

DEPARTMENT of FOOD
TECHNOLOGY



ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ & ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΕΛΕΤΗ ΡΕΟΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΟΛΗΠΤΙΚΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΠΑΓΩΤΟΥ ΓΙΑΟΥΡΤΗΣ



ΠΕΤΡΙΔΗΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2018

ΜΕΛΕΤΗ ΡΕΟΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΟΛΗΠΤΙΚΩΝ
ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΠΑΓΩΤΟΥ ΓΙΑΟΥΡΤΗΣ

RHEOLOGICAL AND SENSORY PROPERTIES OF FROZEN
YOGURT

ΠΕΤΡΙΔΗΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ

Υποβολή πτυχιακής διατριβής, η οποία αποτελεί μέρος των απαιτήσεων για την απονομή του πτυχίου του Τμήματος Τεχνολογίας Τροφίμων του ΤΕΙ Θεσσαλονίκης.

Μάιος 2018

Εισηγητής
Δημητρέλη Γεωργία

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκαν ο βαθμός διόγκωσης, οι φυσικοχημικές, ρεολογικές και οργανοληπτικές ιδιότητες δειγμάτων παγωτού γιαούρτης (frozen yogurt), και πώς αυτές επηρεάζονται από τη λιποπεριεκτικότητα και το ποσοστό προσθήκης της γιαούρτης, του μελιού και του χυμού από ρόδι. Για τον σκοπό αυτόν, εφαρμόστηκε η μεθοδολογία των πειραμάτων μίξης σε είκοσι δείγματα, τα οποία παρασκευάστηκαν με βάση τα ανωτέρω υλικά, σε ποσοστά που κυμαίνονταν από 57 έως 80% για την γιαούρτη, από 6 έως 18% για το μέλι, από 0 έως 15 % για το ρόδι και σε δύο διαφορετικές λιποπεριεκτικότητες 1% και 3%. Για την παρασκευή των δειγμάτων χρησιμοποιήθηκαν: ημιαποβουτυρωμένο γάλα με 1,5 % λίπος, κρέμα γάλακτος, πευκόμελο, σκόνη γάλακτος, φυσικός χυμός από ρόδι, σταθεροποιητής και καλλιέργεια εκκίνησης γιαούρτης. Οι φυσικοχημικές αναλύσεις περιελάμβαναν τον προσδιορισμό του pH, της ογκομετρούμενης οξύτητας και των χρωματομετρικών μεταβλητών (L^* , a^* και b^*). Οι αντίστοιχες ρεολογικές περιελάμβαναν τον προσδιορισμό του συντελεστή ελαστικότητας (G'), της $\tan\delta$ και του φαινομενικού ιξώδους. Επίσης, διεξήχθη οργανοληπτικός έλεγχος των δειγμάτων, ώστε να προσδιορισθούν 7 αντικειμενικές ιδιότητες (χρώμα, σκληρότητα, αίσθηση κρεμώδους υφής, χαρακτηριστική γεύση γιαούρτης, οξύτητα, γλυκύτητα και αίσθηση λιπαρότητας) και η αρεστότητα των δειγμάτων, που είναι ηδονική μεταβλητή. Επιπρόσθετα, χρησιμοποιήθηκαν το διάγραμμα υπέρθεσης και το βελτιωτικό διάγραμμα για την εξαγωγή των ορίων βέλτιστης δράσης των μεταβλητών απόκρισης και των ορίων προσθήκης των συστατικών, με τελικό στόχο την παραγωγή του άριστου προϊόντος. Συν τοις άλλοις, εφαρμόστηκε η τεχνική της ανάλυσης των κυρίων συνιστωσών (PCA) για να επισημανθούν ομοιότητες και διαφορές μεταξύ των δειγμάτων, αναφορικά με την χημική σύσταση και την ένταση των μεταβλητών.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα η αύξηση του ποσοστού προσθήκης της γιαούρτης είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση του βαθμού διόγκωσης, του pH, της φωτεινότητας, του G' στους -2°C και της σκληρότητας, ενώ μείωσε την αίσθηση της κρεμώδους υφής, τη γλυκύτητα, την αίσθηση της λιπαρότητας και τις παραμέτρους χρώματος a^* και b^* των δειγμάτων παγωτού γιαούρτης. Η αύξηση του ποσοστού προσθήκης του μελιού μείωσε τη σκληρότητα, την οργανοληπτική οξύτητα, τον G' στους -2°C , το ποσοστό του γαλακτικού οξέος και σε μικρό βαθμό το pH και αύξησε την αίσθηση κρεμώδους υφής, την ένταση του χρώματος, τη γλυκύτητα, την αίσθηση λιπαρότητας, το βαθμό διόγκωσης και την παράμετρο χρώματος b^* των δειγμάτων παγωτού γιαούρτης.

