντος.

### *Καταψυγμένη γιαούρτη*

Μετά την παρασκευή της γιαούρτης, καταψύχεται σε μεγάλες παρτίδες (batch) ή σε συνεχείς καταψύκτες, έτσι ώστε να μπορεί να διατηρηθεί για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα.

### *Αφυδατωμένη γιαούρτη*

Η αφυδάτωση της γιαούρτης γίνεται είτε με τη μέθοδο της λυοφιλίωσης είτε 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.

## **2.5. Μελέτη της ρεολογικής συμπεριφοράς της αναμιγμένης γιαούρτης**

Η ρεολογία είναι ο κλάδος της επιστήμης που μελετά τη δομή των υλικών υποβάλλοντας τα σε παραμόρφωση υπό την επίδραση τάσης (δύναμης/επιφάνεια) που ασκείται σε αυτά σε συνάρτηση με το χρόνο άσκησης της τάσης. Η κατεύθυνση εφαρμογής της δύναμης σε σχέση με την υπό τάση επιφάνεια καθορίζει και τον τύπο της τάσης. Δηλαδή αν η δύναμη εφαρμόζεται κάθετα στην επιφάνεια, τότε η τάση ονομάζεται κανονική (normal stress). Σ' αυτή τη περίπτωση το υλικό στο οποίο εφαρμόζεται η δύναμη θα βρίσκεται υπό καθεστώσ συμπίεσης ή εφελκυσμού. Όταν η δύναμη εφαρμόζεται παράλληλα (εφαπτομενικά) με την επιφάνεια του υλικού στην οποία ασκείται τότε ονομάζεται τάση διάτμησης (shear stress).

Με βάση τα ανωτέρω, έχουν αναπτυχθεί σειρά από ρεολογικές δοκιμές οι οποίες χρησιμοποιούνται για να χαρακτηρίσουν τη δομή ενός υλικού ανάλογα με τη φύση του δηλαδή αν πρόκειται για ρευστό(αέριο, υγρό), πηκτή ή στερεό.

Δεδομένου ότι το πήγμα της αναμιγμένης γιαούρτης μετά την ολοκλήρωση της πήξης πολτοποιείται, το προϊόν μπορεί να θεωρηθεί ως ρευστό, οπότε για τη μελέτη της ρεολογικής συμπεριφοράς της είναι δυνατόν να προσδιοριστεί το ιξώδες της. Μάλιστα το ιξώδες μπορεί να συσχετιστεί με τα αποτελέσματα από την οργανοληπτική αξιολόγηση της υφής, εφόσον οι μεγάλες παραμορφώσεις που επικρατούν προσομοιάζουν αυτές που υποβάλλονται τα δείγματα κατά την κατάποση τους από τους δοκιμαστές. Επίσης, για τη μελέτη των ρεολογικών ιδιοτήτων της γιαούρτης μπορούν να εφαρμοστούν και δοκιμές μικρής παραμόρφωσης, οι οποίες θα δώσουν πληροφορίες για τους δεσμούς που κυριαρχούν στο πρωτεϊνικό πλέγμα του προϊόντος.

### **2.5.1. Δυναμική δοκιμή (δοκιμή ταλάντωσης)**

Στις δοκιμές μικρής παραμόρφωσης το υλικό μπορεί να συμπεσθεί στα όρια της γραμμικής του ελαστικότητας, δηλαδή να θραυστεί ένας αριθμός από τους πλέον ασθενείς δευτερεύοντες δεσμούς κατά τη διάρκεια της παραμόρφωσης του υλικού οι οποίοι όμως ξαναδημιουργούνται με την άρση εφαρμογής της τάσης. Για την εκτίμηση της ρεολογικής συμπεριφοράς της αναμιγμένης γιαούρτης θα περιγραφεί η δυναμική δοκιμή, η οποία μελετάει τον ιξωδοελαστικό χαρακτήρα των υλικών.

Κατά αυτή τη δοκιμή το δείγμα υποβάλλεται σε περιοδική τάση διάτμησης ή συμπίεσης μέσα στα όρια της γραμμικής ελαστικότητας του (μικρό ποσοστό παραμόρφωσης) (Ferry, 1980). Το δείγμα βρίσκεται μεταξύ δύο παράλληλων πλακών

εκ των οποίων η κάτω παραμένει ακίνητη ενώ η επάνω κινείται παλινδρομικά και στη περίπτωση της διάτμησης κινείται σε οριζόντια διεύθυνση πάντα σε επαφή με το δείγμα. Αν υποθεθεί ότι εφαρμόζεται απλή ημιτονοειδής διάτμηση τότε η παραμόρφωση  $\gamma$  σε συνάρτηση με το χρόνο  $t$  δίνεται από τη σχέση

$$\gamma = \gamma_o \sin(\omega t) \quad (2.1)$$

όπου  $\gamma_o$  είναι το πλάτος της παραμόρφωσης και  $\omega$  είναι η συχνότητα σε rad/s.

Οπότε, στη περίπτωση αυτή ο περιοδικός ρυθμός διάτμησης προκύπτει από τη σχέση (2.1) ως παράγωγος της παραμόρφωσης  $\gamma$

$$\frac{d\gamma}{dt} = \dot{\gamma} = \frac{d(\gamma_o \sin(\omega t))}{dt} \quad (2.2)$$

η οποία μετατρέπεται σε

$$\dot{\gamma} = \gamma_o \omega \cos(\omega t) \quad (2.3)$$

Για παραμορφώσεις εντός των ορίων της γραμμικής ελαστικότητας κατά την προαναφερθείσα παραμόρφωση αναπτύσσεται η ακόλουθη διατμητική τάση  $\sigma$ ,

$$\sigma = \sigma_o \sin(\omega t + \delta) \quad (2.4)$$

όπου  $\sigma_o$  είναι το πλάτος της διατμητικής τάσης και  $\delta$  είναι η καθυστέρηση φάσης ή μετατόπιση φάσης. Αν αμφότεροι οι όροι της εξίσωσης διαιρεθούν με  $\gamma_o$  προκύπτει

$$\frac{\sigma}{\gamma_o} = \left[ \frac{\sigma_o}{\gamma_o} \right] \sin(\omega t + \delta) \quad (2.5)$$

Η διατμητική τάση που προκύπτει από μια ημιτονοειδή παραμόρφωση μπορεί να γραφεί και ως

$$\sigma = G' \gamma + (G'' / \omega) \dot{\gamma} \quad (2.6)$$

όπου  $G'$  ονομάζεται συντελεστής ελαστικότητας διάτμησης (shear storage / elastic modulus) και  $G''$  ονομάζεται συντελεστής απώλειας διάτμησης (shear loss / viscous modulus) ή συντελεστής ιξώδους και αμφότεροι είναι συναρτήσεις της συχνότητας και μπορούν να εκφραστούν ως λόγος πλάτους και μετατόπισης φάσης δηλαδή

$$G' = \left[ \frac{\sigma_o}{\gamma_o} \right] \cos(\delta) \quad (2.7)$$

και

$$G'' = \left[ \frac{\sigma_o}{\gamma_o} \right] \sin(\delta) \quad (2.8)$$

Το  $G'\gamma_o$  μπορεί να ερμηνευθεί ως το μέρος της τάσης σε φάση με τη παραμόρφωση και το  $G''\gamma_o$  το μέρος της τάσης που είναι κατά  $90^\circ$  εκτός φάσης με τη παραμόρφωση. Άλλες παράμετροι περιλαμβάνουν:

το μιγαδικό συντελεστή (complex modulus,  $G^*$ ),

$$G^* = \left[ \frac{\sigma_o}{\gamma_o} \right] = \sqrt{(G')^2 + (G'')^2} \quad (2.9)$$

και το μιγαδικό ιξώδες  $\eta^*$  (complex viscosity)

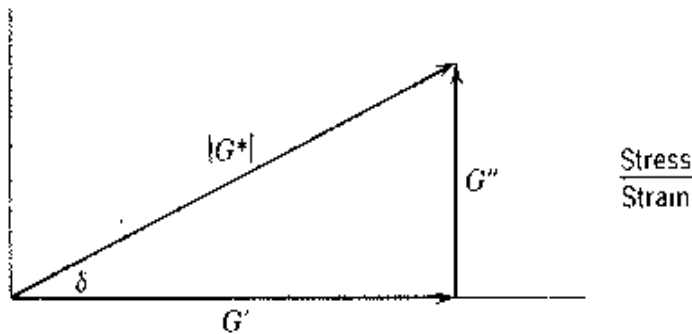
$$\eta^* = \frac{G^*}{\omega} = \sqrt{(\eta')^2 + (\eta'')^2} \quad (2.10)$$

όπου,  $\eta'$  είναι το δυναμικό ιξώδες και  $\eta''$  είναι το εκτός φάσης μέρος του  $\eta^*$ .

Μια άλλη παράμετρος που συχνά χρησιμοποιείται είναι η εφαπτομένη της γωνίας  $\delta$  που επίσης είναι συνάρτηση της συχνότητας

$$\tan(\delta) = G''/G' \quad (2.11)$$

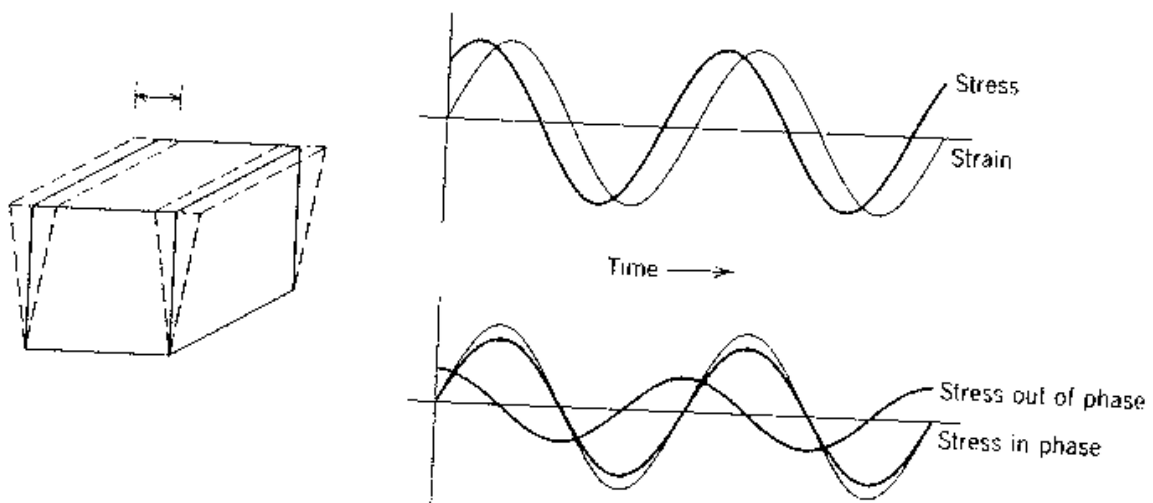
Η παράμετρος αυτή εκφράζει το λόγο της απώλειας ενέργειας ανά κύκλο ταλάντωσης προς την ενέργεια που αποθηκεύεται, ανά κύκλο ταλάντωσης (Σχήμα 2.2).



**Σχήμα 2.2:** Διανυσματική ανάλυση των συντελεστών απώλειας διάτμησης και ελαστικότητας διάτμησης σε ημιτονοειδή διάτμηση (Ferry, 1980).

Αναφορικά με τη δοκιμή ταλάντωσης υπό καθεστώς διάτμησης οι ρεολογικές παράμετροι που συνήθως μετρούνται είναι ο συντελεστής ελαστικότητας (storage modulus,  $G'$ ), ο συντελεστής απώλειας (loss modulus,  $G''$ ) και η εφαπτομένη  $\delta$ .

Για καλύτερη κατανόηση της φυσικής σημασίας των παραμέτρων αυτών θα αναφερθεί η συμπεριφορά των ιδανικών στερεών υλικών (Hookean solids) και των ιδανικών υγρών υλικών (Newtonian liquids). Η ρεολογική συμπεριφορά των στερεών χαρακτηρίζεται από το ότι η τάση με τη παραμόρφωση είναι σε φάση και η γωνία  $\delta$  έχει τιμή μηδέν. Οπότε  $G''$  και  $\eta'$  είναι μηδέν γιατί δεν υπάρχει καμιά απώλεια ενέργειας λόγω απουσίας του ιξώδους και το  $G'$  είναι σταθερό και ίσο με το συντελεστή διάτμησης  $G$ . Η ρεολογική συμπεριφορά των υγρών χαρακτηρίζεται από το ότι η τάση με τη παραμόρφωση είναι εκτός φάσης κατά  $90^\circ$ . Σε αυτή την περίπτωση το  $G'$  και το  $\eta''$  είναι μηδέν γιατί το υλικό δεν έχει την ιδιότητα να αποθηκεύει ενέργεια. Οπότε, το  $\eta'$  είναι ίσο με το νευτώνειο ιξώδες (Σχήμα 2.3).



**Σχήμα 2.3:** Γεωμετρία και χρονικό προφίλ ενός απλού πειράματος διάτμησης με ημιτονοειδή διάτμηση (Ferry, 1980).

### 2.5.2. Προσδιορισμός του ιξώδους

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  $\eta$ . Από τον ορισμό του ιξώδους έχουμε:

$$\frac{F}{A} = \eta \frac{u}{Z} \quad (2.12)$$

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  $\eta$  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:

$$\frac{F}{A} = \eta \left( \frac{du}{dZ} \right) \quad (2.13)$$

η οποία μπορεί να γραφεί ως:

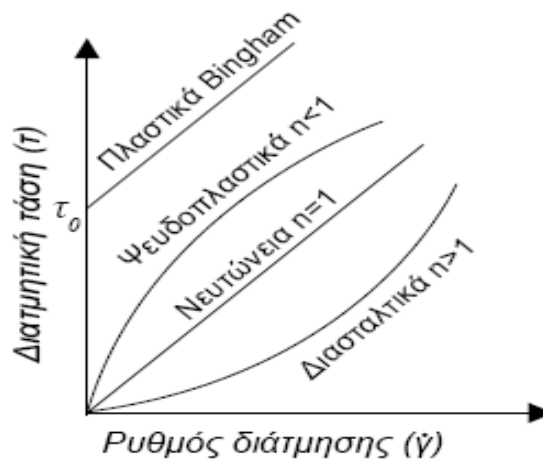
$$\tau = \eta \cdot \dot{\gamma} \quad (2.14)$$

όπου  $\tau$  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:

$$\tau = \tau_0 + k \cdot \dot{\gamma}^n \quad (2.15)$$

που ονομάζεται γενική εξίσωση του εκθετικού νόμου (power law) και όπου το  $k$  είναι ο δείκτης συνεκτικότητας,  $n$  ο δείκτης ρεολογικής συμπεριφοράς και  $\tau_0$  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 2.4). 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  $\eta_a$ .



**Σχήμα 2.4:** Συμπεριφορά των ρευστών ανάλογα με την τιμή του δείκτη ρεολογικής συμπεριφοράς και της διατμητικής τάσης.

### 3. ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η μελέτη της επίδρασης του είδους του γάλακτος (βουβαλίσιο - αγελαδινό) και της προσθήκης SCN στα φυσικοχημικά, ρεολογικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά αναμιγμένης γιαούρτης.

Για την παρασκευή των δειγμάτων χρησιμοποιήθηκαν 5 διαφορετικά ποσοστά μίξης βουβαλίσιου και αγελαδινού γάλακτος (100%-0%, 75%-25%, 50%-50%, 25%-75%, 0%-100%).

Στα δείγματα της γιαούρτης πραγματοποιήθηκαν φυσικοχημικές αναλύσεις και ρεολογικές δοκιμές, ενώ παράλληλα διενεργήθηκε και οργανοληπτικός έλεγχος από έμπειρους (αντικειμενικός έλεγχος) και άπειρους (υποκειμενικός έλεγχος) δοκιμαστές.

Στα πειραματικά δεδομένα εφαρμόστηκε η ανάλυση της διακύμανσης δύο παραγόντων (Two-Way ANOVA). Σε περίπτωση που τα αποτελέσματα της ANOVA εμφάνισαν στατιστική σημαντικότητα του μελετούμενου παράγοντα, εφαρμόστηκε ο έλεγχος των πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey, ώστε να εντοπισθούν αυτές οι διαφορές.



## 4. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

### 4.1. Πρώτες ύλες

Οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιήθηκαν για την παρασκευή των δειγμάτων γιαούρτης ήταν α) βουβαλίσιο και αγελαδινό γάλα, β) οξυγαλακτική καλλιέργεια και γ) SCN.

#### Βουβαλίσιο και αγελαδινό γάλα

Για την παρασκευή των δειγμάτων χρησιμοποιήθηκε βουβαλίσιο και αγελαδινό γάλα παστεριωμένο και ομογενοποιημένο, το οποίο προμηθεύτηκε από την τοπική αγορά.

Αμέσως μετά την παραλαβή του γάλακτος, διενεργήθηκαν οι βασικοί φυσικοχημικοί έλεγχοι, ο προσδιορισμός της οξύτητας, του pH και της λιποπεριεκτικότητας, τα αποτελέσματα των οποίων φαίνονται στον Πίνακα 4.1.

**Πίνακας 4.1:** Αποτελέσματα βασικών φυσικοχημικών ελέγχων βουβαλίσσιου και αγελαδινού γάλακτος.

Δείγμα	Οξύτητα (Γαλακτικό Οξύ % w/w)	pH	Λιποπεριεκτικότητα (%)	Ξηρή Ουσία (%)
Βουβαλίσιο γάλα	1,0935	6,89	7,90	17,32
Αγελαδινό γάλα	0,774	6,89	3,59	11,37

#### Οξυγαλακτική καλλιέργεια

Χρησιμοποιήθηκε οξυγαλακτική καλλιέργεια του εμπορίου (Jointex X3, Dosi 4; CSL Centro Spermentale, de Latte S.P.A, Zelo Buon Persico, Italy), η οποία περιείχε τους μικροοργανισμούς *Streptococcus thermophilus* και *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* σε λυοφιλωμένη μορφή. Η καλλιέργεια διατηρούνταν στους -18°C και μπορούσε να εμβολιαστεί απευθείας στο γάλα χωρίς να χρειάζεται προηγουμένως η παρασκευή μητρικής καλλιέργειας.

**Καζεϊνικά άλατα (Sodium Caseinate - SCN)**

Χρησιμοποιήθηκαν SCN (MIPRODAN 30) της εταιρίας Arla Food Ingredients (Viby J., Denmark), σε ποσοστό 1%. Η σύσταση των SCN φαίνεται αναλυτικά στον Πίνακα 4.2.

**Πίνακας 4.2:**Σύσταση καζεϊνικών αλάτων.

Σύσταση	Περιεκτικότητα (%)
Υγρασία	≤ 6
Πρωτεΐνες	88,0 – 93,5
Λίπος	1,5
Λακτόζη	0,3
Ιχνοστοιχεία	4,0

**4.2. Παρασκευή δειγμάτων γιαούρτης**

Συνολικά παρασκευάστηκαν 10 δείγματα γιαούρτης με και χωρίς προσθήκη SCN σε ποσοστό 1%, στα οποία χρησιμοποιήθηκαν 5 διαφορετικά ποσοστά μίξης βουβαλίσσιου και αγελαδινού γάλακτος (100%-0%, 75%-25%, 50%-50%, 25%-75%, 0%-100%) (Πίνακας 4.3).

Το γάλα μεταφέρθηκε σε αποστειρωμένες κωνικές φιάλες και ακολούθησε η ζύγιση (σε αναλυτικό ζυγό τριών δεκαδικών ψηφίων) των SCN. Η προσθήκη των πρωτεϊνών στο γάλα πραγματοποιήθηκε σε θερμοκρασία 35°C και υπό συνεχή ανάδευση με μαγνητικό αναδευτήρα.

Ακολούθησε η θερμική επεξεργασία όλων των δειγμάτων, η οποία πραγματοποιήθηκε στους 85°C για 30 λεπτά. Στη συνέχεια, οι κωνικές φιάλες μεταφέρθηκαν σε λεκάνες με νερό και πάγο, ώστε να επιτευχθεί η ψύξη του γάλακτος, περίπου στους 45°C. Ακολούθησε ο εμβολιασμός τους, υπό άσηπτες συνθήκες, με την οξυγαλακτική καλλιέργεια, η οποία προστέθηκε απευθείας στο γάλα σύμφωνα με τις οδηγίες του προμηθευτή.

Όλα τα δείγματα αμέσως μετά τον εμβολιασμό τους παρέμειναν υπό ανάδευση σε υδατόλουτρο (Grant GLS400, Grant Instruments Ltd, Cambridge, G.B.) στους 42°C για 10 λεπτά.

Στη συνέχεια, το περιεχόμενο κάθε κωνικής φιάλης μεταφέρθηκε σε αποστειρωμένο γυάλινο περιέκτη. Οι περιέκτες τοποθετήθηκαν σε επωαστικό κλίβανο (Cooled

Incubator Series 8000, Termaks AS, Bergen, Norway), η θερμοκρασία του οποίου ρυθμίστηκε στους 42°C. Κατά την διάρκεια της επώασης γινόταν τακτικός έλεγχος του pH του πηγματος των μεταχειρίσεων. Η επώαση διακόπηκε όταν το pH μειώθηκε στην τιμή 4,6.

Αμέσως μετά την επώαση, τα δείγματα αφέθηκαν σε θερμοκρασία δωματίου για 5 min. Ακολούθησε η ανάδευση του πηγματος της γιαούρτης με την βοήθεια σύρματος (μαγειρικό σκεύος). Μετά από 15 min, οι γυάλινοι περιέκτες με την αναμιγμένη γιαούρτη μεταφέρθηκαν στο ψυγείο όπου αποθηκεύτηκαν στους 4°C, μέχρι την επόμενη ημέρα οπότε και εξετάστηκαν.

### Κωδικοποίηση δειγμάτων

Ανάλογα με την περιεκτικότητα σε βουβαλίσιο και αγελαδινό γάλα καθώς και την προσθήκη ή μη SCN, τα δείγματα γιαούρτης κωδικοποιήθηκαν σύμφωνα με τον Πίνακα 4.3.

**Πίνακας 4. 3:** Οι 10 συνθέσεις των δειγμάτων γιαούρτης.

Κωδικοί	Ποσοστό Μίξης Γάλακτος (Βουβαλίσιο-Αγελαδινό)	Καζεϊνικά Άλατα (%)
1	100% - 0%	0
2	75%-25%	0
3	50%-50%	0
4	25%-75%	0
5	0%-100%	0
6	100% - 0%	1
7	75%-25%	1
8	50%-50%	1
9	25%-75%	1
10	0%-100%	1

### 4.3. Φυσικοχημικές αναλύσεις

Οι φυσικοχημικές αναλύσεις, οι οποίες πραγματοποιήθηκαν ήταν ο προσδιορισμός του pH, της οξύτητας, του λίπους του γάλακτος και των δειγμάτων γιαούρτης καθώς επίσης και ο προσδιορισμός της ξηρής ουσίας και του χρώματος των δειγμάτων γιαούρτης.

#### 4.3.1. Προσδιορισμός pH

Ο προσδιορισμός της τιμής pH των δειγμάτων έγινε με τη βοήθεια εργαστηριακού πεχάμετρου.

##### Υλικά και όργανα

- GP353 ATC pH METER, EDT Instruments, Kent U.K.
- Buffer 4 και 7

##### Τεχνική

Αρχικά ελέγχεται και ρυθμίζεται το πεχάμετρο με τη βοήθεια των ρυθμιστικών διαλυμάτων (Buffer 4 και 7). Η θερμοκρασία του πεχάμετρου προσαρμόζεται στη θερμοκρασία του δείγματος. Το ηλεκτρόδιο του πεχάμετρου εμβαπτίζεται στη μάζα της γιαούρτης και μετά την πάροδο μερικών δευτερολέπτων λαμβάνεται η ένδειξη του οργάνου. Ανάμεσα σε διαδοχικές μετρήσεις γίνεται έκπλυση του ηλεκτροδίου με απεσταγμένο ύδωρ και καθαρισμός του με μαλακό πανί. 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 (Αντωνίου, 2002).

#### 4.3.2. Προσδιορισμός οξύτητας γάλακτος και γιαούρτης

Ο προσδιορισμός της οξύτητας πραγματοποιήθηκε άμεσα με ογκομέτρηση.

##### Αρχή Μεθόδου

Ο προσδιορισμός της οξύτητας βασίζεται στο ότι μία ισοδύναμη ποσότητα αλκάλειος εξουδετερώνει μία ισοδύναμη ποσότητα οξέος (AOAC 2002).

##### Υλικά και όργανα

- Κωνικές φιάλες των 250 ml
- Προχοΐδα με υποδιαίρεσεις ανά 0,1 ml
- Διάλυμα καυστικού νατρίου N/4

- Δείκτης φαινολοφθαλεΐνης
- Σιφώνια πληρώσεως των 25 ml

#### Τεχνική

Σε κωνική φιάλη ζυγίζονται 10 g γιαούρτης. Προστίθενται 10 mL απεσταγμένου νερού, γίνεται 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) υπολογίζεται ως εξής:

$$S.H = (\alpha * 100) / \beta \quad (4.1)$$

Όπου:

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

$\beta$  = βάρος του δείγματος σε g

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

$$1^\circ SH = 0,0225\% \text{ γαλακτικό οξύ} \quad (4.2)$$

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

#### **4.3.3. Προσδιορισμός λίπους γάλακτος και γιαούρτης**

Ο προσδιορισμός λίπους έγινε με τη μέθοδο Gerber.

#### Αρχή Μεθόδου

Το θειικό οξύ όταν προστεθεί στο γάλα διασπά όλα τα συστατικά του εκτός από το λίπος, το οποίο μετά την καταστροφή της μεμβράνης των λιποσφαιρίων διαχωρίζεται από τα υπόλοιπα συστατικά με τη βοήθεια αμυλικής αλκοόλης και την επίδραση φυγοκέντρωσης (Δημητρέλη, 2009).

#### Υλικά και όργανα

- Βουτυρόμετρα γάλακτος Gerber, τα οποία φέρουν βαθμολογημένη κλίμακα από 1–10 % και συνοδεύονται από κατάλληλα ελαστικά πάματα και ειδικό στέλεχος για το κλείσιμό τους

- Αυτόματη συσκευή μέτρησης θεικού οξέος
- Σιφόνιο πλήρωσεως των 11 ml
- Θεικό οξύ πυκνότητας 1,820 gr/ml
- Αμυλική αλκοόλη
- Αναλυτικός ζυγός με ακρίβεια 0,1mg
- Φυγόκεντρος θερμοστατούμενη (1100-1200 rpm / min)

#### Τεχνική

Στο βουτυρόμετρο προστίθενται διαδοχικά 10ml θεικού οξέος, 11ml γάλακτος, 1ml αμυλικής αλκοόλης και στη συνέχεια πωματίζεται. Ακολουθεί έντονη ανακίνηση με αναστροφή του βουτυρόμετρου μέχρις ότου διαλυθεί τελείως η μάζα του δείγματος. Τα βουτυρόμετρα τοποθετούνται για φυγοκέντρωση στις 1000-1200 στροφές για 5min στους 65°C. Μετά το τέλος της φυγοκέντρωσης γίνεται άμεσα η ανάγνωση της κλίμακας του βουτυρόμετρου ώστε να μην πέσει η θερμοκρασία του. Η περιεκτικότητα του δείγματος σε λίπος ανά 100g προϊόντος είναι η διαφορά της κλίμακας μεταξύ της ανάγνωσης του κάτω και άνω άκρου της στοιβάδας του λίπους (Δημητρέλη, 2009).

Ομοίως γίνεται και ο προσδιορισμός λίπους στη γιαούρτη. Ζυγίζονται 11,33 gr δείγματος σε ποτήρι ζέσεως, προστίθενται 6ml θεικού οξέος και αναμιγνύονται μέχρις ότου να διαλυθεί η μάζα του δείγματος. Το δείγμα μεταφέρεται σε βουτυρόμετρο Gerber, προστίθενται επιπλέον 4 ml θεικού οξέος και ο προσδιορισμός συνεχίζεται όπως και στην περίπτωση του γάλακτος (Αντωνίου, 2002).

#### **4.3.4. Προσδιορισμός ξηρής ουσίας γιαούρτης**

##### Αρχή μεθόδου

Ο προσδιορισμός έγινε με τη σταθμική μέθοδο, η οποία στηρίζεται στην ξήρανση του δείγματος στους 102±1°C μέχρι σταθερού βάρους (Δημητρέλη, 2009).

##### Υλικά και όργανα

- Αναλυτικός ζυγός με ακρίβεια 0,1 mg
- Κλίβανος ξήρανσης, με δυνατότητα διατήρησης της θερμοκρασίας στους 120±1°C
- Ξηραντήριο
- Θαλασσινή άμμος ξεπλυμένη με υδροχλωρικό οξύ

- Κάψες πορσελάνης
- Γυάλινη ράβδος με μήκος μεγαλύτερο της διαμέτρου της κάψας

### Τεχνική

Ποσότητα 20-30 gr άμμου τοποθετούνται στο δίσκο αλουμινίου μαζί με τη γυάλινη ράβδο και ξηραίνονται στους  $102 \pm 1^\circ\text{C}$  για 1 ώρα. Στη συνέχεια μεταφέρονται στο ξηραντήριο για να αποκτήσουν θερμοκρασία περιβάλλοντος και ζυγίζονται ( $\alpha_1$ ). Στο δίσκο αλουμινίου προστίθενται 5 gr γιαούρτης και ο δίσκος με το περιεχόμενό του ζυγίζονται με ακρίβεια ( $\alpha_2$ ). Με τη βοήθεια της γυάλινης ράβδου αναμιγνύεται το δείγμα με την άμμο και στη συνέχεια τοποθετείται στον κλίβανο στους  $102 \pm 1^\circ\text{C}$  για 3 ώρες. Μετά τη ξήρανση ακολουθεί ψύξη στο ξηραντήριο έως τη θερμοκρασία δωματίου και ζύγιση ( $\alpha_3$ ). Η ξήρανση στο κλίβανο επαναλαμβάνεται μέχρις ότου η διαφορά μεταξύ δύο διαδοχικών ζυγίσεων προκύψει μικρότερη από 0,5 mg (Δημητρέλη, 2009).

Η ξηρή ουσία του δείγματος υπολογίζεται σύμφωνα με τον τύπο:

$$\text{Ξηρή ουσία\%} = [(\alpha_3 - \alpha_1) / (\alpha_2 - \alpha_1)] * 100 \quad (4.3)$$

Όπου:

$\alpha_1$ : βάρος δίσκου, άμμου, ράβδου

$\alpha_2$ : βάρος δίσκου, άμμου, ράβδου και δείγματος πριν τη ξήρανση

$\alpha_3$ : 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 0,05% (Αντωνίου, 2002).

#### **4.3.5. Προσδιορισμός χρώματος γιαούρτης**

Η μέτρηση του χρώματος των δειγμάτων γιαούρτης πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια εργαστηριακού χρωματόμετρου τύπου Hunter.

### Υλικά και όργανα

- χρωματόμετρο Micro Color (Dr. Bruno Lange GmbH, Dusseldorf, Germany), τύπου Hunter

### Τεχνική

Αρχικά γίνεται ρύθμιση και βαθμονόμηση του οργάνου με τα πλακίδια προτύπου λευκού και μαύρου χρώματος.

Η μέτρηση του χρώματος των δειγμάτων πραγματοποιείται με την επαφή της κεφαλής του χρωματόμετρου στην επιφάνεια του δείγματος, το οποίο βρίσκεται σε περιέκτη σταθερού εμβαδού και βάθους. Για κάθε δείγμα λαμβάνονται τιμές από εννέα (9) επαναλήψεις (Καζάζης, 1995).

Οι συντεταγμένες που δίνει το όργανο συμβολίζονται με τα γράμματα  $L^*$ ,  $a^*$  και  $b^*$  και συσχετίζονται με τις συντεταγμένες του Διεθνούς Συστήματος C.I.E. όπου η τιμή  $L^*$  δείχνει τη λαμπρότητα ή φωτεινότητα, η τιμή  $a^*$  τη διαβάθμιση του χρώματος από το ερυθρό ( $+a^*$ ) έως το πράσινο ( $-a^*$ ) και η τιμή  $b^*$  τη διαβάθμιση από το κίτρινο ( $+b^*$ ) στο κυανό ( $-b^*$ ) (Καζάζης, 1995).

## **4.4. Μελέτη της ρεολογικής συμπεριφοράς των δειγμάτων**

Για τη μελέτη της ρεολογικής συμπεριφοράς των δειγμάτων εφαρμόστηκε η δυναμική δοκιμή και προσδιορίστηκε το ιξώδες τους.

### **4.4.1. Δυναμικός μηχανικός αναλυτής Bohlin C-VOR 150**

Η μελέτη του ιξωδοελαστικού χαρακτήρα των δειγμάτων με την εφαρμογή της δοκιμής ταλάντωσης πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του δυναμικού μηχανικού αναλυτή Bohlin C-VOR 150.

Στη δοκιμή ταλάντωσης χρησιμοποιήθηκαν οι συνθήκες σάρωσης συχνοτήτων ταλάντωσης με ελεγχόμενη παραμόρφωση (frequency sweep-strain control). Η συχνότητα κυμαινόταν από 0,01-10Hz ενώ οι μετρήσεις έγιναν υπό καθεστώς ελεγχόμενης παραμόρφωσης ώστε να διασφαλίζεται ότι η δοκιμή θα πραγματοποιούνταν εντός της περιοχής της γραμμικής ελαστικότητας (καθορίστηκε με προκαταρκτικές δοκιμές). Η παραμόρφωση των δειγμάτων ήταν  $1,304 \times 10^{-5}$ .

Ποσότητα δείγματος τοποθετήθηκε στο δειγματοφορέα του οργάνου. Το σύστημα μέτρησης που χρησιμοποιήθηκε ήταν αυτό του κώνου – πλάκας. Ο κώνος, ο οποίος σχημάτιζε γωνία  $4^\circ$  μετακινήθηκε προς το δείγμα, έτσι ώστε να σχηματιστεί διάκενος χώρος μεταξύ του κώνου και της πλάκας 150  $\mu\text{m}$ . Η περίσσεια του δείγματος αφαιρέθηκε με τη βοήθεια σπάτουλας και στη συνέχεια δόθηκε εντολή για έναρξη της μέτρησης.



#### 4.4.2. Ιξωδόμετρο TR-1

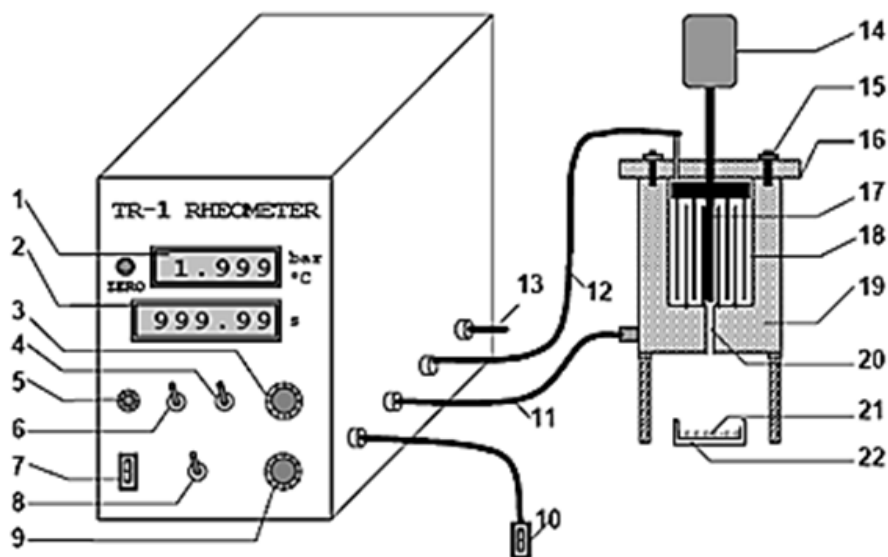
Για τον προσδιορισμό του ιξώδους των δειγμάτων γιαούρτης χρησιμοποιήθηκε το ιξωδόμετρο TR-1.

Η συσκευή αυτή (Σχήμα 4.1) 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  $4.000 \pm 0.001$  bar. Επιπλέον, υπάρχει μια εκτονωτική βάνα 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 4.2. 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 ιξωδομέτρου γίνεται με τη βοήθεια ηλεκτρικών αντιστάσεων.



**Σχήμα 4.1:** 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:

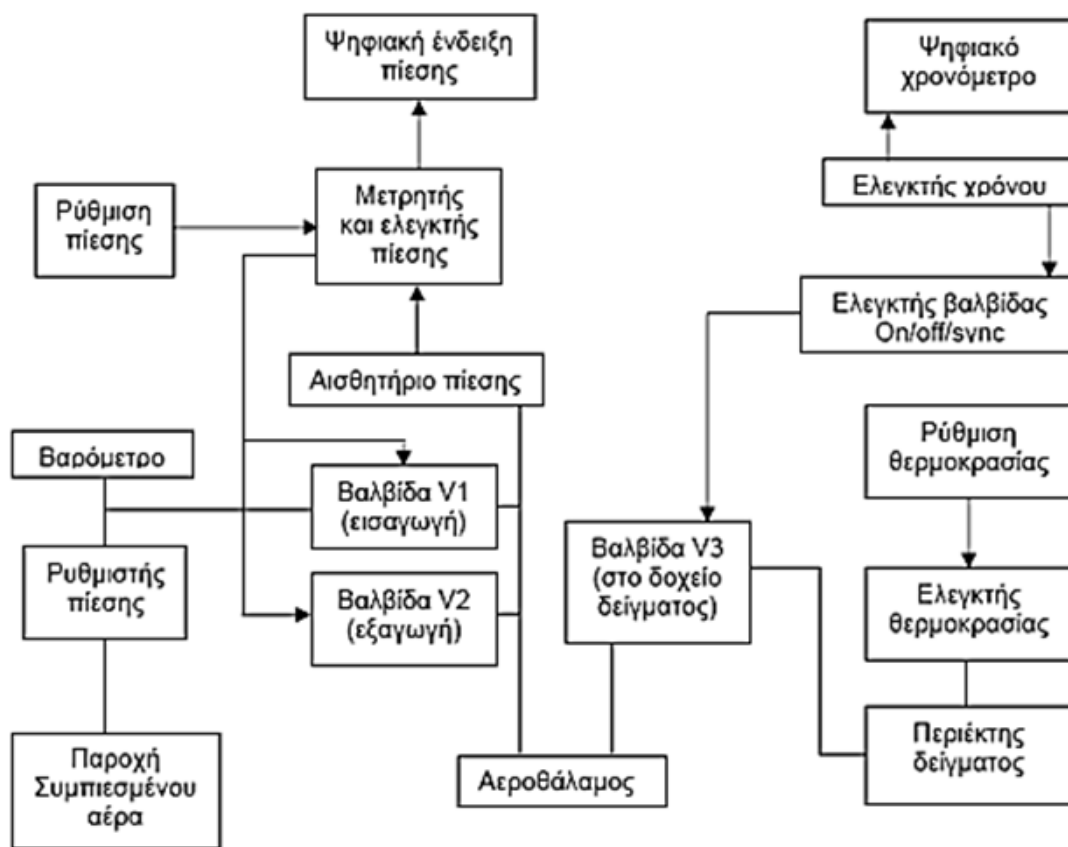
Πίεση: 0-0,07 MPa (0-0,7 bar)

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 4.2:** Σχηματική απόδοση της αρχής λειτουργίας του σωληνωτού ρεομέτρου TR-1 (Xu & Raphaelides, 1998).

#### 4.4.3. 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.

#### 4.4.4. Επεξεργασία μετρήσεων

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

$$\eta = \pi D^4 \frac{\Delta P}{128QL} \quad (4.4)$$

όπου  $D$  είναι η διάμετρος του σωλήνα,  $L$  είναι το μήκος του,  $\Delta P$  είναι η πτώση πίεσης και  $Q$  είναι η ογκομετρική παροχή.

Για μη-Νευτώνεια ρευστά το φαινομενικό ιξώδες  $\eta_w$  υπολογίζεται από τη διατμητική τάση στα τοιχώματα  $\tau_w$ , 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:

$$\dot{\gamma}_{uncorr} = \frac{32Q}{\pi D^3} \quad (4.5)$$

$$\dot{\gamma}_{corr} = \frac{\dot{\gamma}_{uncorr} \cdot (3n+1)}{4n} \quad (4.6)$$

$$\tau_w = \frac{\Delta P \cdot D}{4L} \quad (4.7)$$

$$\eta = \frac{\tau_w}{\dot{\gamma}_{corr}} \quad (4.8)$$

#### 4.4.5. 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 ιζώδες 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 ιζώδους. 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 ( $\zeta D$ ) που προστίθεται στο μήκος του σωλήνα και η πραγματική διατμητική τάση  $\tau_{eff}$  υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$\tau_{eff} = \frac{\Delta P \cdot D}{4(L + \zeta D)} \quad (4.9)$$

Η τιμή του  $\zeta$  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).