Επίσης, η αύξηση του ποσοστού χυμού από ρόδι στα δείγματα είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση του pH, της φωτεινότητας και των παραμέτρων χρώματος a^* και b^* , καθώς επίσης και την αύξηση της αίσθησης της κρεμώδους υφής, την ένταση του χρώματος και της οργανοληπτικής οξύτητας των δειγμάτων παγωτού γιαούρτης. Τέλος, το λίπος, αλληλεπιδρώντας με ένα ή δύο εκ των τριών συστατικών, μείωσε το pH, την αίσθηση της κρεμώδους υφής και την αίσθηση της λιπαρότητας, ενώ αύξησε την ένταση του χρώματος, το ποσοστό του γαλακτικού οξέος, την παράμετρο χρώματος b^* και σε μικρό βαθμό τη διόγκωση των δειγμάτων παγωτού γιαούρτης. Βάσει του βελτιωτικού διαγράμματος, το άριστο προϊόν παρασκευάζεται με την προσθήκη υψηλών σχετικά ποσοστών γιαούρτης και μελιού (67,92% και 16,83%, αντίστοιχα), χαμηλού ποσοστού ροδιού (5,25%) και με αρκετά χαμηλή περιεκτικότητα σε λίπος (1,22%). Ακόμη, με την εφαρμογή της PCA, τα δείγματα ταξινομήθηκαν σε ομάδες, καθώς διέφεραν σημαντικά σε ό,τι αφορά την ένταση των μεταβλητών.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	3
2.1. Γιαούρτη.....	3
2.1.1. Τύποι γιαούρτης.....	3
2.1.2. Σύνθεση της γιαούρτης.....	4
2.1.3. Τεχνολογία παρασκευής της γιαούρτης.....	5
2.1.4. Διαιτητική και θρεπτική αξία της γιαούρτης.....	7
2.2. Παγωτό.....	8
2.2.1. Απαιτήσεις σχετικά με την σύνθεση.....	9
2.2.2. Συστατικά που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή του παγωτού.....	10
2.2.3. Στάδια παραγωγής παγωτού.....	10
2.3. Παγωτό γιαούρτη (Frozen Yogurt).....	13
2.3.1. Γενικά.....	13
2.3.2. Τεχνολογία παρασκευής.....	14
2.3.2.1. Προσθήκη γιαούρτης στο μίγμα του παγωτού.....	14
2.3.2.2. Άμεση ζύμωση του μίγματος παγωτού.....	16
2.4. Ρόδι.....	18
2.4.1. Χημική σύσταση.....	18
2.4.2. Διατροφική και θεραπευτική αξία.....	19
2.5. Μέλι.....	20
2.5.1. Βιολογικές βιοδραστικές ενώσεις.....	20
2.5.2. Μέλι και ανθρώπινη υγεία.....	21
2.6. Μελέτη της ρεολογικής συμπεριφοράς του παγωτού – γιαούρτης.....	22
2.6.1. Ρεολογία.....	22
2.6.2. Δυναμική δοκιμή.....	23
2.6.3. Προσδιορισμός ιξώδους.....	26
2.7. Πειράματα μίξης.....	28
3. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	31
4. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	32
4.1. Πρώτες ύλες.....	32
4.2. Παρασκευή δειγμάτων παγωτού – γιαούρτης.....	32
4.3. Προσδιορισμός της διόγκωσης.....	36
4.4. Φυσικοχημικές αναλύσεις.....	36