#### 4.4.6. 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:

$$\Delta P = \Delta P_{obs} - \frac{\rho u^2}{\alpha} = \Delta P_{obs} - \frac{16\rho Q^2}{\alpha\pi^2 D^4} \quad (4.10)$$

όπου  $\Delta P$  είναι η διορθωμένη πίεση,  $\Delta P_{obs}$  η μετρούμενη πίεση,  $\alpha$  ο συντελεστής διόρθωσης της κινητικής ενέργειας και  $\rho$  η πυκνότητα του ρευστού.

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

$$\alpha = \frac{(4n+2)(5n+3)}{3(3n+1)^2} \quad (4.11)$$

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.

#### 4.5. Οργανοληπτικός έλεγχος

Η οργανοληπτική αξιολόγηση των δειγμάτων αναμιγμένης γιαούρτης από μίγμα βουβαλίσσιου και αγελαδινού γάλακτος με ή χωρίς προσθήκη SCN, έγινε ως προς τα αντικειμενικά (αξιολόγηση της έντασης του μετρούμενου χαρακτηριστικού-μεταβλητής) και ηδονικά (αξιολόγηση της αρεστότητας ως προς το μετρούμενο χαρακτηριστικό-μεταβλητή) χαρακτηριστικά.

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε 2 φορές σύμφωνα με το πειραματικό σχέδιο του Πίνακα 4.4, έτσι ώστε να μπορέσει να καταστεί δυνατός ο υπολογισμός της αλληλεπίδρασης των κυρίων παραγόντων (περιεκτικότητα βουβαλίσσιου γάλακτος (%) και προσθήκη SCN). Τα δείγματα αξιολογήθηκαν για τα αντικειμενικά και ηδονικά οργανοληπτικά τους χαρακτηριστικά ως προς τις παρακάτω μεταβλητές : ένταση του αρώματος, ένταση του λευκού χρώματος, ένταση της οξύτητας, ένταση της λιπαρότητας, ένταση του παχύρευστου και αποδεκτότητα ως προς την αρεστότητα (μόνο στον αντικειμενικό έλεγχο).

**Πίνακας 4.4:** Πειραματικό σχέδιο.

Είδος Γάλακτος	Ποσοστό προθήκης (%) γάλακτος					Καζεϊνικά Άλατα
Βουβαλίσσιο	100	75	50	25	0	0 %
Αγελαδινό	0	25	50	75	100	
Βουβαλίσσιο	100	75	50	25	0	1 %
Αγελαδινό	0	25	50	75	100	

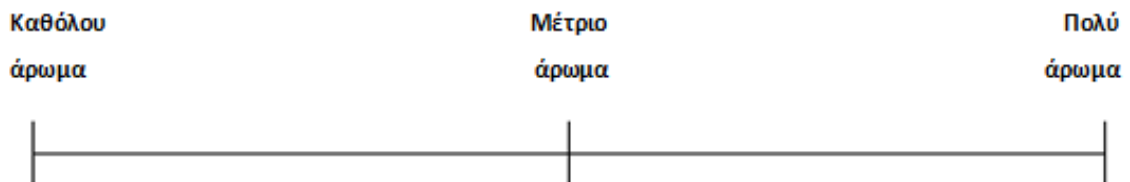
Για την βαθμολόγηση της έντασης κάθε μετρούμενου οργανοληπτικού χαρακτηριστικού χρησιμοποιήθηκε η δεκαπενταβάθμια αδιαβάθμιστη κλίμακα (μήκους 15cm), αυξανόμενης έντασης από 0 έως 15cm. Η αριστερή άκρη (0cm) της κλίμακας αντιπροσωπεύει τη μηδενική ένταση των εξεταζομένων οργανοληπτικών χαρακτηριστικών,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

### Αντικειμενική Αξιολόγηση

Οργανοληπτικός Έλεγχος «Γιαούρτης από βουβαλίσο γάλα»

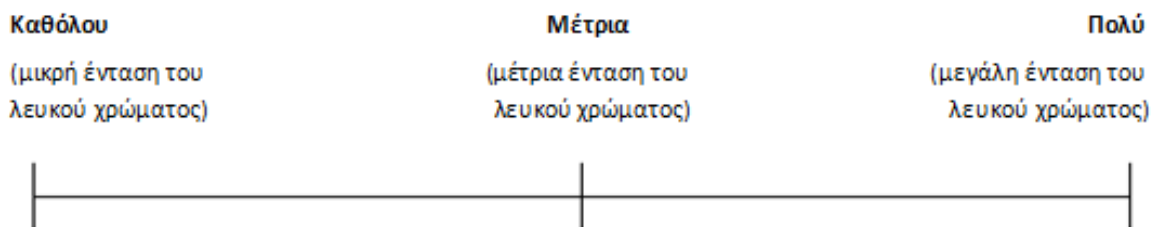
1. Χαρακτηρίστε τα δείγματα αυτά αναφορικά με την ένταση του αρώματος.

*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.*



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

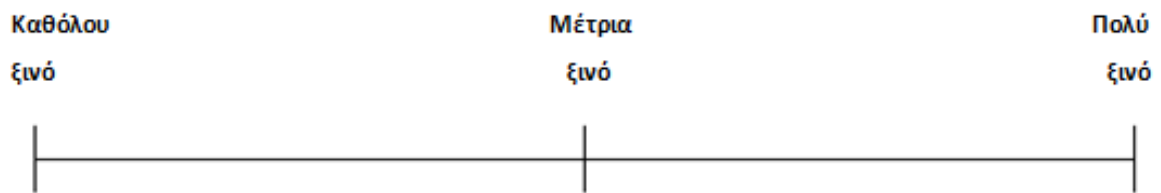
*Σημειώστε με μία κάθετη γραμμή για κάθε δείγμα τα σημεία που αντιπροσωπεύουν τη βαθμολογία σας αναφορικά με την ένταση του χρώματος πάνω στην οριζόντια κλίμακα. Σε κάθε κάθετη γραμμή σημειώστε τον αντίστοιχο κωδικό του δείγματος.*





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.*



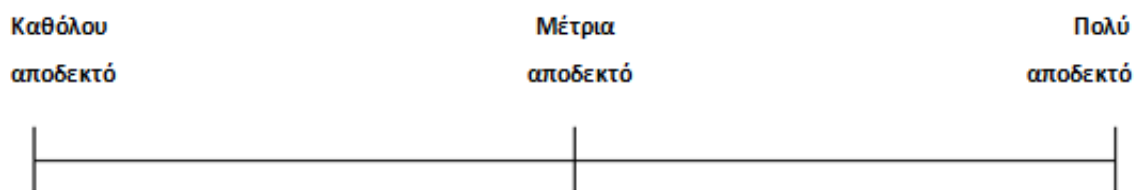
5. Χαρακτηρίστε τα δείγματα αυτά αναφορικά με την ένταση του παχύρευστου. Ως παχύρευστο ορίζεται η δύναμη που καταβάλλει η γλώσσα για τη συμπίεση του δείγματος όταν αυτό βρίσκεται μεταξύ του ουρανίσκου και της γλώσσας.

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



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.



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:

### Ηδονική – Υποκειμενική Αξιολόγηση

Οργανοληπτικός Έλεγχος «Γιαούρτης 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.



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.



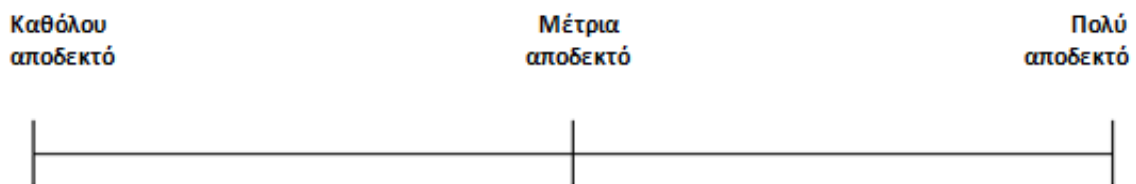
3. Πόσο σας αρέσουν τα δείγματα αυτά αναφορικά με την ένταση της οξύτητας (ξινό) στο στόμα;

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.



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.



5. Πόσο σας αρέσουν 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 αποδεκτότητα ως προς την αίσθηση του παχύρευστου πάνω στην οριζόντια κλίμακα. Σε κάθε κάθετη γραμμή σημειώστε τον αντίστοιχο κωδικό του δείγματος.



#### 4.6. Στατιστική ανάλυση

Για την αξιολόγηση των φυσικοχημικών, ρεολογικών καθώς και οργανοληπτικών μεταβλητών εφαρμόστηκε η Ανάλυση της Διακύμανσης δυο παραγόντων (two way ANOVA) όπως και ο έλεγχος των πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey (Πετρίδης, 2000).

Η μελέτη της επίδρασης της περιεκτικότητας βουβαλίσιου γάλακτος (%) και της προσθήκης SCN στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά της αναμιγμένης γιαούρτης έγινε με τη χρήση ατελώς ομαδοποιημένου πειράματος (Balanced Incomplete Block Design (BIBD)). Το σχέδιο το οποίο επιλέχθηκε περιλάμβανε αριθμό μεταχειρίσεων ( $t$ ) = 10, μεταχειρίσεις προς δοκιμή από τους δοκιμαστές ( $k$ ) = 4, αριθμός δοκιμαστών ( $b$ ) = 15, εμφάνιση κάθε μεταχείρισης στον οργανοληπτικό έλεγχο ( $n$ ) = 6, αριθμός συνεύρεσης των μεταχειρίσεων ανά δύο ( $\lambda$ ) = 2 και επαναλήψεις του πειράματος ( $r$ ) = 2.

## 5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

### 5.1. Χρόνος επώασης δειγμάτων γιαούρτης

Στον Πίνακα 5.1 αναφέρονται οι χρόνοι επώασης των δειγμάτων γιαούρτης που χρειάστηκαν για την επίτευξη της επιθυμητής τιμής pH 4,6.

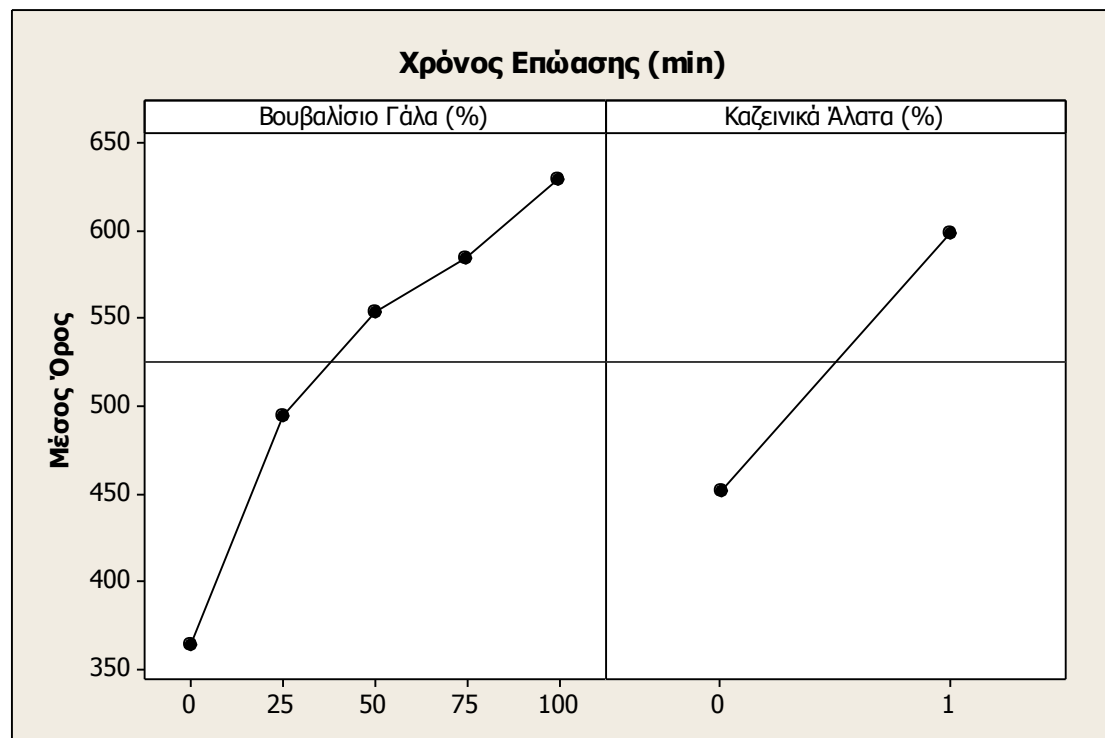
**Πίνακας 5.1:** Χρόνος επώασης των δειγμάτων γιαούρτης που απαιτείται για την επίτευξη της επιθυμητής τιμής pH 4,6.

Δείγματα	Χρόνος Επώασης (min)
1	558
2	497
3	472
4	340
5	354
6	700
7	672
8	634
9	610
10	375

Υπόμνημα: Η κωδικοποίηση των δειγμάτων αναφέρεται τον Πίνακα 4.3.

Σύμφωνα με την Two-Way ANOVA, ο χρόνος επώασης επηρεάζεται στατιστικά σημαντικά και από τους δύο μελετούμενους παράγοντες ( $p < 0,05$ ) (Παράρτημα). Όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.1, η αύξηση της περιεκτικότητας της γιαούρτης σε βουβαλίσιο γάλα καθώς και η προσθήκη SCN είχαν ως αποτέλεσμα τη αύξηση του χρόνου επώασης των δειγμάτων γιαούρτης. Αυτό οφείλεται στην αυξημένη περιεκτικότητα του βουβαλίσιου γάλακτος σε πρωτεΐνες και στην παρουσία των καζεϊνών στο σύστημα του γάλακτος, αντίστοιχα. Τόσο οι καζεΐνες όσο και οι πρωτεΐνες ορού παρουσιάζουν έντονη ρυθμιστική ικανότητα (Salaün *et al.*, 2005) με αποτέλεσμα να απαιτείται μεγαλύτερος χρόνος για τη μείωση της τιμής του pH.

Η κατάταξη των δειγμάτων κατά φθίνουσα σειρά σύμφωνα με τον έλεγχο των πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey είναι η εξής: BM\_100 > BM\_75 > BM\_50 > BM\_25 > BM\_0, όσον αφορά το είδος του γάλακτος και SCN\_1 > SCN\_0, όσον αφορά την επίδραση των καζεϊνικών αλάτων [όπου BM είναι το ποσοστό του βουβαλίσιου γάλακτος και SCN είναι η υπαρξη(1) ή μη(0) καζεϊνικών αλάτων].



**Σχήμα 5.1:** Επίδραση της περιεκτικότητας σε βουβαλίσιο γάλα (%) και της προσθήκης καζεϊνικών αλάτων (%) στο χρόνο επώασης των δειγμάτων γιαούρτης.

## 5.2. Μελέτη φυσικοχημικών χαρακτηριστικών δειγμάτων γιαούρτης

Στους Πίνακες 5.2 και 5.3 παρουσιάζονται οι μέσοι όροι των αποτελεσμάτων της φυσικοχημικής ανάλυσης των δειγμάτων γιαούρτης.

Η εφαρμογή της Two-Way ANOVA έδειξε ότι από τις παραμέτρους του χρώματος  $L^*$ ,  $a^*$  και  $b^*$ , στατιστική σημαντικότητα παρουσίασαν μόνο η ένταση της φωτεινότητας  $L^*$  καθώς και η σταθερά  $b^*$ . Και οι δυο παράμετροι επηρεάστηκαν από το είδος του γάλακτος καθώς και την παρουσία των SCN ( $p < 0,05$ ) (Παράρτημα).

### Φωτεινότητα $L^*$

Σύμφωνα με το Σχήμα 5.2 η προσθήκη SCN και η αύξηση του ποσοστού προσθήκης βουβαλίσιου γάλακτος είχαν ως αποτέλεσμα την αύξηση της φωτεινότητας των δειγμάτων γιαούρτης. Η κατάταξη τους κατά φθίνουσα σειρά σύμφωνα με τον έλεγχο των πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey είναι η εξής:  $BM_{100} > BM_{75} > BM_{50} > BM_{25} > BM_0$ , όσον αφορά το είδος του γάλακτος και  $SCN_1 > SCN_0$ , όσον αφορά την επίδραση των SCN.

**Πίνακας 5.2:** Αποτελέσματα παραμέτρων προσδιορισμού χρώματος των δειγμάτων γιαούρτης. [ L\*: φωτεινότητα, a\*: διαβάθμιση του χρώματος από το ερυθρό (+a\*) έως το πράσινο (-a\*) και b\* : διαβάθμιση από το κίτρινο (+b\*) έως το κυανό (-b\*)].

Μεταχειρίσεις	Παράμετροι Προσδιορισμού Χρώματος		
	L*	a*	b*
1	90,9	-2,35	2,25
2	90,5	-2,40	2,65
3	88,9	-2,35	3,10
4	87,7	-2,40	3,20
5	86,6	-2,40	3,80
6	91,4	-2,40	1,70
7	91,2	-2,40	2,20
8	91,0	-2,40	2,45
9	88,7	-2,40	2,75
10	87,4	-2,40	3,10

Υπόμνημα: Η κωδικοποίηση των δειγμάτων αναφέρεται τον Πίνακα 4.3.

**Πίνακας 5.3:** Αποτελέσματα των χημικών παραμέτρων (λίπος- οξύτητα- ξηρή ουσία- ξηρή ουσία άνευ λίπους), των δειγμάτων γιαούρτης.

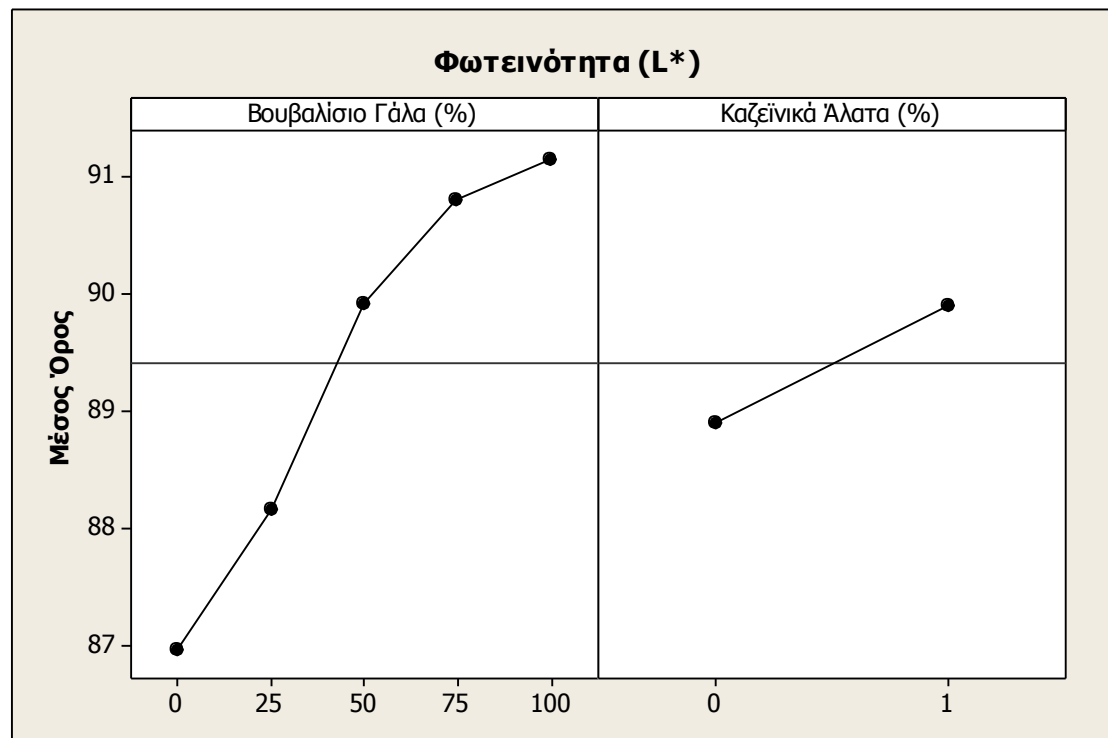
Μεταχειρίσεις	Χημικοί Παράμετροι			
	Λίπος (%)	Οξύτητα (Γαλακτικό Οξύ % w/w)	Ξηρή Ουσία (%)	Ξηρή Ουσία Άνευ Λίπους (%)
1	7,90	1,09	17,38	9,48
2	6,55	1,06	15,71	9,16
3	5,50	0,96	13,70	8,20
4	4,68	0,90	12,46	7,79
5	3,59	0,77	10,81	7,22
6	7,75	1,22	17,97	10,22
7	6,48	1,09	16,25	9,78
8	5,35	1,00	14,77	9,42
9	4,48	0,95	13,60	9,13
10	3,53	0,88	12,26	8,74

Υπόμνημα: Η κωδικοποίηση των δειγμάτων αναφέρεται στον Πίνακα 4.3.