4.4.1. Προσδιορισμός του λίπους.....	36
4.4.2. Προσδιορισμός του pH.....	37
4.4.3. Προσδιορισμός της ογκομετρούμενης οξύτητας.....	37
4.4.4. Προσδιορισμός ξηρής ουσίας.....	38
4.4.5. Υπολογισμός Στερεού Υπολείμματος Άνευ Λίπους.....	39
4.4.6. Προσδιορισμός του χρώματος.....	39
4.5. Μελέτη της ρεολογικής συμπεριφοράς των δειγμάτων.....	40
4.5.1. Δυναμική δοκιμή ή δοκιμή ταλάντωσης.....	40
4.5.2. Προσδιορισμός ιξώδους.....	41
4.6. Πειραματικό σχέδιο.....	41
4.7. Οργανοληπτικός έλεγχος.....	43
4.8. Στατιστική ανάλυση.....	45
4.8.1. Ατελώς ομαδοποιημένα πειράματα.....	45
4.8.2. Προωθητικές ενέργειες βελτίωσης των πειραματικών σχεδίων...	46
4.8.3. Ανάλυση των Κύριων Συνιστωσών (PCA).....	47
4.8.4. Κλίμακα βέλτιστου – χειρίστου (MaxDiff).....	48
5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	49
5.1. Διόγκωση.....	49
5.2. Φυσικοχημικές αναλύσεις.....	50
5.2.1. pH και Οξύτητα.....	50
5.2.2. Χρωματομετρικές μεταβλητές.....	51
5.3. Ρεολογικές μετρήσεις.....	52
5.4. Οργανοληπτικός έλεγχος.....	54
5.5. Αποτελέσματα εφαρμογής του πειράματος μίξης.....	56
5.6. Προωθητικές ενέργειες βελτιστοποίησης των αποτελεσμάτων.....	128
5.6.1. Περίγραμμα υπέρθεσης.....	128
5.6.2. Βελτιωτικό διάγραμμα.....	134
5.7. Ανάλυση των κυρίων συνιστωσών (PCA).....	137
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	144
7. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ.....	145
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	146
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	149

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η γιαούρτη, ένα ζυμούμενο προϊόν βασισμένο στο γάλα, είναι μία ιδιαίτερα υγιεινή τροφή, η οποία περιέχει ποσότητες πρωτεϊνών, υδατανθράκων και λιπαρών και έχει υψηλή θρεπτική αξία για τους καταναλωτές. Ακόμη, παρέχει υψηλά ποσοστά της ημερήσιας συνιστώμενης δόσης σημαντικών θρεπτικών συστατικών, όπως το ασβέστιο και η βιταμίνη B₁₂. Η αυξημένη αξία της γιαούρτης, σε σχέση με το γάλα, οφείλεται στην παρουσία ωφέλιμων βακτηρίων και συγκεκριμένων βιοδραστικών ενώσεων. Αυτά τα συστατικά, μαζί με το θρεπτικό προφίλ της γιαούρτης, την καθιστούν ιδιαίτερος σημαντικό γαλακτοκομικό τρόφιμο, το οποίο είναι ευρέως αποδεκτό, παγκοσμίως και συσχετίζεται με μία υγιεινή διαίτα (Daniel et al., 2017).

Το παγωτό είναι ένα γαλακτοκομικό προϊόν, το οποίο καταναλώνεται ως παγωμένο επιδόρπιο και παρασκευάζεται με την κατάψυξη του μίγματος του παγωτού, υπό συνεχή ανάδευση. Περιέχει γαλακτοκομικά και μη συστατικά. Η προέλευσή του ανάγεται στην Ευρώπη, από την οποία κατόπιν εισήχθη στις ΗΠΑ, όπου η παραγωγή του αναπτύχθηκε σε βιομηχανική κλίμακα. Πέραν αυτού, το παγωτό προτείνεται ως ένα αποτελεσματικό μέσο ανάπτυξης των προβιοτικών οργανισμών. Είναι μεγάλης αξίας, καθώς περιέχει υψηλής ποιότητας πρωτεΐνη και ασβέστιο, το οποίο αφομοιώνεται από τον οργανισμό με ευκολία. Σήμερα, διατίθενται παγωτά μία ευρείας ποικιλίας γεύσεων (Deosarkar et al., 2016).

Το παγωτό γιαούρτη μοιάζει με το παγωτό, όσον αφορά την φυσική του κατάσταση, ενώ ταυτόχρονα συνδυάζει την έντονη, όξινη γεύση της γιαούρτη και φυσικά τη θρεπτική της αξία. Επιπρόσθετα, περιέχει υψηλά επίπεδα ζάχαρης και σταθεροποιητών / γαλακτωματοποιητών, σε σύγκριση με τη γιαούρτη (Tamime & Robinson, 2007). Ακόμη, η παραγωγή του παγωτού γιαούρτης μοιάζει με αυτήν του παγωτού, καθώς η νοπή και αναδευμένη γιαούρτη σταθεροποιείται, εμπλουτίζεται με σιρόπι ή τεμάχια φρούτων, αναδεύεται και καταψύχεται. Παράλληλα, η χημική σύσταση του παγωτού γιαούρτης μπορεί να διαφέρει μεταξύ των εταιρειών παρασκευής ή των χωρών και το ίδιο το προϊόν είναι πολύ δημοφιλές στις ΗΠΑ (Tamime, 2003).

Το μέλι χρησιμοποιείται από τους αρχαίους χρόνους λόγω των θρεπτικών και θεραπευτικών του ιδιοτήτων. Σήμερα, πολλοί διαφορετικοί τρόποι κατανάλωσης του μελιού υπάρχουν, περιλαμβανομένων των χρήσεων του ως γλυκαντική ουσία και αρωματική ύλη. Επίσης, παράγεται σε όλον τον κόσμο. Το πιο σημαντικό θρεπτικό στοιχείο του μελιού είναι οι υδατάνθρακες, οι οποίοι βρίσκονται υπό την μορφή των

μονοσακχαριτών της φρουκτόζης και γλυκόζης. Εκτός των άλλων, το μέλι παίζει σημαντικό ρόλο ως αντιοξειδωτικός, αντιφλεγμονώδης και αντιβακτηριακός παράγοντας (Al – Asiri et al., 2017).

Το ρόδι χαίρει μεγάλης δημοφιλίας, η οποία οφείλεται στις βιολογικές επιδράσεις που ασκεί, εξ αιτίας των φαινολικών ενώσεων που περιέχει. Επίσης, η φήμη του έχει ενισχυθεί από τα αρχαία χρόνια, λόγω των ιατρικών του εφαρμογών. Αντιοξειδωτικές, αντικαρκινικές και ιδιότητες που ενισχύουν το ανοσοποιητικό σύστημα αποτελούν τα μεγαλύτερα «προτερήματα» του καρπού του ροδιού (Karimi et al., 2017).

Στην παρούσα εργασία διερευνήθηκε η επίδραση του ποσοστού προσθήκης γιαούρτης, μελιού, χυμού από ρόδι και λίπους στο βαθμό διόγκωσης, στις φυσικοχημικές, στις ρεολογικές και στις οργανοληπτικές ιδιότητες δειγμάτων παγωτού γιαούρτης. Παράλληλα, προσδιορίστηκαν οι ποσότητες (ποσοστά) των ανωτέρω υλικών που χρειάζεται να προστεθούν, έτσι ώστε να παραχθεί το άριστο προϊόν παγωτού γιαούρτης και ταξινομήθηκαν τα παραχθέντα δείγματα σε ομάδες, ώστε να εκτιμηθούν οι διαφορές στην χημική σύσταση και στην ένταση των ανωτέρω χαρακτηριστικών. Η ιδέα για την εκπόνηση της εργασίας προήλθε από την ανάγκη δημιουργίας ενός καινοτόμου προϊόντος, το οποίο θα συνδυάζει την υψηλή θρεπτική αξία της γιαούρτης και τη γευστική απόλαυση του παγωτού. Για να ενισχυθεί η διατροφική αξία του προϊόντος, εμπλουτίστηκε με την προσθήκη του μελιού και του ροδιού (χυμού), εκ των οποίων το πρώτο υποκαθιστά ικανοποιητικά την ζάχαρη, προσδίδει γλυκύτητα και μειώνει τις θερμίδες του προϊόντος, ενώ το δεύτερο προσδίδει κατά κύριο λόγο τις αντιοξειδωτικές του ιδιότητες.