Οι αυξημένες τιμές της φωτεινότητας των δειγμάτων γιαούρτης οφείλονται αφενός μεν στην αυξημένη περιεκτικότητα του βουβαλίσσιου γάλακτος σε πρωτεΐνες και λίπος (Ahmad *et al.*, 2008) και αφετέρου στην προσθήκη καζεϊνών στο γάλα. Η ένταση του λευκού χρώματος του γάλακτος και κατ' επέκταση της γιαούρτης, οφείλεται στην



αντανάκλασή του φωτός πάνω στα λιποσφαίρια και στα μικκύλια της καζεΐνης (Μάντης, 2005). Επομένως η αύξηση του αριθμού των σωματιδίων σκεδασμού (λιποσφαίρια και μικκύλια καζεΐνης) έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της έντασης του λευκού χρώματος των δειγμάτων.



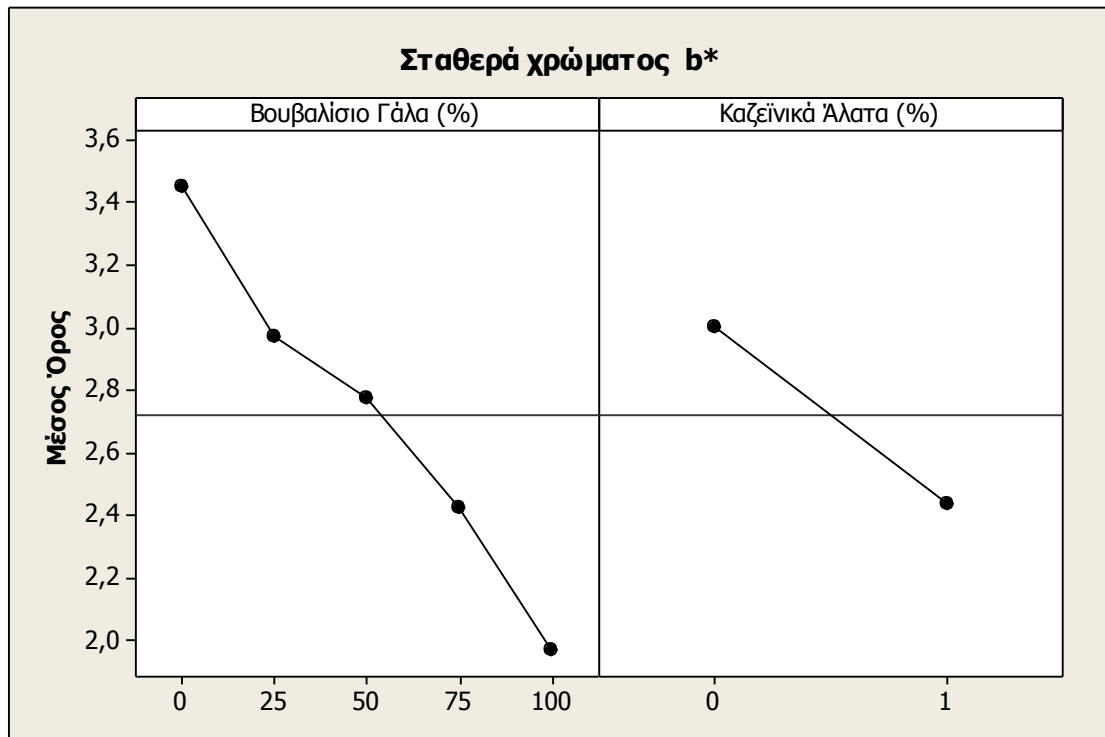
**Σχήμα 5.2:** Επίδραση της περιεκτικότητας σε βουβαλίσιο γάλα (%) και της προσθήκης καζεϊνικών αλάτων (%) στη φωτεινότητα (L\*) των δειγμάτων γιαούρτης.

### Σταθερά b\*

Σύμφωνα με το Σχήμα 5.3 η προσθήκη SCN και η αύξηση του ποσοστού προσθήκης βουβαλίσιου γάλακτος προκάλεσαν τη μείωση της σταθερά b\* των δειγμάτων γιαούρτης. Η κατάταξη τους κατά φθίνουσα σειρά σύμφωνα με τον έλεγχο των πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey είναι η εξής: BM\_0 > BM\_25 > BM\_50 > BM\_75 > BM\_100, όσον αφορά το είδος του γάλακτος και SCN\_0 > SCN\_1, όσον αφορά την επίδραση των καζεϊνικών αλάτων.

Η σταθερά b\* συμβολίζει την ένταση του κίτρινου χρώματος και οι μειωμένες τιμές της οφείλονται στην αυξημένη περιεκτικότητα των δειγμάτων γιαούρτης σε βουβαλίσιο γάλα αλλά και στην παρουσία των SCN. Το αγελαδινό γάλα έχει μεγαλύτερη συγκέντρωση σε καροτινοειδή (χρωστικές ουσίες κίτρινου χρώματος) από ότι το βουβαλίσιο (Κεχαγιάς, 2011), με αποτέλεσμα να αυξάνεται η ένταση του κίτρινου χρώματος με τη μείωση του ποσοστού προσθήκης βουβαλίσιου γάλακτος. Επίσης, οι καζεΐνες συνεισφέρουν στο λευκό χρώμα της γιαούρτης, όπως

προαναφέρθηκε. Επομένως η παρουσία των SCN μειώνει την ένταση του κίτρινου χρώματος.

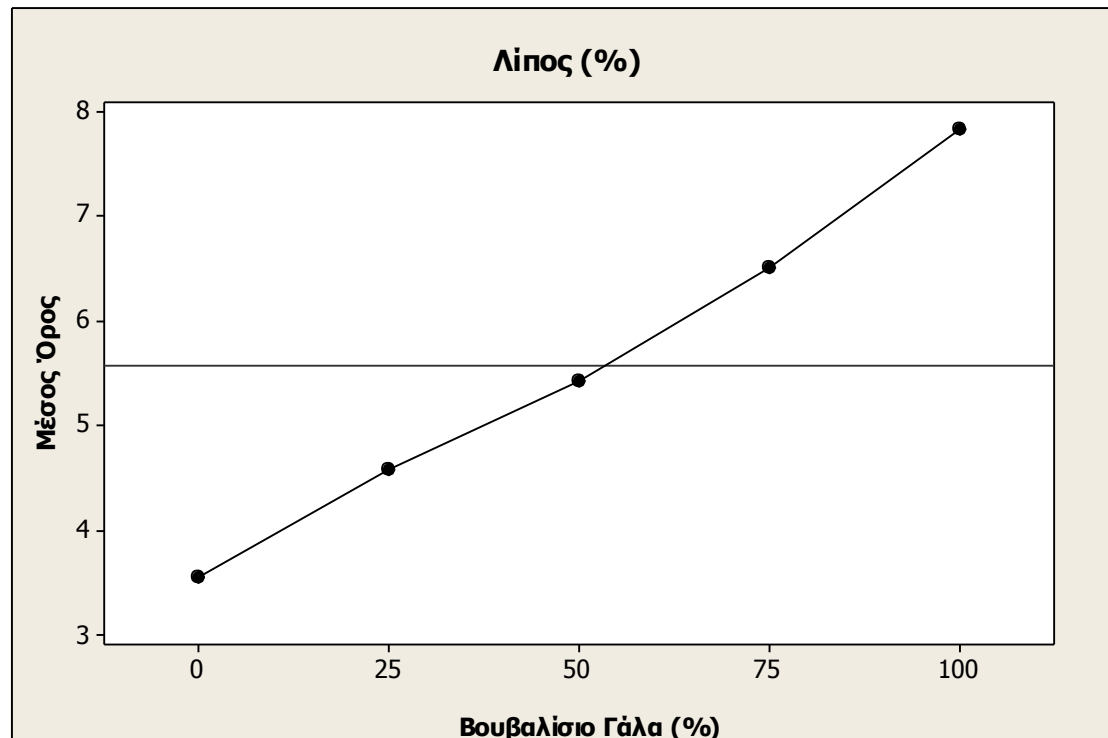


**Σχήμα 5.3:** Επίδραση της περιεκτικότητας σε βουβαλίσιο γάλα (%) και της προσθήκης καζεϊνικών αλάτων (%) στη σταθερά b\* των δειγμάτων γιαούρτης.

Στο Πίνακα 5.3 φαίνεται η περιεκτικότητα των δειγμάτων σε λίπος (%), οξύτητα (εκφρασμένη σε γαλακτικό οξύ % w/w), ξηρή ουσία (%) και ξηρή ουσία άνευ λίπους (%). Η αύξηση του ποσοστού προσθήκης βουβαλίσιου γάλακτος και η προσθήκη SCN παρουσίασαν στατιστική σημαντικότητα ( $p < 0,05$ ) για τις εξής μεταβλητές: οξύτητα, ξηρή ουσία και ξηρή ουσία άνευ λίπους. Η λιποπεριεκτικότητα των δειγμάτων επηρεάστηκε μόνο από το είδος του γάλακτος ( $p < 0,05$ ).

#### Λίπος (%)

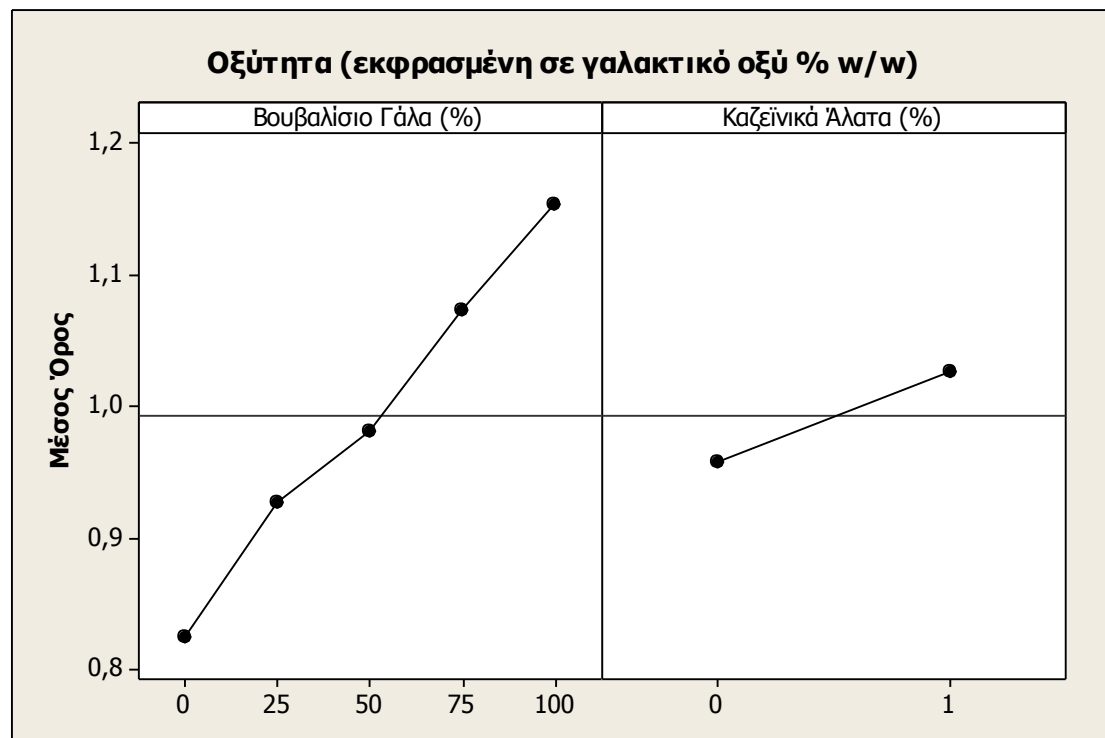
Σύμφωνα με το Σχήμα 5.4 η αύξηση του ποσοστού προσθήκης βουβαλίσιου γάλακτος είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της λιποπεριεκτικότητας των δειγμάτων γιαούρτης. Η κατάταξη τους κατά φθίνουσα σειρά σύμφωνα με τον έλεγχο των πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey είναι η εξής:  $BM_{100} > BM_{75} > BM_{50} > BM_{25} > BM_0$ . Η μεταβολή της λιποπεριεκτικότητας των δειγμάτων οφείλεται στην αυξημένη περιεκτικότητα του βουβαλίσιου γάλακτος σε λίπος σε σχέση με το αγελαδινό.



**Σχήμα 5.4:** Επίδραση της περιεκτικότητας σε βουβαλίσιο γάλα (%) και της προσθήκης καζεϊνικών αλάτων (%) στη λιποπεριεκτικότητα των δειγμάτων γιαούρτης.

#### **Οξύτητα (εκφρασμένη σε γαλακτικό οξύ % w/w)**

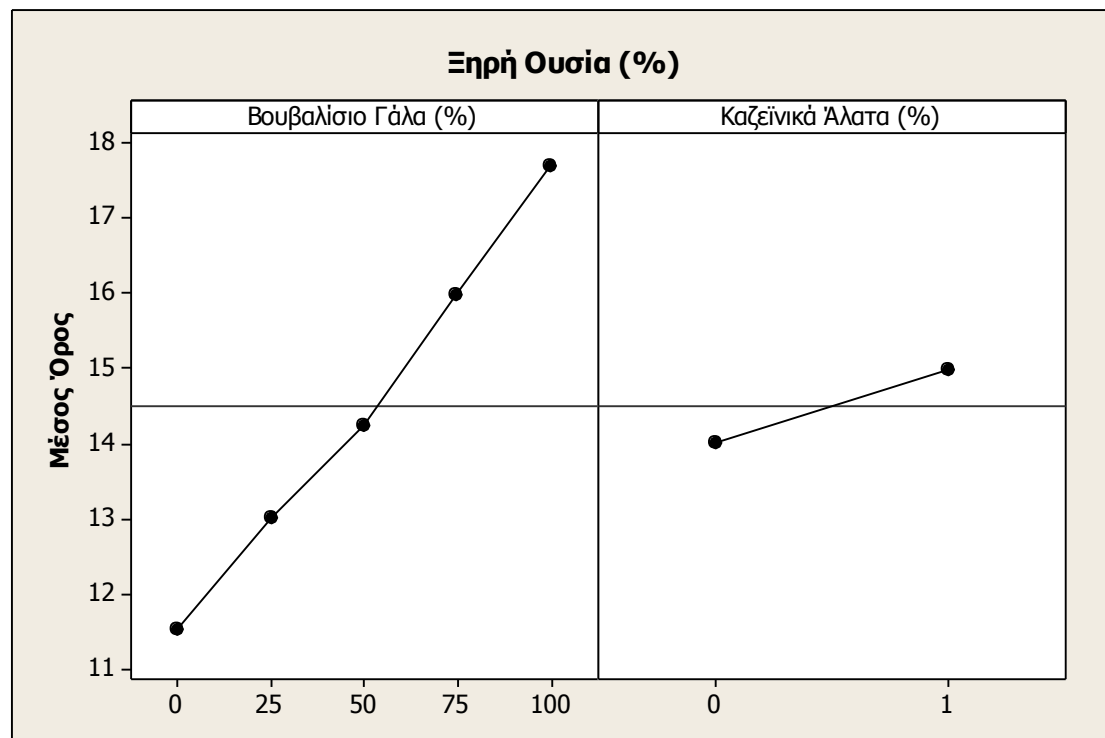
Η αύξηση του ποσοστού προσθήκης βουβαλίσιου γάλακτος και η προσθήκη SCN είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της οξύτητας των δειγμάτων γιαούρτης (Πίνακας 5.3). Η επίδραση του ποσοστού προσθήκης βουβαλίσιου γάλακτος στην οξύτητα των δειγμάτων οφείλεται στην αυξημένη περιεκτικότητα του σε πρωτεΐνες. Τόσο οι καζεΐνες όσο και οι πρωτεΐνες ορού παρουσιάζουν έντονη ρυθμιστική ικανότητα (Salaün *et al.*, 2005) με αποτέλεσμα την παραγωγή γιαούρτης με αυξημένη οξύτητα. Αυτός είναι και ο λόγος όπου η προσθήκη SCN είχε στατιστικά σημαντική επίδραση ( $p < 0,05$ ) (Παράρτημα) στην οξύτητα προκαλώντας την αύξησή της, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 5.5. Η κατάταξη τους κατά φθίνουσα σειρά σύμφωνα με τον έλεγχο των πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey είναι η εξής:  $BM_{100} > BM_{75} > BM_{50} > BM_{25} > BM_0$  όσον αφορά το είδος του γάλακτος και  $SCN_1 > SCN_0$  όσον αφορά την επίδραση των καζεϊνικών αλάτων.



**Σχήμα 5.5:** Επίδραση της περιεκτικότητας σε βουβαλίσιο γάλα (%) και της προσθήκης καζεϊνικών αλάτων (%) στην οξύτητα των δειγμάτων γιαούρτης.

### Ξηρή ουσία (%)

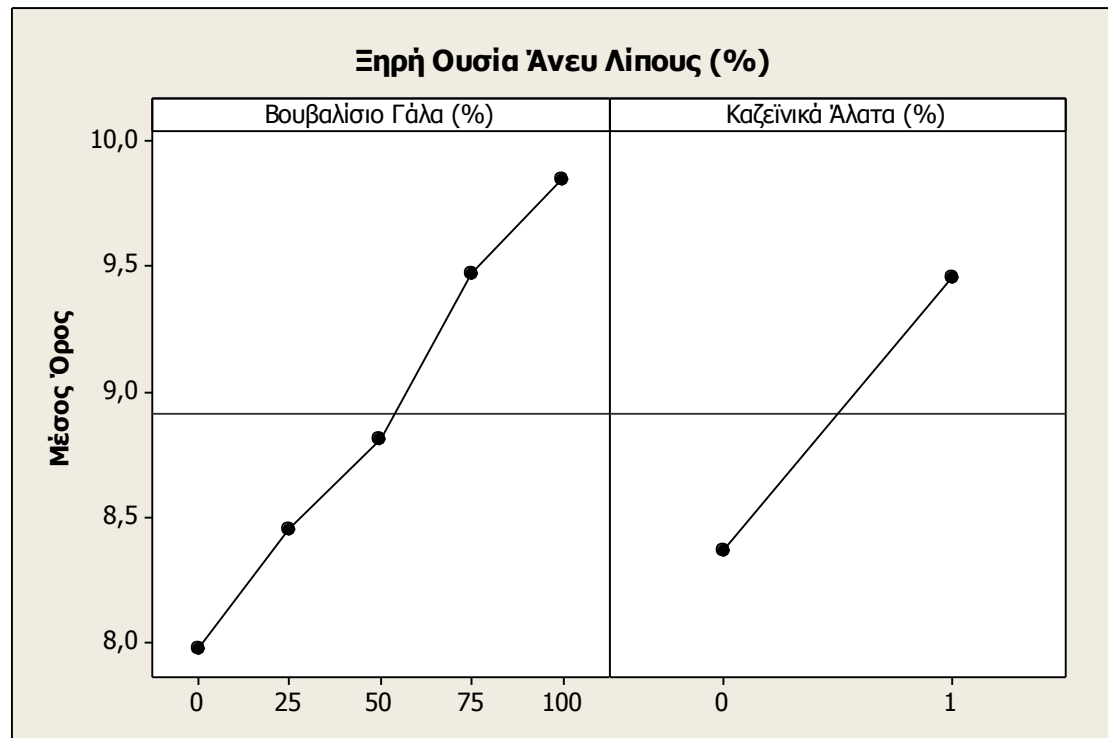
Σύμφωνα με το Σχήμα 5.6 η αύξηση του ποσοστού προσθήκης βουβαλίσιου γάλακτος και η προσθήκη SCN είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της ξηρής ουσίας των δειγμάτων γιαούρτης. Αυτό οφείλεται στην αυξημένη περιεκτικότητα του βουβαλίσιου γάλακτος σε πρωτεΐνες και λίπος (Ahmad *et al.*, 2008), ενώ η προσθήκη των SCN αυξάνει την ξηρή ουσία διότι αυξάνεται η ποσότητα των πρωτεϊνών. Η κατάταξη τους κατά φθίνουσα σειρά σύμφωνα με τον έλεγχο των πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey είναι η εξής: BM\_100 > BM\_75 > BM\_50 > BM\_25 > BM\_0, όσον αφορά το είδος του γάλακτος και SCN\_1 > SCN\_0, όσον αφορά την επίδραση των καζεϊνικών αλάτων.