2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1. Γιαούρτη

Η γιαούρτη αποτελεί το πιο ευρέως διαδεδομένο όξινο γαλακτοκομικό προϊόν σε όλο τον κόσμο. Παρασκευάζεται από τη γαλακτική ζύμωση του γάλακτος με τη χρήση καλλιέργειας μικροοργανισμών (καλλιέργεια εκκίνησης) που αποτελείται από τους *Streptococcus thermophilus* και *Lactobacillus bulgaricus*. Κατά την παραδοσιακή μέθοδο παρασκευής, γιαούρτη προηγούμενης ημέρας προστίθεται στο γάλα ως το αρχικό ενοφθάλμισμα. Λόγω της προόδου στην τεχνολογία παρασκευής καλλιεργειών εκκίνησης κατά τις τελευταίες πέντε δεκαετίες και εξ αιτίας των μικροβιολογικών προβλημάτων που μερικές φορές συσχετίζονται με την χρήση γιαούρτης προηγούμενης μέρας και οδηγούν σε αποτυχημένες ζυμώσεις, οι παρασκευαστές γιαούρτης έχουν δείξει το ενδιαφέρον τους στη χρήση λυοφιλωμένων καλλιεργειών εκκίνησης (Behare et al., 2016).

2.1.1. Τύποι γιαούρτης

Η γιαούρτη, που παράγεται παγκοσμίως, μπορεί να ταξινομηθεί βάση α) της χημικής της σύνθεσης, β) της μεθόδου παραγωγής, γ) της χρήσης πρόσθετων, δ) της προσθήκης ειδικών καλλιεργειών και ε) της μεταχείρισης της μετά την επώαση. Σε ό,τι αφορά τη χημική σύνθεση, το ποσοστό του λίπους είναι υψίστης σημασίας. Συνεπώς βάση της λιποπεριεκτικότητας της, η γιαούρτη κατηγοριοποιείται σε αποβουτυρωμένη, μερικώς αποβουτυρωμένη και γιαούρτη με πλήρη περιεκτικότητα σε λίπος (Behare et al., 2016). Σε ό,τι αφορά τη μέθοδο παραγωγής, παράγονται κυρίως δύο τύποι γιαούρτης, η συνεκτική και η αναμιγμένη. Επιπρόσθετα, για να αυξηθεί η διάρκεια ζωής της γιαούρτης συγκεκριμένες διεργασίες, όπως παστερίωση ή αφυδάτωση εφαρμόζονται μετά την επώαση και το τελικό προϊόν χαρακτηρίζεται ως «παστεριωμένη» ή «αφυδατωμένη» γιαούρτη, αντίστοιχα. Οι διάφοροι τύποι και ποικιλίες γιαούρτης παρατίθενται ονομαστικά πιο κάτω (Behare et al., 2016).

Τύποι που αφορούν τη χημική σύσταση

- Γιαούρτη με πλήρη περιεκτικότητα σε λίπος (full – fat yogurt)
- Μερικώς αποβουτυρωμένη γιαούρτη (low – fat yogurt)
- Αποβουτυρωμένη γιαούρτη (fat – free yogurt)

Τύποι που αφορούν τη μέθοδο παρασκευής / τον σχηματισμό της υφής

- Συνεκτική γιαούρτη (set – type yogurt)
- Αναμιγμένη γιαούρτη (stirred – type yogurt)

Τύποι που αφορούν την ενσωμάτωση προσθέτων

- Σακχαρούχος γιαούρτη (sweetened yogurt)
- Γιαούρτη με γεύσεις / ή φρούτων (flavoured / fruit yogurt)
- Εμπλουτισμένη γιαούρτη (fortified yogurt)
- Ανθρακούχος γιαούρτη (carbonated yogurt)

Τύποι που αφορούν την ενσωμάτωση ειδικών καλλιεργειών

- Γιαούρτη με προβιοτικά βακτήρια (probiotic – type yogurt)
- Γιαούρτη που περιέχει εξοπολυσακχαρίτες (exopolysaccharide containing – type yogurt)

Τύποι που αφορούν τη μεταχείριση μετά την επώαση

- Παστεριωμένη γιαούρτη (pasteurized yogurt)
- Αφυδατωμένη γιαούρτη (dried yogurt)
- Παγωτό γιαούρτη (frozen yogurt)

2.1.2. Σύνθεση της γιαούρτης

Η σύνθεση του μίγματος της γιαούρτης, σχετικά με το λίπος του γάλακτος και τα στερεά συστατικά άνευ λίπους (ΣΥΑΛ), σε γενικές γραμμές ρυθμίζεται με τη χρήση πλήρους, μερικώς αποβουτυρωμένου ή συμπυκνωμένου γάλακτος, κρέμας γάλακτος και/ή σκόνης γάλακτος άνευ λίπους (Chandan, 2006).

Η γιαούρτη με χαμηλό ποσοστό ή και μηδενικό ποσοστό λίπους απαιτεί ως ελάχιστο ποσοστό ΣΥΑΛ το 8,25 % στο μίγμα της γιαούρτης. Σε μία τυπική σύσταση γιαούρτης άνευ λίπους, χαμηλής λιποπεριεκτικότητας ή πλήρους λιποπεριεκτικότητας, το συνολικό ποσοστό του ΣΥΑΛ του μίγματος γιαούρτης κυμαίνεται από 8,25% ως 12,00%, ανάλογα με το εάν θα προστεθούν ή όχι σταθεροποιητές ή άλλα πρόσθετα. Ωστόσο, η προσθήκη ζάχαρης (σουκρόζη), σταθεροποιητών ή άλλων στερεών

συστατικών αραιώνουν την ολική συγκέντρωση του ΣΥΑΛ. Σκόνη γάλακτος άνευ λίπους προστίθεται στο μίγμα για να επιτευχθεί το ελάχιστο ποσοστό ΣΥΑΛ του 8,25%, για να αυξηθεί η συγκέντρωση των ολικών στερεών και για να αυξηθεί η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες (Chandan, 2006).

Κατά την παρασκευή της γιαούρτης με γεύσεις, είναι συνήθως επιθυμητό να προστίθεται και μία γλυκαντική ουσία. Στη γιαούρτη φρούτων συνήθως προστίθεται σε ποσοστό 10% – 13% γλυκαντική ουσία που έχει ισοδύναμο θερμιδικό περιεχόμενο με τη ζάχαρη, ενώ στη γιαούρτη με γεύσεις (βανίλια, λεμόνι, καφές κ.ά.) προστίθεται 8% – 10 % σουκρόζη. Η ευρύτερα χρησιμοποιούμενη γλυκαντική ύλη στη βιομηχανία τροφίμων είναι η σουκρόζη, η οποία προστίθεται πριν την παστερίωση είτε σε υγρή είτε σε κρυσταλλική μορφή. Για να παραχθεί γιαούρτη χαμηλής περιεκτικότητας σε λίπος ή ζάχαρη (low – sugar yogurt), ή γιαούρτη με χαμηλές θερμίδες (low – calorie yogurt), χρησιμοποιούνται εγκεκριμένες και υψηλής έντασης γλυκαντικές ύλες (Chandan, 2006). Στον Πίνακα 2.1. παρουσιάζεται η σύσταση μερικών τύπων γιαούρτης.

Οι σταθεροποιητές είναι υδροκολλοειδή ζωικής και φυτικής προελεύσεως. Στη βιομηχανία υπάρχουν πολλοί σταθεροποιητές και συνδυασμοί αυτών διαθέσιμοι προς χρήση στη γιαούρτη. Από αυτούς, συνήθως χρησιμοποιείται η ζελατίνη. Παρ' όλα αυτά, λόγω προβλημάτων κατά την επεξεργασία της ζελατίνης, χρησιμοποιούνται συνδυασμοί τροποποιημένου αμύλου και ζελατίνης ή ζελατίνης και πηκτίνης. Οι αναλογίες των σταθεροποιητών, καθώς και η τελική συγκέντρωση (γενικά 0,50 % - 2,00 %) στο προϊόν ελέγχονται με προσοχή για να επιτευχθούν τα επιθυμητά αποτελέσματα. Επίσης, το τροποποιημένο άμυλο καλαμποκιού, κατάλληλο για χρήση σε χαμηλό pH, χρησιμοποιείται ευρέως στην παραγωγή της γιαούρτης. Πηκτίνες χρησιμοποιούνται ευρέως είτε μόνες τους είτε σε συνδυασμό με άλλα υδροκολλοειδή, για να σταθεροποιήσουν την αναμιγμένη και την απλή γιαούρτη (plain yogurt) (Chandan, 2006).