**Σχήμα 5.6:** Επίδραση της περιεκτικότητας σε βουβαλίσιο γάλα (%) και της προσθήκης καζεϊνικών αλάτων (%) στη ξηρή ουσία των δειγμάτων γιαούρτης.

#### Ξηρή ουσία άνευ λίπους (%)

Σύμφωνα με το Σχήμα 5.7 η αύξηση του ποσοστού προσθήκης βουβαλίσιου γάλακτος και η προσθήκη SCN είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της ξηρής ουσίας άνευ λίπους των δειγμάτων γιαούρτης. Και σε αυτήν την περίπτωση η αυξημένη περιεκτικότητα του βουβαλίσιου γάλακτος σε πρωτεΐνες και η προσθήκη των SCN προκαλούν αύξηση της ξηρής ουσίας άνευ λίπους των δειγμάτων. Η κατάταξη των δειγμάτων κατά φθίνουσα σειρά σύμφωνα με τον έλεγχο των πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey είναι η εξής:  $BM_{100} > BM_{75} > BM_{50} > BM_{25} > BM_0$ , όσον αφορά το είδος του γάλακτος και  $SCN_1 > SCN_0$ , όσον αφορά την επίδραση των καζεϊνικών αλάτων.



**Σχήμα 5.7:** Επίδραση της περιεκτικότητας σε βουβαλίσιο γάλα (%) και της προσθήκης καζεϊνικών αλάτων (%) στη ξηρή ουσία άνευ λίπους των δειγμάτων γιαούρτης.

### 5.3. 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:

$$\eta_a = \frac{\tau}{\dot{\gamma}} = k \dot{\gamma}^{n-1} \quad (5.1)$$

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:

$$\log \eta_a = \log k + (n-1) \log \dot{\gamma} \quad (5.2)$$

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

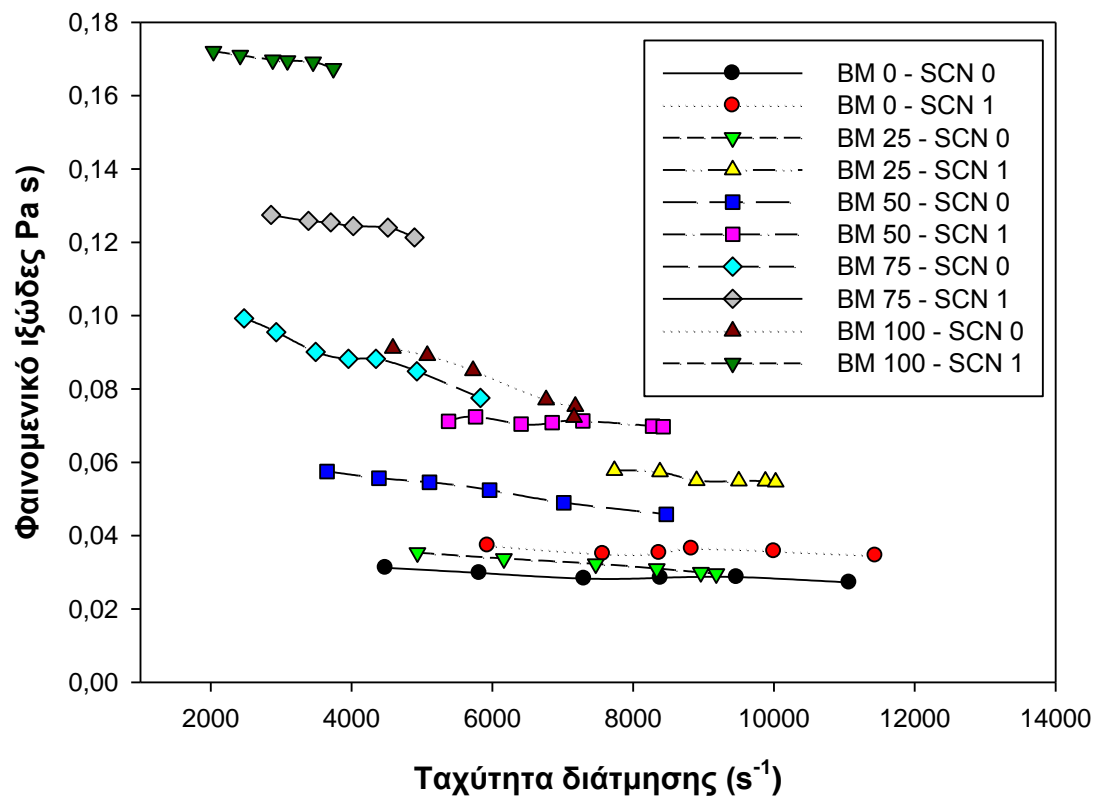
Στον Πίνακα 5.4 παρατίθενται οι τιμές του δείκτη ρεολογικής συμπεριφοράς ( $n$ ) καθώς και οι τιμές των υπόλοιπων ρεολογικών χαρακτηριστικών των δειγμάτων γιαούρτης. Στο Σχήμα 5.8 φαίνονται οι καμπύλες ροής των δειγμάτων, από τις οποίες προέκυψαν οι τιμές του  $n$ .

**Πίνακας 5.4:** Τιμές του δείκτη ρεολογικής συμπεριφοράς ( $n$ ), του συντελεστή ελαστικότητας και της  $\tan \delta$  των δειγμάτων γιαούρτης.

Μεταχειρίσεις	Ρεολογικοί Παράμετροι		
	$n$	Συντελεστής Ελαστικότητας	$\tan \delta$
1	0,59	368,0	0,89
2	0,64	238,5	0,89
3	0,70	212,0	0,91
4	0,84	169,0	0,91
5	0,87	149,5	0,92
6	0,93	506,5	0,77
7	0,84	279,5	0,80
8	0,87	226,0	0,89
9	0,87	192,0	0,90
10	0,87	167,0	0,90

Υπόμνημα: Η κωδικοποίηση των δειγμάτων αναφέρεται στον Πίνακα 4.3.

Όπως παρατηρείται στο Σχήμα 5.8 η αύξηση του ποσοστού προσθήκης βουβαλίσου γάλακτος αλλά και η προσθήκη SCN είχαν ως αποτέλεσμα την αύξηση του φαινομενικού ιξώδους των δειγμάτων. Η παρουσία των καζεϊνών στο σύστημα του γάλακτος (είτε με την αύξηση του ποσοστού προσθήκης βουβαλίσου γάλακτος είτε με την προσθήκη SCN) 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. Επίσης με την αύξηση του ποσοστού του βουβαλίσου γάλακτος αυξάνεται και η συγκέντρωση των δειγμάτων σε λίπος. Η αύξηση της λιποπεριεκτικότητας αυξάνει το ιξώδες των δειγμάτων λόγω αύξησης του υδροδυναμικού όγκου του λίπους.



**Σχήμα 5.8:** Μεταβολή του ιξώδους συναρτήσει της ταχύτητας διάτμησης στα διαφορετικά δείγματα γιαούρτης [όπου BM είναι το ποσοστό του βουβαλίσου γάλακτος και SCN είναι η ύπαρξη(1) ή μη(0) καζεϊνικών αλάτων].

#### Δείκτης ρεολογικής συμπεριφοράς ( $n$ )

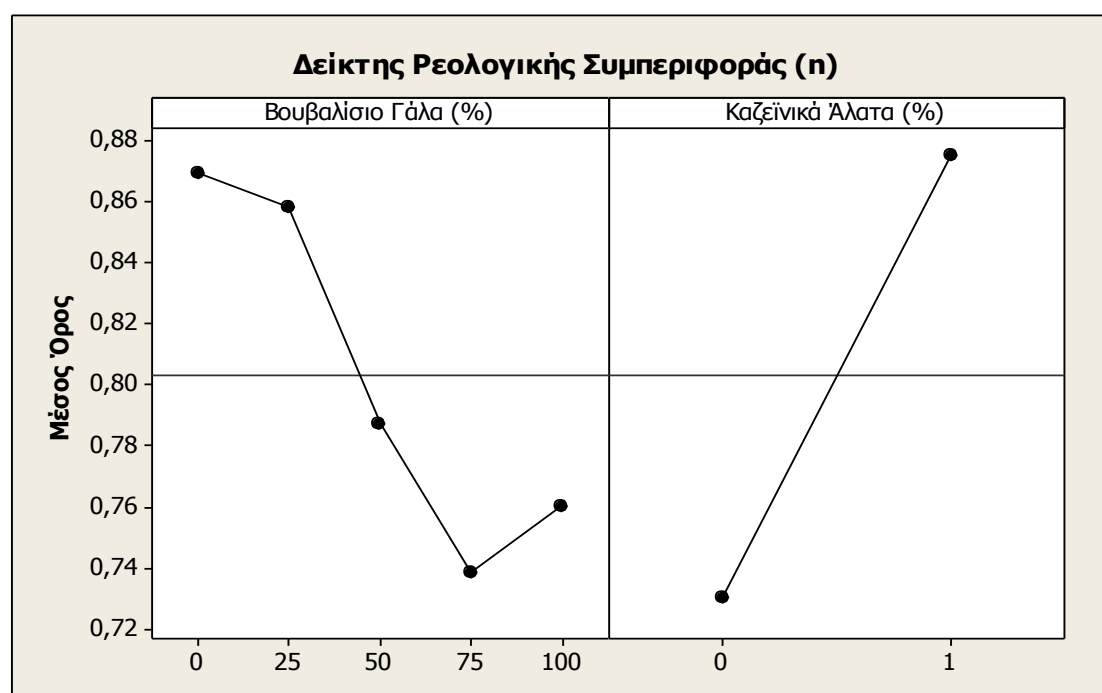
Σύμφωνα με την Two-Way ANOVA ο  $n$  επηρεάζεται στατιστικά σημαντικά και από τους δύο μελετούμενους παράγοντες ( $p < 0,05$ ) (Παράρτημα). Στο Σχήμα 5.9 παρουσιάζεται η επίδραση της περιεκτικότητας σε βουβαλίσιο γάλα και η προσθήκη SCN στον  $n$ . Η αύξηση του ποσοστού προσθήκης βουβαλίσου γάλακτος προκάλεσε τη μείωση του  $n$ , ενώ η προσθήκη SCN προκάλεσε την αύξηση του. Η κατάταξη των δειγμάτων κατά φθίνουσα σειρά σύμφωνα με τον έλεγχο των πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey είναι η εξής:  $BM\_0 > BM\_25 > BM\_50 > BM\_100 > BM\_75$ , όσον αφορά το είδος του γάλακτος και  $SCN\_1 > SCN\_0$ , όσον αφορά την επίδραση των καζεϊνικών αλάτων.

Η παρουσία των καζεϊνών στο σύστημα του γάλακτος αυξάνει τον υδροδυναμικό όγκο των σχηματιζόμενων συμπλεγμάτων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τα συμπλέγματα των πρωτεϊνών να δυσκολεύονται να προσανατολιστούν στην κατεύθυνση της ροής και να τείνουν προς νευτόνια συμπεριφορά.

Όσον αφορά την επίδραση του βουβαλίσου γάλακτος στο  $n$ , πιθανόν να οφείλεται στην αυξημένη αναλογία του σε τριγλυκερίδια υψηλού σημείου τήξεως (Khedkar *et*



*al.*, 2003). Στη θερμοκρασία μέτρησης του ιξώδους το μεγαλύτερο μέρος του λίπους των δειγμάτων με αυξημένη περιεκτικότητα σε βουβαλίσιο γάλα είναι σε στερεά μορφή, σε αντίθεση με το λίπος των δειγμάτων με αυξημένο ποσοστό αγελαδινού γάλακτος. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τα δείγματα γιαούρτης πλούσια σε βουβαλίσιο γάλα να εμφανίζουν πιο έντονη ψευδοπλαστική συμπεριφορά από τα αντίστοιχα δείγματα, όπου έχουν μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε αγελαδινό γάλα. Όταν το λίπος των δειγμάτων είναι σε ρευστή μορφή αυτά εκδηλώνουν νευτόνια συμπεριφορά (Walstra *et al.*, 2006).



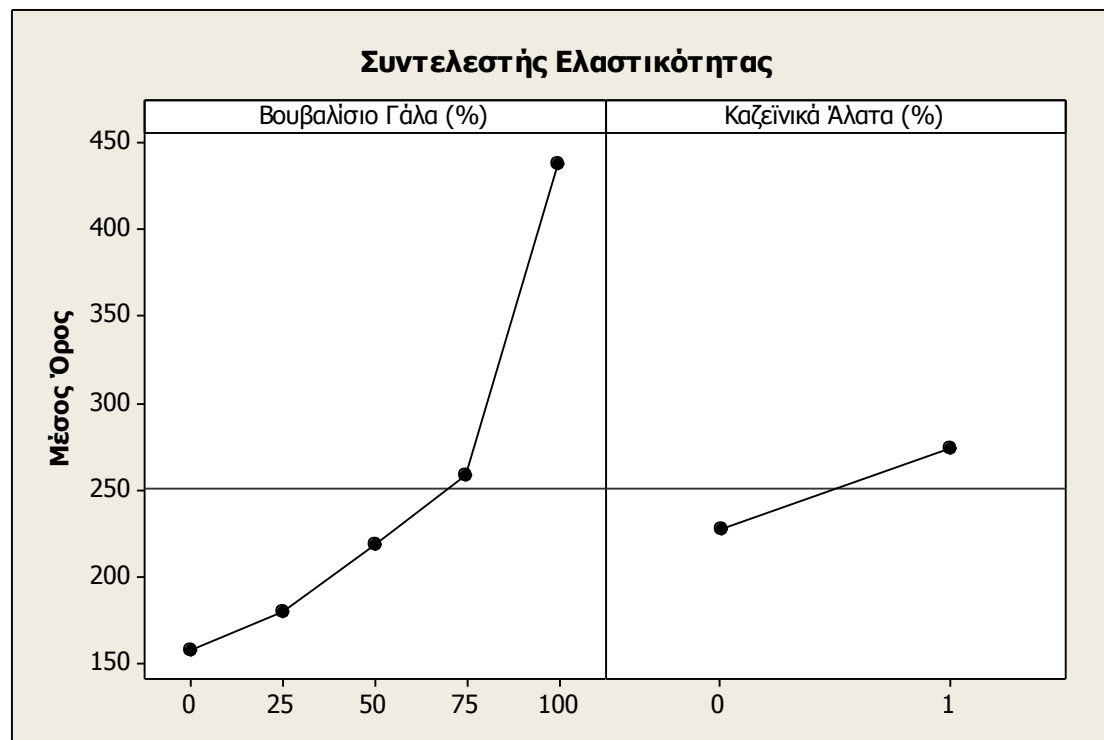
**Σχήμα 5.9:** Επίδραση της περιεκτικότητας σε βουβαλίσιο γάλα (%) και της προσθήκης καζεϊνικών αλάτων (%) στο δείκτη ρεολογικής συμπεριφοράς.

### Συντελεστής ελαστικότητας $G'$

Σύμφωνα με το Σχήμα 5.10 τόσο η προσθήκη SCN όσο και η αύξηση του βουβαλίσιου γάλακτος προκαλούν αύξηση του  $G'$  των δειγμάτων γιαούρτης. Η κατάταξη τους κατά φθίνουσα σειρά σύμφωνα με τον έλεγχο των πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey είναι η εξής:  $BM_{100} > BM_{75} > BM_{50} > BM_{25} > BM_0$ , όσον αφορά το είδος του γάλακτος και  $SCN_1 > SCN_0$ , όσον αφορά την επίδραση των καζεϊνικών αλάτων.

Η αύξηση της τιμής του  $G'$  οφείλεται στην αυξημένη συγκέντρωση καζεϊνών στα αντίστοιχα δείγματα (αύξηση του ποσοστού προσθήκης βουβαλίσιου γάλακτος ή προσθήκη SCN) με αποτέλεσμα την δημιουργία περισσότερων δεσμών μεταξύ των πρωτεϊνών (αύξηση σε αριθμό και σε ισχύ), στην παρουσία ακόμα περισσότερων συσσωματωμάτων καζεϊνών και τέλος στη δημιουργία ενός πλέγματος με μεγαλύτερη

συνοχή (Sodini *et al.*, 2003). Οι δεσμοί του πρωτεϊνικού πλέγματος συνεισφέρουν στην αύξηση της ελαστικότητας και κατά συνέπεια στην ελαχιστοποίηση της ιξώδους συμπεριφοράς των δειγμάτων.

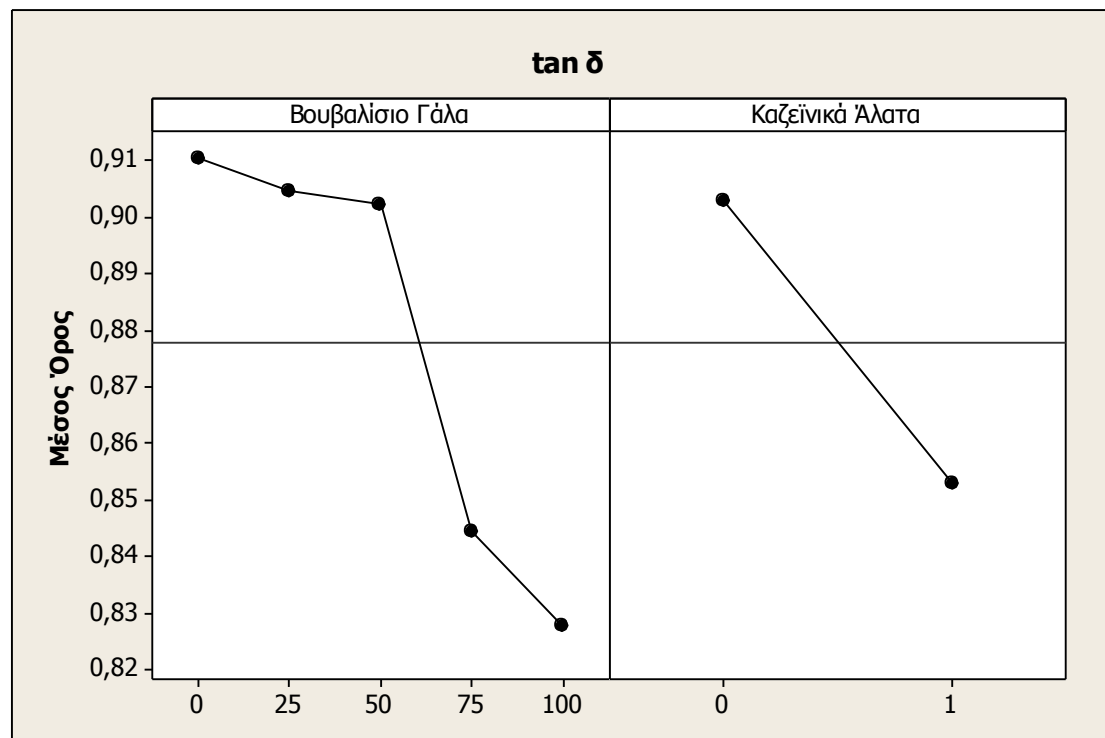


**Σχήμα 5.10:** Επίδραση της περιεκτικότητας σε βουβαλίσιο γάλα (%) και της προσθήκης καζεϊνικών αλάτων (%) στο συντελεστή ελαστικότητας.

### tanδ

Σύμφωνα με την Two-Way ANOVA η αύξηση του ποσοστού προσθήκης βουβαλίσιου γάλακτος και η προσθήκη SCN έχουν ως αποτέλεσμα την μείωση των τιμών της tanδ των δειγμάτων γιαούρτης ( $p < 0,05$ ) (Παράρτημα). Η κατάταξη τους κατά φθίνουσα σειρά σύμφωνα με τον έλεγχο των πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey είναι η εξής:  $BM_0 > BM_{25} > BM_{50} > BM_{75} > BM_{100}$ , όσον αφορά το είδος του γάλακτος και  $SCN_0 > SCN_1$ , όσον αφορά την επίδραση των καζεϊνικών αλάτων.

Στο Σχήμα 5.11 φαίνεται η επίδραση της περιεκτικότητας σε βουβαλίσιο γάλα και της προσθήκης SCN στις τιμές της tanδ. Με την απουσία SCN ή με τη μείωση του ποσοστού προσθήκης βουβαλίσιου γάλακτος οι δεσμοί μεταξύ των πρωτεϊνών είναι λιγότεροι σε αριθμό αλλά και σε ένταση, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η ιξώδης συμπεριφορά των δειγμάτων.



**Σχήμα 5.11:** Επίδραση της περιεκτικότητας σε βουβαλίσιο γάλα (%) και της προσθήκης καζεϊνικών αλάτων (%) στη  $\tan\delta$ .

#### 5.4. Οργανοληπτική αξιολόγηση δειγμάτων γιαούρτης

Στους πίνακες 5.5 και 5.6 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της οργανοληπτικής αξιολόγησης ως προς την ένταση (αντικειμενικός έλεγχος) και την αρεστότητα (ηδονικός έλεγχος) των δειγμάτων γιαούρτης αντίστοιχα.

##### 5.4.1. Αποτελέσματα αντικειμενικού ελέγχου

Σύμφωνα με την ANOVA, από τις μεταβλητές του αντικειμενικού οργανοληπτικού ελέγχου μόνο η ένταση της λιπαρότητας, η ένταση του παχύρρευστου και η αποδεκτότητα ως προς την αρεστότητα εμφάνισαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

##### Ένταση της λιπαρότητας

Από τα αποτελέσματα της ANOVA προκύπτει ότι η ένταση της λιπαρότητας επηρεάζεται στατιστικά σημαντικά από την αύξηση του ποσοστού του βουβαλίσιο γάλακτος όσο και από την προσθήκη των SCN ( $p < 0,05$ ). Η κατάταξη των δειγμάτων γιαούρτης κατά φθίνουσα σειρά σύμφωνα με τον έλεγχο των πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey είναι η εξής:  $BM_{100} \geq BM_{75} \geq BM_{50} = BM_{25} > BM_0$ , όσον αφορά το είδος του γάλακτος και  $SCN_1 > SCN_0$ , όσον αφορά την επίδραση των καζεϊνικών αλάτων (Σχήμα 5.12).

Από τα αποτελέσματα συμπεραίνουμε ότι οι δοκιμαστές μπόρεσαν να διακρίνουν και να χαρακτηρίσουν ως πιο λιπαρά τα δείγματα τα οποία περιείχαν μεγαλύτερο ποσοστό βουβαλίσου γάλακτος και ότι η προσθήκη SCN μετατόπισε την ένταση της αντιλαμβανόμενης λιπαρότητας σε μεγαλύτερη.

Οι Tomaschunas *et al.* (2012) αναφέρουν ότι τα χαρακτηριστικά της γιαούρτης, τα οποία σχετίζονται με την λιπαρότητα, δηλαδή το κρεμμώδες καθώς και η ένταση της λιπαρότητας, αυξάνονται με την αύξηση της λιποπεριεκτικότητας. Στη συγκεκριμένη περίπτωση η αύξηση της αντιλαμβανόμενης λιποπεριεκτικότητας, αντιστοιχεί στην αύξηση του ποσοστού του βουβαλίσου γάλακτος που περιέχει περισσότερα λιπαρά.

**Πίνακας 5. 5:** Μέση τιμή αντικειμενικών οργανοληπτικών μεταβλητών (cm).

Δείγματα	Άρωμα	Χρώμα	Οξύτητα	Λιπαρότητα	Παχύρευστο	Αρεστότητα
1	6,16	10,52	6,41	9,65	8,98	7,20
2	7,62	9,29	9,94	6,50	7,81	7,92
3	7,94	10,69	9,29	5,87	3,79	6,63
4	8,30	9,90	7,91	4,47	3,84	-
5	8,25	9,78	7,32	6,64	2,38	3,38
6	6,75	10,44	9,48	11,15	11,31	11,97
7	6,12	10,37	9,65	9,38	10,18	10,70
8	8,48	10,33	7,80	7,98	8,13	8,84
9	8,84	10,87	9,60	8,12	7,13	8,75
10	7,01	9,64	7,10	6,89	5,78	5,45

Υπόμνημα: Η κωδικοποίηση των δειγμάτων αναφέρεται τον Πίνακα 4.3.

**Πίνακας 5.6:** Μέση τιμή ηδονικών οργανοληπτικών μεταβλητών (cm).

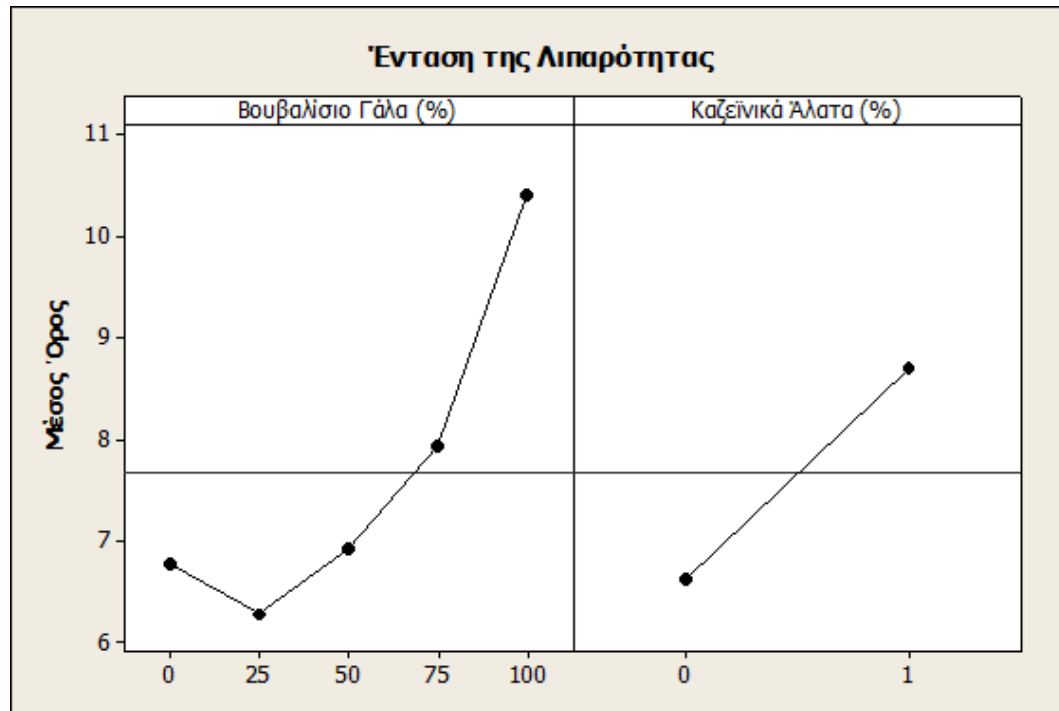
Δείγματα	Άρωμα	Χρώμα	Οξύτητα	Λιπαρότητα	Παχύρευστο
1	8,87	10,44	7,66	9,03	11,09
2	10,27	10,73	10,61	9,92	9,11
3	7,73	10,48	10,54	9,10	7,70
4	9,86	10,15	9,74	8,88	4,07
5	8,92	11,50	10,09	8,14	3,21
6	8,22	11,60	9,77	10,22	12,49
7	10,12	11,03	9,99	10,21	11,11
8	9,98	11,32	10,05	9,05	9,69
9	9,20	9,40	10,23	9,62	10,35
10	8,77	11,05	9,56	10,43	6,15

Υπόμνημα: Η κωδικοποίηση των δειγμάτων αναφέρεται τον Πίνακα 4.3.

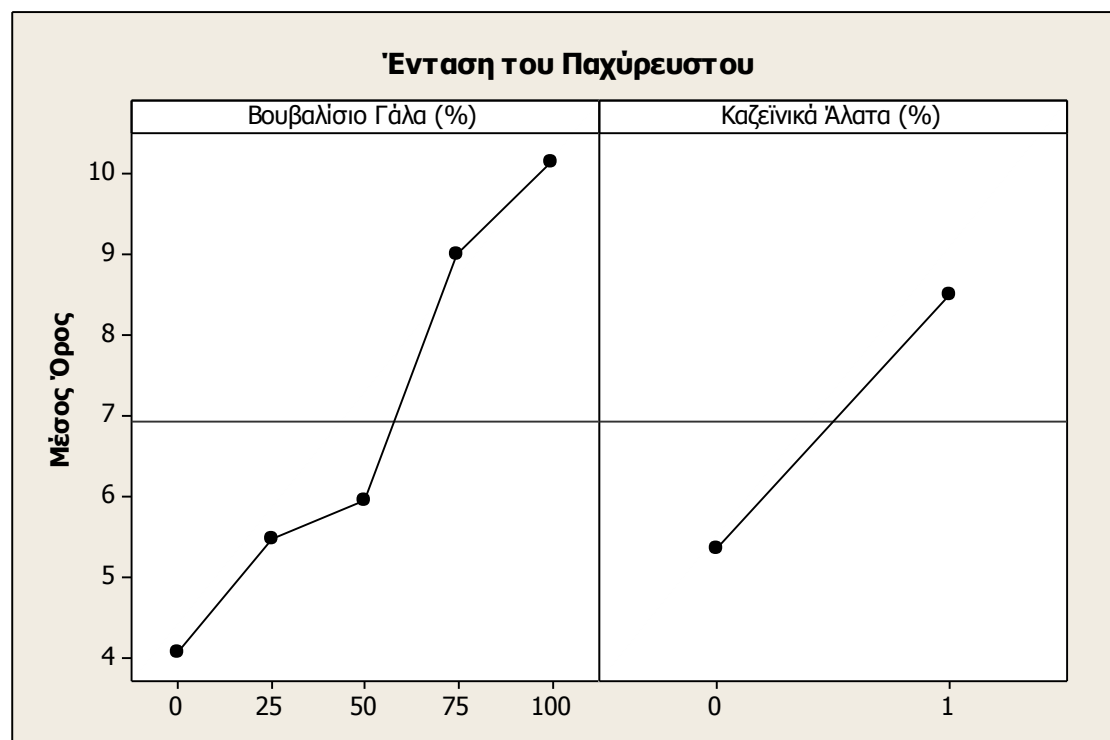
### **Ένταση του παχύρευστου**

Στο Σχήμα 5.13 παρατηρούμε ότι η ένταση του παχύρευστου επηρεάζεται στατιστικά σημαντικά τόσο από την περιεκτικότητα της γιαούρτης σε βουβαλίσιο γάλα όσο και από την παρουσία των SCN ( $p < 0,001$ ). Η κατάταξη των δειγμάτων γιαούρτης κατά φθίνουσα σειρά σύμφωνα με τον έλεγχο των πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey είναι η εξής:  $BM_{100} = BM_{75} > BM_{50} = BM_{25} = BM_0$ , όσον αφορά το είδος του γάλακτος και  $SCN_1 > SCN_0$ , όσον αφορά την επίδραση των καζεϊνικών αλάτων.

Τα αποτελέσματα έρχονται σε συμφωνία με τα αποτελέσματα από τη μέτρηση του ιξώδους όσο και με τη βιβλιογραφία, η οποία αναφέρει ότι η υφή των ζυμούμενων γαλακτοκομικών προϊόντων επηρεάζεται από τη συγκέντρωση των πρωτεϊνών γάλακτος (Schkoda *et al.*, 1999; Akalin *et al.*, 2012), όπως και ότι τα λιπαρά του γάλακτος όπως και η προσθήκη πρωτεϊνών (Yildiz, 2010) αυξάνουν με την υφή όσο και το ιξώδες του προϊόντος (Yildiz, 2010; Tomaschunas *et al.* 2012).



**Σχήμα 5.12:** Επίδραση της περιεκτικότητας σε βουβαλίσιο γάλα (%) και της προσθήκης καζεϊνικών αλάτων (%) στην ένταση της λιπαρότητας των δειγμάτων γιαούρτης.

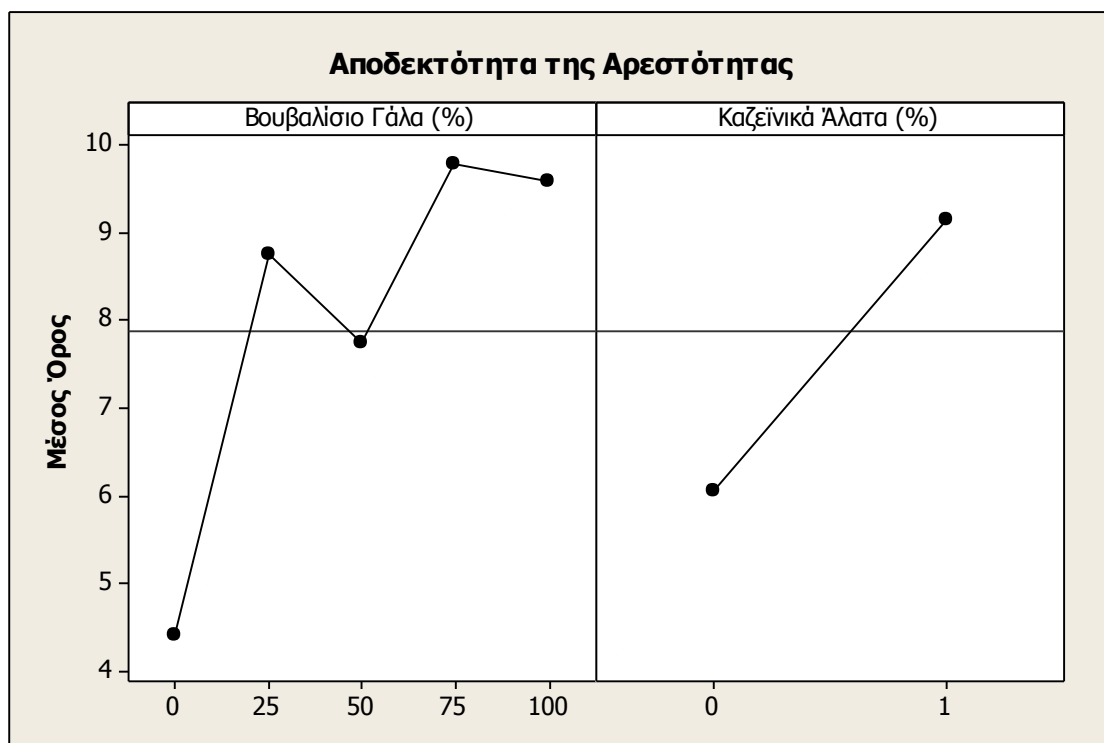


**Σχήμα 5.13:** Επίδραση της περιεκτικότητας σε βουβαλίσιο γάλα (%) και της προσθήκης καζεϊνικών αλάτων (%) στην ένταση του παχύρευστου των δειγμάτων γιαούρτης.

**Αποδεκτότητα ως προς την αρεστότητα**

Η περιεκτικότητα της γιαούρτης σε βουβαλίσιο γάλα όσο και η παρουσία των SCN είχαν στατιστικά σημαντική επίδραση ( $p < 0,05$ ) στην αποδεκτότητα ως προς την αρεστότητα των μεταχειρίσεων γιαούρτης. Ο έλεγχος πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey έδειξε ότι η αυξημένη συγκέντρωση βουβαλίσιου γάλακτος και η παρουσία SCN αξιολογήθηκε ως πιο αρεστή από τους δοκιμαστές. Η κατάταξη των δειγμάτων σε φθίνουσα σειρά για την περιεκτικότητα του βουβαλίσιου γάλακτος είναι η ακόλουθη :  $BM_{100} \geq BM_{75} \geq BM_{50} = BM_{25} > BM_0$  και αντίστοιχα για την παρουσία των καζεϊνικών αλάτων  $SCN_1 > SCN_0$  (Σχήμα 5.14).

Σύμφωνα με τον Yildiz (2010) η προσθήκη SCN στη γιαούρτη οδηγεί σε βελτίωση των φυσικών της ιδιοτήτων χωρίς να μειώνει τα οργανοληπτικά της χαρακτηριστικά. Επίσης, οι Tamime & Robinson (2007), αναφέρουν ότι η χρήση γάλακτος με αυξημένη λιποπεριεκτικότητα παράγει γιαούρτη με εξαιρετική πληρότητα γεύσης (mouthfeel) σε σύγκριση με γιαούρτη που παρασκευάζεται από γάλα με χαμηλά λιπαρά.



**Σχήμα 5.14:** Επίδραση της περιεκτικότητας σε βουβαλίσιο γάλα (%) και της προσθήκης καζεϊνικών αλάτων (%) στην αποδεκτότητα της αρεστότητας των δειγμάτων γιαούρτης.

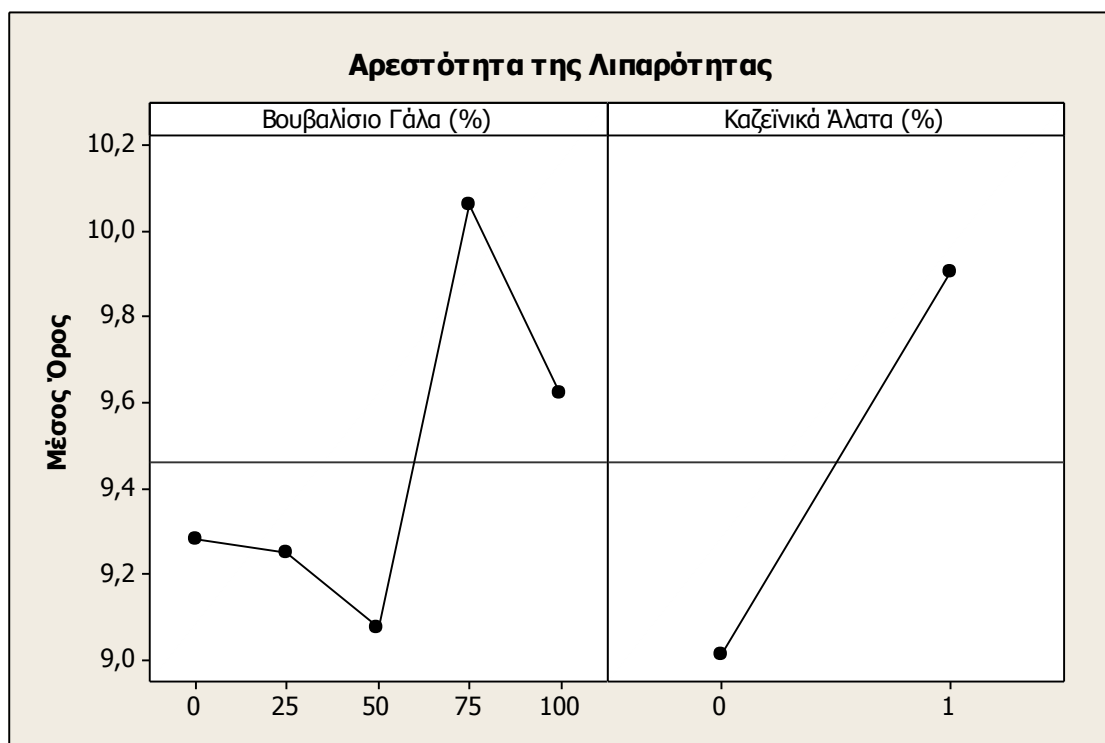
#### 5.4.2. Αποτελέσματα Ηδονικού ελέγχου

Σύμφωνα με την ANOVA, από τις μεταβλητές του ηδονικού οργανοληπτικού ελέγχου μόνο η αρεστότητα ως προς τη λιπαρότητα και η αρεστότητα του παχύρευστου εμφάνισαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

##### Αρεστότητα της λιπαρότητας

Ο έλεγχος ανάλυσης της διακύμανσης έδειξε ότι η αρεστότητα ως προς την λιπαρότητα επηρεάζεται στατιστικά σημαντικά μόνο από την παρουσία των SCN. Ο έλεγχος Tukey έδειξε ότι  $SCN_1 > SCN_0$ .

Όπως είναι εμφανές η προσθήκη των SCN προκάλεσε αύξηση στην αρεστότητα ως προς την λιπαρότητα (Σχήμα 5.15). Τα αποτελέσματα έρχονται σε συμφωνία με τους Tomaschunas *et al.* (2012) και Tamime & Robinson (2007).



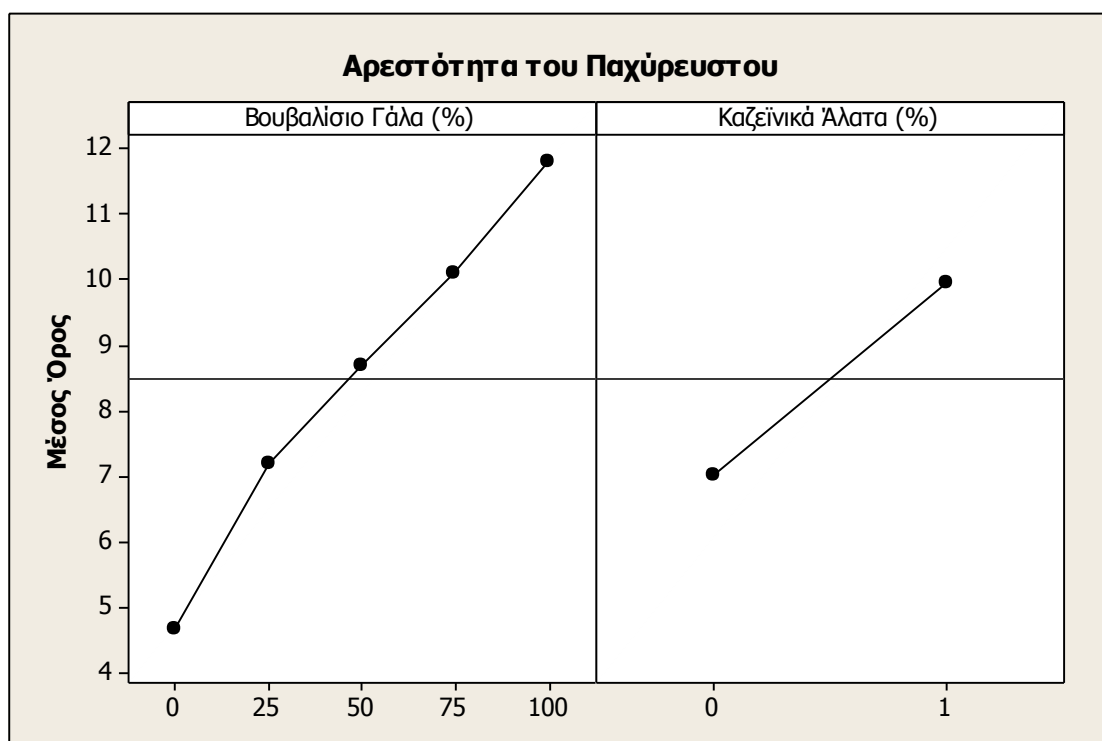
**Σχήμα 5.15:** Επίδραση της περιεκτικότητας σε βουβαλίσιο γάλα (%) και της προσθήκης καζεϊνικών αλάτων (%) στην αρεστότητα της λιπαρότητας των δειγμάτων γιαούρτης.



**Αρεστότητα του παχύρευστου**

Σύμφωνα με τον έλεγχο της ANOVA, στατιστικά σημαντική επίδραση στην αρεστότητα του παχύρευστου βρέθηκε ότι έχουν και οι δύο παράγοντες (βουβαλίσιο γάλα % και SCN (%)) ( $p < 0,001$ ). Η κατάταξη των μεταχειρίσεων σε φθίνουσα σειρά για την περιεκτικότητα του βουβαλίσιου γάλακτος σύμφωνα με τον έλεγχο του Tukey είναι η ακόλουθη :  $BM_{100} \geq BM_{75} \geq BM_{50} \geq BM_{25} > BM_0$  και αντίστοιχα για την παρουσία των καζεϊνικών αλάτων  $SCN_1 > SCN_0$  (Σχήμα 5.16).

Γίνεται αντιληπτό ότι οι δοκιμαστές αξιολόγησαν ως περισσότερο αρεστές προς το παχύρευστο τις μεταχειρίσεις εκείνες, οι οποίες περιείχαν SCN και μεγαλύτερη αναλογία βουβαλίσιου γάλακτος.



**Σχήμα 5.16:** Επίδραση της περιεκτικότητας σε βουβαλίσιο γάλα(%) και της προσθήκης καζεϊνικών αλάτων (%) στην αρεστότητα του παχύρευστου των δειγμάτων γιαούρτης.

## 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τόσο το είδος του γάλακτος όσο και η προσθήκη SCN επηρέασαν τα φυσικοχημικά, ρεολογικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά της αναμιγμένης γιαούρτης.

Η προσθήκη SCN είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση του χρόνου επώασης, της οξύτητας, της ξηρής ουσίας, της ξηρής ουσίας άνευ λίπους και της φωτεινότητας, ενώ προκάλεσε τη μείωση της σταθεράς  $b^*$  προσδίδοντας στα δείγματα γιαούρτης αυξημένη ένταση του λευκού χρώματος. Επίσης, ο εμπλουτισμός του γάλακτος με SCN οδήγησε σε αύξηση των τιμών του φαινομενικού ιξώδους, του  $n$  και του  $G'$ , ενώ επηρέασε αρνητικά στην απόκριση της  $\tan\delta$ , προκαλώντας τη μείωσή της.

Η αύξηση του ποσοστού προσθήκης βουβαλίσου γάλακτος είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση του χρόνου επώασης, της φωτεινότητας, της λιποπεριεκτικότητας, της οξύτητας, της ξηρής ουσίας και της ξηρής ουσίας άνευ λίπους των δειγμάτων γιαούρτης. Όσον αφορά τα ρεολογικά χαρακτηριστικά προκάλεσε την αύξηση του φαινομενικού ιξώδους και του  $G'$ , ενώ οδήγησε σε μείωση του  $n$  και της  $\tan\delta$ .

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του αντικειμενικού οργανοληπτικού ελέγχου, η προσθήκη SCN καθώς και η αύξηση του ποσοστού προσθήκης βουβαλίσου γάλακτος προκάλεσαν την αύξηση της έντασης της λιπαρότητας και της έντασης του παχύρευστου.

Τα αποτελέσματα του ηδονικού ελέγχου, καθώς επίσης και τα αποτελέσματα από την αξιολόγηση της αποδεκτότητας ως προς την αρεστότητα, υποδεικνύουν ότι οι μεταχειρίσεις οι οποίες περιείχαν SCN και αυξημένα ποσοστά βουβαλίσου γάλακτος αξιολογήθηκαν με υψηλότερη βαθμολογία από τους δοκιμαστές.

## 7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### Ξένη βιβλιογραφία

- Agnihotri M.K. and 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. and Gaucheron F. (2008). Effects of acidification on physico-chemical characteristics of buffalo milk: A comparison with cows' milk. *Food Chemistry*, **106**, 11-17.
- AOAC, Official Methods of Analysis (2002), 17<sup>th</sup> Ed. Gaithersburg, Maryland: Association of Official Analytical Chemists.
- Bagley E. B. (1957). End corrections in the capillary flow of polyethylene. *Journal of Applied Physics*, **28**, 624-627.
- Bampidis V.A., Skapetas B., Christodoulou V., Nistor E., Chatziplis D., Mitsopoulos I., Lagka V., Katanos I. and Georgoudis A. (2011). Effect of parity and calf birth month on milk production and quality of Greek buffalo (*Bubalus bubalis*). *Proceedings of the 3rd Pan-Hellenic Congress in Technology of Animal Production*.
- Borghese A. and Moiola B. (2005). Buffalo husbandry/Mediterranean Region. *Cambridge Journals of Animal Production*, **35**, 193-197
- Bylund G. (1995). *Dairy Processing Handbook*, Tetra Pak Processing Systems AB, Lund, Sweden
- Chandan R. C. (2006). *Manufacturing Yogurt and Fermented Milks*, Blackwell Publishing, Oxford, UK.
- Damin, M. R., Alcântara, M. R., Nunes, A. P., and Oliveira, M. N. (2009). Effects of milk supplementation with skim milk powder, whey protein concentrate and sodium caseinate on acidification kinetics, rheological properties and structure of nonfat stirred yogurt. *LWT – Food Science and Technology*, **42**, 1744-1750.
- Darby R. (1996). *Chemical engineering fluid mechanics*. New York, Basel, Hong Kong: Marcel Dekker.
- FAO/WHO (1997). Code of principles concerning milk and milk products. Draft standard for yogurt and sweetened yogurt standard. No A-11a, Step 7.
- Ferry, J. D. (1980) *Viscoelastic Properties of Polymers*, 3<sup>rd</sup> edn, J. Wiley & Sons, New York.
- Hui Y. H. (2007). *Handbook of Food Products Manufacturing*, John Wiley & Sons, New Jersey.
- Jainudeen M. (2002). Buffalo husbandry Asia. *Food Chemistry*, **56**, 186-193.

- Khedkar C.D., Khedkar G.D., Patil M.R. and Kalyankar S.D. (2003). *Encyclopedia of Food Sciences & nutrition* (2<sup>nd</sup> Edition), 705-709.
- Lapasin R. and Prici S. (1995). *Rheology of industrial polysaccharide, Theory and applications*. Blackie Academic & Professional, Glasgow.
- Lucey, J. A., and Singh, H. (1998). Formation and physical properties of acid milk gels: a review. *Food Research International*, **30**, 529-542.
- Lucey J.A., Munro P.A. and 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.
- 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.
- Murtaza M.A., Rehman S.U., Anjum F.M. and Huma N. (2013). Descriptive sensory profile of cow and buffalo milk Cheddar cheese prepared using indigenous cultures. *Journal of Dairy Science*, **96** (3), 1380-1386.
- Park Y.W.- Juárez M., Ramos M. and 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*, (7<sup>th</sup> Edition): McGraw-Hill Book Company, Singapore.
- Rašić J.Lj and Kurmann J.A. (1978). *Microflora of yoghurt, symbiosis*. In: *Yoghurt*, Volume 1, Switzerland: Staemfli + Cie AG. 34-36, Berne.
- Remeuf, F., Mohammed, S., Sodini, I., and Tissier, J. P. (2003). Preliminary observations on the effects of milk fortification and heating on microstructure and physical properties of stirred yogurt. *International Dairy Journal*, **13**, 773-782.
- Salaün F., Mietton B. and Gaucheron F. (2005). Buffering capacity of dairy products. *International Dairy Journal*, **15**, 95–109.
- Sodini I., Remeuf F, Haddad S. and 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. and Robinson R. K. (2007). *Tamine and Robinson's yogurt. Science and technology* (3<sup>rd</sup> Edition). CRC Press, Boca Raton, Boston, New York, Washington.
- Tomaschunas M., Hinrichs J., Köhn E., and Stockfisch M. B. (2012). Effects of casein-to-whey protein ratio, fat and protein content on sensory properties of stirred yoghurt. *International Dairy Journal*, **26**, 31-35.
- van Wazer J.R., Lyons J.W., Kim K. I. and Colwell R.E. (1963). *Viscosity and flow measurements: A laboratory handbook of rheology*. New York: Interscience.

- Walstra P., Wouters J.T.M. and Geurts T.J. (2006). *Dairy Science and Technology*, (2<sup>nd</sup> Edition), 225-272, Taylor & Francis, CRC Press, Boca Raton.
- Xu Z. and Raphaelides S.N. (1998). Flow behavior of concentrated starch dispersions using a tube rheometer of novel design. *Journal Texture Studies*, **29**, 1–13.
- Yildiz F. (2010). *Development and Manufacture of Yogurt and Other Functional Dairy Foods*, CRC Press, Broken Sound Parkway

### 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.
- Κεχαγιάς, Χ. (2011). *Γάλα: Επιστήμη και έλεγχος για την διασφάλιση της ποιότητας*. Εκδόσεις Ίων, Αθήνα.
- Μάντης Α.Ι. (2005). *Υγιεινή και Τεχνολογία του Γάλακτος και των Προϊόντων του* (3<sup>η</sup> Έκδοση). Εκδοτικός Οίκος Αδελφών Κυριακίδη, Α.Ε: Αθήνα.
- Πετρίδης Δ. (2000). *Εφαρμοσμένη στατιστική*. Εκδόσεις Όμηρος, Θεσσαλονίκη.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

### Φυσικοχημικά

- Φωτεινότητα (L\*)

#### General Linear Model: Φωτεινότητα (L\*) versus Βουβαλίσιο Γάλα; Καζεϊνικά

Factor	Type	Levels	Values
Βουβαλίσιο Γάλα	fixed	5	0; 25; 50; 75; 100
Καζεϊνικά	fixed	2	0; 1

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

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Βουβαλίσιο Γάλα	4	50,7170	50,7170	12,6793	517,52	0,000
Καζεϊνικά	1	5,1005	5,1005	5,1005	208,18	0,000
Βουβαλίσιο Γάλα*Καζεϊνικά	4	1,4670	1,4670	0,3667	14,97	0,000
Error	10	0,2450	0,2450	0,0245		
Total	19	57,5295				

S = 0,156525 R-Sq = 99,57% R-Sq(adj) = 99,19%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Βουβαλίσιο				
Γάλα	N	Mean	Grouping	
100	4	91,2	A	
75	4	90,8	A	
50	4	89,9	B	
25	4	88,2	C	
0	4	87,0	D	

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Καζεϊνικά				
	N	Mean	Grouping	
1	10	89,9	A	
0	10	88,9	B	

Means that do not share a letter are significantly different.

- b\*

#### General Linear Model: b\* versus Βουβαλίσιο Γάλα; Καζεϊνικά

Factor	Type	Levels	Values
Βουβαλίσιο Γάλα	fixed	5	0; 25; 50; 75; 100

Καζεϊνικά fixed 2 0; 1

Analysis of Variance for b\*, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Βουβαλίσιο Γάλα	4	4,97200	4,97200	1,24300	77,69	0,000
Καζεϊνικά	1	1,56800	1,56800	1,56800	98,00	0,000
Βουβαλίσιο Γάλα*Καζεϊνικά	4	0,05200	0,05200	0,01300	0,81	0,545
Error	10	0,16000	0,16000	0,01600		
Total	19	6,75200				

S = 0,126491 R-Sq = 97,63% R-Sq(adj) = 95,50%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Βουβαλίσιο

Γάλα	N	Mean	Grouping
0	4	3,4	A
25	4	3,0	B
50	4	2,8	B
75	4	2,4	C
100	4	2,0	D

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Καζεϊνικά

	N	Mean	Grouping
0	10	3,0	A
1	10	2,4	B

Means that do not share a letter are significantly different.

- Λίπος

**General Linear Model: Λίπος versus Βουβαλίσιο Γάλα; Καζεϊνικά**

Factor	Type	Levels	Values
Βουβαλίσιο Γάλα	fixed	5	0; 25; 50; 75; 100
Καζεϊνικά	fixed	2	0; 1

Analysis of Variance for Λίπος, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Βουβαλίσιο Γάλα	4	44,1365	44,1365	11,0341	3134,70	0,000
Καζεϊνικά	1	0,0819	0,0819	0,0819	23,27	0,001
Βουβαλίσιο Γάλα*Καζεϊνικά	4	0,0129	0,0129	0,0032	0,92	0,490
Error	10	0,0352	0,0352	0,0035		
Total	19	44,2666				

S = 0,0593296 R-Sq = 99,92% R-Sq(adj) = 99,85%

Unusual Observations for Λίπος

Obs	Λίπος	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
15	5,45000	5,35000	0,04195	0,10000	2,38 R

16 5,25000 5,35000 0,04195 -0,10000 -2,38 R

R denotes an observation with a large standardized residual.

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Βουβαλίσιο

Γάλα	N	Mean	Grouping
100	4	7,8	A
75	4	6,5	B
50	4	5,4	C
25	4	4,6	D
0	4	3,6	E

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Καζεϊνικά	N	Mean	Grouping
0	10	5,6	A
1	10	5,5	B

Means that do not share a letter are significantly different.



- **Οξύτητα**

**General Linear Model: Οξύτητα versus Βουβαλίσιο Γάλα; Καζεϊνικά**

Factor	Type	Levels	Values
Βουβαλίσιο Γάλα	fixed	5	0; 25; 50; 75; 100
Καζεϊνικά	fixed	2	0; 1

Analysis of Variance for Οξύτητα, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Βουβαλίσιο Γάλα	4	0,259411	0,259411	0,064853	247,73	0,000
Καζεϊνικά	1	0,023888	0,023888	0,023888	91,25	0,000
Βουβαλίσιο Γάλα*Καζεϊνικά	4	0,006694	0,006694	0,001674	6,39	0,008
Error	10	0,002618	0,002618	0,000262		
Total	19	0,292612				

S = 0,0161800 R-Sq = 99,11% R-Sq(adj) = 98,30%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Βουβαλίσιο			
Γάλα	N	Mean	Grouping
100	4	1,2	A
75	4	1,1	B
50	4	1,0	C
25	4	0,9	D
0	4	0,8	E

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Καζεϊνικά			
	N	Mean	Grouping
1	10	1,0	A
0	10	1,0	B

Means that do not share a letter are significantly different.

- **Ξηρή Ουσία**

**General Linear Model: Ξηρή Ουσία versus Βουβαλίσιο Γάλα; Καζεϊνικά**

Factor	Type	Levels	Values
Βουβαλίσιο Γάλα	fixed	5	0; 25; 50; 75; 100
Καζεϊνικά	fixed	2	0; 1

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

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Βουβαλίσιο Γάλα	4	93,115	93,115	23,279	3433,94	0,000
Καζεϊνικά	1	4,634	4,634	4,634	683,64	0,000
Βουβαλίσιο Γάλα*Καζεϊνικά	4	0,599	0,599	0,150	22,08	0,000

Error	10	0,068	0,068	0,007
Total	19	98,416		

S = 0,0823348 R-Sq = 99,93% R-Sq(adj) = 99,87%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Βουβαλίσιο

Γάλα	N	Mean	Grouping
100	4	17,7	A
75	4	16,0	B
50	4	14,2	C
25	4	13,0	D
0	4	11,5	E

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Καζεϊνικά

	N	Mean	Grouping
1	10	15,0	A
0	10	14,0	B

Means that do not share a letter are significantly different.

- **Ξηρή Ουσία Άνευ Λίπος**

### General Linear Model: Ξηρή Ουσία Άνευ versus Βουβαλίσιο Γάλα; Καζεϊνικά

Factor	Type	Levels	Values
Βουβαλίσιο Γάλα	fixed	5	0; 25; 50; 75; 100
Καζεϊνικά	fixed	2	0; 1

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

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Βουβαλίσιο Γάλα	4	9,1064	9,1064	2,2766	598,08	0,000
Καζεϊνικά	1	5,9487	5,9487	5,9487	1562,76	0,000
Βουβαλίσιο Γάλα*Καζεϊνικά	4	0,6081	0,6081	0,1520	39,94	0,000
Error	10	0,0381	0,0381	0,0038		
Total	19	15,7012				

S = 0,0616969 R-Sq = 99,76% R-Sq(adj) = 99,54%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Βουβαλίσιο

Γάλα	N	Mean	Grouping
100	4	9,8	A
75	4	9,5	B
50	4	8,8	C
25	4	8,5	D
0	4	8,0	E

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Καζεϊνικά	N	Mean	Grouping
1	10	9,5	A
0	10	8,4	B

Means that do not share a letter are significantly different.

### Χρόνος επώασης

#### General Linear Model: Χρόνος Επώασ versus Βουβαλίσιο Γ; Καζεϊνικά Άλ

Factor	Type	Levels	Values
Βουβαλίσιο Γάλα	fixed	5	0; 25; 50; 75; 100
Καζεϊνικά Άλατα	fixed	2	0; 1

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

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Βουβαλίσιο Γάλα	4	83654	83654	20914	7,02	0,043
Καζεϊνικά Άλατα	1	53290	53290	53290	17,89	0,013
Error	4	11915	11915	2979		
Total	9	148859				

S = 54,5771 R-Sq = 92,00% R-Sq(adj) = 81,99%

### Ρεολογικά Χαρακτηριστικά

- Δείκτης Ρεολογικής Συμπεριφοράς

#### General Linear Model: Δείκτης Ρεολογικ versus Βουβαλίσιο Γάλα; Καζεϊνικά

Factor	Type	Levels	Values
Βουβαλίσιο Γάλα	fixed	5	0; 25; 50; 75; 100
Καζεϊνικά	fixed	2	0; 1

Analysis of Variance for Δείκτης Ρεολογικής Συμπεριφοράς, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Βουβαλίσιο Γάλα	4	0,054390	0,054390	0,013597	1198,01	0,000
Καζεϊνικά	1	0,104980	0,104980	0,104980	9249,34	0,000
Βουβαλίσιο Γάλα*Καζεϊνικά	4	0,074025	0,074025	0,018506	1630,51	0,000
Error	10	0,000114	0,000114	0,000011		
Total	19	0,233509				

S = 0,00336898 R-Sq = 99,95% R-Sq(adj) = 99,91%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Βουβαλίσιο

Γάλα	N	Mean	Grouping
0	4	0,9	A
25	4	0,9	B
50	4	0,8	C
100	4	0,8	D
75	4	0,7	E

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Καζεϊνικά

N	Mean	Grouping
1	10 0,9	A
0	10 0,7	B

Means that do not share a letter are significantly different.

- Συντελεστής Ελαστικότητας

**General Linear Model: Συντελεστής Ελασ versus Βουβαλίσιο Γάλα; Καζεϊνικά**

Factor	Type	Levels	Values
Βουβαλίσιο Γάλα	fixed	5	0; 25; 50; 75; 100
Καζεϊνικά	fixed	2	0; 1

Analysis of Variance for Συντελεστής Ελαστικότητας, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Βουβαλίσιο Γάλα	4	197399	197399	49350	2022,53	0,000
Καζεϊνικά	1	10951	10951	10951	448,82	0,000
Βουβαλίσιο Γάλα*Καζεϊνικά	4	10943	10943	2736	112,12	0,000
Error	10	244	244	24		
Total	19	219537				

S = 4,93964 R-Sq = 99,89% R-Sq(adj) = 99,79%

Unusual Observations for Συντελεστής Ελαστικότητας

Obs	Ελαστικότητας	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
11	515,000	506,500	3,493	8,500	2,43 R
12	498,000	506,500	3,493	-8,500	-2,43 R

R denotes an observation with a large standardized residual.

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Βουβαλίσιο	N	Mean	Grouping
Γάλα			
100	4	437,3	A
75	4	259,0	B
50	4	219,0	C
25	4	180,5	D
0	4	158,3	E

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Καζεϊνικά	N	Mean	Grouping
1	10	274,2	A
0	10	227,4	B

Means that do not share a letter are significantly different.

- *tan δ*

**General Linear Model: tan δ versus Βουβαλίσιο Γάλα; Καζεϊνικά**

Factor	Type	Levels	Values
Βουβαλίσιο Γάλα	fixed	5	0; 25; 50; 75; 100
Καζεϊνικά	fixed	2	0; 1

Analysis of Variance for tan δ, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Βουβαλίσιο Γάλα	4	0,0239200	0,0239200	0,0059800	152,64	0,000
Καζεϊνικά	1	0,0124623	0,0124623	0,0124623	318,10	0,000
Βουβαλίσιο Γάλα*Καζεϊνικά	4	0,0102993	0,0102993	0,0025748	65,72	0,000
Error	10	0,0003918	0,0003918	0,0000392		
Total	19	0,0470734				

S = 0,00625913 R-Sq = 99,17% R-Sq(adj) = 98,42%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Βουβαλίσιο			
Γάλα	N	Mean	Grouping
0	4	0,9	A
25	4	0,9	A
50	4	0,9	A
75	4	0,8	B
100	4	0,8	C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Καζεϊνικά			
	N	Mean	Grouping
0	10	0,9	A
1	10	0,9	B

Means that do not share a letter are significantly different.

**Αντικειμενικός Έλεγχος**

- *Αρωμα*

**General Linear Model: Αρωμα versus Βουβαλίσιο Γάλα; Καζεϊνικά**

Factor	Type	Levels	Values
Βουβαλίσιο Γάλα	fixed	5	0; 25; 50; 75; 100
Καζεϊνικά	fixed	2	0; 1

Analysis of Variance for Αρωμα, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Βουβαλίσιο Γάλα	4	12,595	12,595	3,149	2,79	0,086
Καζεϊνικά	1	0,233	0,233	0,233	0,21	0,659
Βουβαλίσιο Γάλα*Καζεϊνικά	4	4,502	4,502	1,126	1,00	0,452

Error	10	11,277	11,277	1,128
Total	19	28,607		

S = 1,06193    R-Sq = 60,58%    R-Sq(adj) = 25,10%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Βουβαλίσιο

Γάλα	N	Mean	Grouping
25	4	8,6	A
50	4	8,2	A
0	4	7,6	A
75	4	6,9	A
100	4	6,5	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Καζεΐνικά	N	Mean	Grouping
0	10	7,7	A
1	10	7,4	A

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Βουβαλίσιο

Γάλα	Καζεΐνικά	N	Mean	Grouping
25	1	2	8,8	A
50	1	2	8,5	A
25	0	2	8,3	A
0	0	2	8,3	A
50	0	2	7,9	A
75	0	2	7,6	A
0	1	2	7,0	A
100	1	2	6,7	A
100	0	2	6,2	A
75	1	2	6,1	A

- Χρώμα

### General Linear Model: Χρώμα versus Βουβαλίσιο Γάλα; Καζεΐνικά

Factor	Type	Levels	Values
Βουβαλίσιο Γάλα	fixed	5	0; 25; 50; 75; 100
Καζεΐνικά	fixed	2	0; 1

Analysis of Variance for Χρώμα, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Βουβαλίσιο Γάλα	4	2,3429	2,3429	0,5857	0,63	0,655
Καζεΐνικά	1	0,4328	0,4328	0,4328	0,46	0,512
Βουβαλίσιο Γάλα*Καζεΐνικά	4	1,8132	1,8132	0,4533	0,48	0,747
Error	10	9,3542	9,3542	0,9354		
Total	19	13,9431				

S = 0,967171    R-Sq = 32,91%    R-Sq(adj) = 0,00%

Unusual Observations for Χρώμα

Obs	Χρώμα	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
19	11,2670	9,6420	0,6839	1,6250	2,38 R
20	8,0170	9,6420	0,6839	-1,6250	-2,38 R

R denotes an observation with a large standardized residual.

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Βουβαλίσιο

Γάλα	N	Mean	Grouping
50	4	10,5	A
100	4	10,5	A
25	4	10,4	A
75	4	9,8	A
0	4	9,7	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Καζεϊνικά	N	Mean	Grouping
1	10	10,3	A
0	10	10,0	A

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Βουβαλίσιο

Γάλα	Καζεϊνικά	N	Mean	Grouping
25	1	2	10,9	A
50	0	2	10,7	A
100	0	2	10,5	A
100	1	2	10,4	A
75	1	2	10,4	A
50	1	2	10,3	A
25	0	2	9,9	A
0	0	2	9,8	A
0	1	2	9,6	A
75	0	2	9,3	A

- **Οξύτητα**

### General Linear Model: Οξύτητα versus Βουβαλίσιο Γάλα; Καζεϊνικά

Factor	Type	Levels	Values
Βουβαλίσιο Γάλα	fixed	5	0; 25; 50; 75; 100
Καζεϊνικά	fixed	2	0; 1

Analysis of Variance for Οξύτητα, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Βουβαλίσιο Γάλα	4	14,823	14,823	3,706	2,65	0,096
Καζεϊνικά	1	1,530	1,530	1,530	1,09	0,320
Βουβαλίσιο Γάλα*Καζεϊνικά	4	13,136	13,136	3,284	2,35	0,125



Error	10	13,990	13,990	1,399
Total	19	43,480		

S = 1,18280 R-Sq = 67,82% R-Sq(adj) = 38,86%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Βουβαλίσιο

Γάλα	N	Mean	Grouping
75	4	9,8	A
25	4	8,8	A
50	4	8,5	A
100	4	7,9	A
0	4	7,2	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Καζεϊνικά	N	Mean	Grouping
1	10	8,7	A
0	10	8,2	A

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Βουβαλίσιο

Γάλα	Καζεϊνικά	N	Mean	Grouping
75	0	2	9,9	A
75	1	2	9,7	A
25	1	2	9,6	A
100	1	2	9,5	A
50	0	2	9,3	A
25	0	2	7,9	A
50	1	2	7,8	A
0	0	2	7,3	A
0	1	2	7,1	A
100	0	2	6,4	A

- Λιπαρότητα

### General Linear Model: Λιπαρότητα versus Βουβαλίσιο Γάλα; Καζεϊνικά

Factor	Type	Levels	Values
Βουβαλίσιο Γάλα	fixed	5	0; 25; 50; 75; 100
Καζεϊνικά	fixed	2	0; 1

Analysis of Variance for Λιπαρότητα, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Βουβαλίσιο Γάλα	4	43,199	43,199	10,800	7,62	0,004
Καζεϊνικά	1	21,530	21,530	21,530	15,19	0,003
Βουβαλίσιο Γάλα*Καζεϊνικά	4	6,795	6,795	1,699	1,20	0,370
Error	10	14,174	14,174	1,417		
Total	19	85,698				

S = 1,19054 R-Sq = 83,46% R-Sq(adj) = 68,58%

Unusual Observations for Λιπαρότητα

Obs	Λιπαρότητα	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
3	8,8170	6,4985	0,8418	2,3185	2,75 R
4	4,1800	6,4985	0,8418	-2,3185	-2,75 R

R denotes an observation with a large standardized residual.

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Βουβαλίσιο

Γάλα	N	Mean	Grouping
100	4	10,4	A
75	4	7,9	A B
50	4	6,9	B
0	4	6,8	B
25	4	6,3	B

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Καζεϊνικά

	N	Mean	Grouping
1	10	8,7	A
0	10	6,6	B

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Βουβαλίσιο

Γάλα	Καζεϊνικά	N	Mean	Grouping
100	1	2	11,1	A
100	0	2	9,7	A B
75	1	2	9,4	A B
25	1	2	8,1	A B C
50	1	2	8,0	A B C
0	1	2	6,9	A B C
0	0	2	6,6	A B C
75	0	2	6,5	A B C
50	0	2	5,9	B C
25	0	2	4,5	C

Means that do not share a letter are significantly different.

- Παχύρευστο

### General Linear Model: Παχύρευστο versus Βουβαλίσιο Γάλα; Καζεϊνικά

Factor	Type	Levels	Values
Βουβαλίσιο Γάλα	fixed	5	0; 25; 50; 75; 100
Καζεϊνικά	fixed	2	0; 1

Analysis of Variance for Παχύρευστο, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Βουβαλίσιο Γάλα	4	103,132	103,132	25,783	21,04	0,000
Καζεϊνικά	1	49,336	49,336	49,336	40,26	0,000
Βουβαλίσιο Γάλα*Καζεϊνικά	4	2,770	2,770	0,692	0,57	0,694
Error	10	12,253	12,253	1,225		
Total	19	167,491				

S = 1,10694 R-Sq = 92,68% R-Sq(adj) = 86,10%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Βουβαλίσιο

Γάλα	N	Mean	Grouping
100	4	10,1	A
75	4	9,0	A
50	4	6,0	B
25	4	5,5	B
0	4	4,1	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Καζεϊνικά

	N	Mean	Grouping
1	10	8,5	A
0	10	5,4	B

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Βουβαλίσιο

Γάλα	Καζεϊνικά	N	Mean	Grouping
100	1	2	11,3	A
75	1	2	10,2	A
100	0	2	9,0	A B
50	1	2	8,1	A B C
75	0	2	7,8	A B C
25	1	2	7,1	A B C
0	1	2	5,8	B C D
25	0	2	3,8	C D
50	0	2	3,8	C D
0	0	2	2,4	D

- Αρεστότητα

### General Linear Model: Αρεστότητα versus Βουβαλίσιο Γάλα; Καζεϊνικά

Factor	Type	Levels	Values
Βουβαλίσιο Γάλα	fixed	5	0; 25; 50; 75; 100
Καζεϊνικά	fixed	2	0; 1

Analysis of Variance for Αρεστότητα, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Βουβαλίσιο Γάλα	4	71,909	64,928	16,232	26,19	0,000
Καζεϊνικά	1	32,428	32,428	32,428	52,32	0,000
Error	11	6,818	6,818	0,620		
Total	16	111,156				

S = 0,787297 R-Sq = 93,87% R-Sq(adj) = 91,08%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Βουβαλίσιο

Γάλα	N	Mean	Grouping
100	4	9,6	A
75	3	9,3	A B
50	4	7,7	B
25	2	7,3	B
0	4	4,4	C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Καζεϊνικά	N	Mean	Grouping
1	10	9,1	A
0	7	6,2	B

Means that do not share a letter are significantly different.

### Ηδονικός Έλεγχος

- Άρωμα

#### General Linear Model: Άρωμα versus Βουβαλίσιο Γάλα; Καζεϊνικά

Factor	Type	Levels	Values
Βουβαλίσιο Γάλα	fixed	5	0; 25; 50; 75; 100
Καζεϊνικά	fixed	2	0; 1

Analysis of Variance for Άρωμα, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Βουβαλίσιο Γάλα	4	7,100	7,100	1,775	1,03	0,436
Καζεϊνικά	1	0,082	0,082	0,082	0,05	0,831
Βουβαλίσιο Γάλα*Καζεϊνικά	4	5,931	5,931	1,483	0,86	0,518
Error	10	17,160	17,160	1,716		
Total	19	30,273				

S = 1,30996 R-Sq = 43,32% R-Sq(adj) = 0,00%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Βουβαλίσιο

Γάλα	N	Mean	Grouping
75	4	10,2	A
25	4	9,5	A
50	4	8,9	A
0	4	8,8	A
100	4	8,5	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Καζεϊνικά	N	Mean	Grouping
1	10	9,3	A
0	10	9,1	A

Means that do not share a letter are significantly different.  
Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Βουβαλίσιο

Γάλα	Καζεΐνικά	N	Mean	Grouping
75	0	2	10,3	A
75	1	2	10,1	A
50	1	2	10,0	A
25	0	2	9,9	A
25	1	2	9,2	A
0	0	2	8,9	A
100	0	2	8,9	A
0	1	2	8,8	A
100	1	2	8,2	A
50	0	2	7,7	A

- Χρώμα

### General Linear Model: Χρώμα versus Βουβαλίσιο Γάλα; Καζεΐνικά

Factor	Type	Levels	Values
Βουβαλίσιο Γάλα	fixed	5	0; 25; 50; 75; 100
Καζεΐνικά	fixed	2	0; 1

Analysis of Variance for Χρώμα, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Βουβαλίσιο Γάλα	4	5,3339	5,3339	1,3335	2,29	0,132
Καζεΐνικά	1	0,2389	0,2389	0,2389	0,41	0,537
Βουβαλίσιο Γάλα*Καζεΐνικά	4	2,6618	2,6618	0,6655	1,14	0,392
Error	10	5,8348	5,8348	0,5835		
Total	19	14,0696				

S = 0,763862    R-Sq = 58,53%    R-Sq(adj) = 21,20%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Βουβαλίσιο

Γάλα	N	Mean	Grouping
0	4	11,3	A
100	4	11,0	A
50	4	10,9	A
75	4	10,9	A
25	4	9,8	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Καζεΐνικά	N	Mean	Grouping
1	10	10,9	A
0	10	10,7	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Βουβαλίσιο

Γάλα	Καζεΐνικά	N	Mean	Grouping
100	1	2	11,6	A

0	0	2	11,5	A
50	1	2	11,3	A
0	1	2	11,0	A
75	1	2	11,0	A
75	0	2	10,7	A
50	0	2	10,5	A
100	0	2	10,4	A
25	0	2	10,2	A
25	1	2	9,4	A

- **Οξύτητα**

### General Linear Model: Οξύτητα versus Βουβαλίσιο Γάλα; Καζεϊνικά

Factor	Type	Levels	Values
Βουβαλίσιο Γάλα	fixed	5	0; 25; 50; 75; 100
Καζεϊνικά	fixed	2	0; 1

Analysis of Variance for Οξύτητα, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Βουβαλίσιο Γάλα	4	6,867	6,867	1,717	0,98	0,459
Καζεϊνικά	1	0,189	0,189	0,189	0,11	0,749
Βουβαλίσιο Γάλα*Καζεϊνικά	4	5,412	5,412	1,353	0,78	0,566
Error	10	17,447	17,447	1,745		
Total	19	29,915				

S = 1,32088    R-Sq = 41,68%    R-Sq(adj) = 0,00%

Unusual Observations for Οξύτητα

Obs	Οξύτητα	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
15	12,0670	10,0535	0,9340	2,0135	2,16 R
16	8,0400	10,0535	0,9340	-2,0135	-2,16 R

R denotes an observation with a large standardized residual.

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Βουβαλίσιο			
Γάλα	N	Mean	Grouping
75	4	10,3	A
50	4	10,3	A
25	4	10,0	A
0	4	9,8	A
100	4	8,7	A

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Καζεϊνικά			
	N	Mean	Grouping
1	10	9,9	A
0	10	9,7	A

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Βουβαλίσιο				
Γάλα	Καζεϊνικά	N	Mean	Grouping
75	0	2	10,6	A
50	0	2	10,5	A

25	1	2	10,2	A
0	0	2	10,1	A
50	1	2	10,1	A
75	1	2	10,0	A
100	1	2	9,8	A
25	0	2	9,7	A
0	1	2	9,6	A
100	0	2	7,7	A

- Λιπαρότητα

### General Linear Model: Λιπαρότητα versus Βουβαλίσιο Γάλα; Καζεΐνικά

Factor	Type	Levels	Values
Βουβαλίσιο Γάλα	fixed	5	0; 25; 50; 75; 100
Καζεΐνικά	fixed	2	0; 1

Analysis of Variance for Λιπαρότητα, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Βουβαλίσιο Γάλα	4	2,4479	2,4479	0,6120	1,05	0,428
Καζεΐνικά	1	3,9623	3,9623	3,9623	6,81	0,026
Βουβαλίσιο Γάλα*Καζεΐνικά	4	3,2916	3,2916	0,8229	1,41	0,298
Error	10	5,8161	5,8161	0,5816		
Total	19	15,5178				

S = 0,762635 R-Sq = 62,52% R-Sq(adj) = 28,79%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Βουβαλίσιο			
Γάλα	N	Mean	Grouping
75	4	10,1	A
100	4	9,6	A
0	4	9,3	A
25	4	9,3	A
50	4	9,1	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Καζεΐνικά			
	N	Mean	Grouping
1	10	9,9	A
0	10	9,0	B

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Βουβαλίσιο				
Γάλα	Καζεΐνικά	N	Mean	Grouping
0	1	2	10,4	A
100	1	2	10,2	A
75	1	2	10,2	A
75	0	2	9,9	A
25	1	2	9,6	A
50	0	2	9,1	A
50	1	2	9,0	A
100	0	2	9,0	A
25	0	2	8,9	A
0	0	2	8,1	A

• Παχύρευστο

**General Linear Model: Παχύρευστο versus Βουβαλίσιο Γάλα; Καζεϊνικά**

Factor	Type	Levels	Values
Βουβαλίσιο Γάλα	fixed	5	0; 25; 50; 75; 100
Καζεϊνικά	fixed	2	0; 1

Analysis of Variance for Παχύρευστο, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Βουβαλίσιο Γάλα	4	118,830	118,830	29,708	34,01	0,000
Καζεϊνικά	1	42,708	42,708	42,708	48,89	0,000
Βουβαλίσιο Γάλα*Καζεϊνικά	4	15,305	15,305	3,826	4,38	0,027
Error	10	8,736	8,736	0,874		
Total	19	185,579				

S = 0,934662 R-Sq = 95,29% R-Sq(adj) = 91,06%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Βουβαλίσιο

Γάλα	N	Mean	Grouping
100	4	11,8	A
75	4	10,1	A B
50	4	8,7	B C
25	4	7,2	C
0	4	4,7	D

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Καζεϊνικά

	N	Mean	Grouping
1	10	10,0	A
0	10	7,0	B

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Βουβαλίσιο

Γάλα	Καζεϊνικά	N	Mean	Grouping
100	1	2	12,5	A
75	1	2	11,1	A B
100	0	2	11,1	A B
25	1	2	10,4	A B
50	1	2	9,7	A B C
75	0	2	9,1	A B C
50	0	2	7,7	B C D
0	1	2	6,2	C D E
25	0	2	4,1	D E
0	0	2	3,2	E