2.1.3. Τεχνολογία παρασκευής της γιαούρτης

Παρακάτω αναφέρονται τα στάδια που ακολουθούνται για την παρασκευή της γιαούρτης (Tamime & Robinson, 2007; Κεχαγιάς, 2011).

Έλεγχος πρώτων υλών: Το νωπό γάλα πρέπει να ανταποκρίνεται στις ρυθμίσεις που υπάρχουν για αυτό στις βιομηχανίες και την κοινοτική νομοθεσία. Ιδιαίτερη είναι η ανάγκη απουσίας ανασταλτικών παραγόντων που θα παρεμποδίσουν την ανάπτυξη των

καλλιέργειών. Σε περίπτωση που χρησιμοποιηθούν και άλλες πρώτες ύλες για την τυποποίηση του γάλακτος (σκόνη γάλακτος, κρέμα γάλακτος, κ.α.) ή για την παρασκευή ειδικών προϊόντων (ζάχαρη, προϊόντα φρούτων, κ.α.) τότε πρέπει τα προϊόντα αυτά να ελέγχονται και να πληρούν τις προδιαγραφές που ισχύουν γενικώς ή τις ειδικές προδιαγραφές που έχουν τεθεί για τα προϊόντα αυτά και τον ειδικό σκοπό που προορίζονται.

Τυποποίηση: Με την τυποποίηση ρυθμίζεται η λιποπεριεκτικότητα και το ΣΥΑΛ του γάλακτος αφενός μεν για να ανταποκρίνεται το τελικό προϊόν στις νομοθετημένες απαιτήσεις από πλευράς σύνθεσης και αφετέρου γιατί, αυξάνοντας ή μειώνοντας ορισμένα συστατικά του γάλακτος, επηρεάζονται τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και ιδιαίτερα η υφή των προϊόντων.

Ομογενοποίηση: Με την ομογενοποίηση του γάλακτος το πήγμα παρουσιάζει μεγαλύτερη σταθερότητα στο φαινόμενο διαχωρισμού του ορού, το χρώμα της γιαούρτης γίνεται λευκότερο και βελτιώνονται τα οργανοληπτικά της χαρακτηριστικά (αποκτά κρεμώδη υφή και αυξάνεται η συνεκτικότητα-ιξώδες).

Θερμική επεξεργασία: Το γάλα υφίσταται έντονη θερμική επεξεργασία (95°C για 5 min ή 80-85°C για 30-20 min). Αυτό γίνεται για την καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών αλλά και των ανταγωνιστών της οξυγαλακτικής καλλιέργειας, για την παραγωγή ενώσεων που διεγείρουν την καλλιέργεια εκκίνησης και για το σχηματισμό συμπλόκου μεταξύ της β-γαλακτογλοβουλίνης και της κ-καζεΐνης. Το σύμπλοκο αυτό βελτιώνει τα υδρόφιλα χαρακτηριστικά του πήγματος (μείωση της τάσης αποβολής ορού) και αυξάνει τη συνεκτικότητα της γιαούρτης.

Προσθήκη οξυγαλακτικής καλλιέργειας: Οι μικροοργανισμοί που αποτελούν την καλλιέργεια εκκίνησης της γιαούρτης είναι ο *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, και ο *Streptococcus thermophilus*. Η αναλογία με την οποία προστίθενται στο γάλα είναι 1:1, γιατί έχει αποδειχτεί ότι σε αυτήν την περίπτωση η παραγωγή γαλακτικού οξέος είναι η μέγιστη. Αυτό συμβαίνει γιατί οι δύο μικροοργανισμοί χαρακτηρίζονται από μία σχέση συμβίωσης, δηλαδή ο ένας διεγείρει την ανάπτυξη του άλλου. Συγκεκριμένα, ο στρεπτόκοκκος παράγει μυρμηκικό οξύ που βοηθάει την ανάπτυξη του λακτοβάκιλου, ενώ ο λακτοβάκιλος παράγει βαλίνη που διεγείρει την ανάπτυξη του στρεπτόκοκκου.

Επάση: Η πιο συνηθισμένη θερμοκρασία επάσης είναι 42-43°C για 2,5-3 ώρες. Κατά τη διάρκεια της επάσης μειώνεται το pH του εμβολιασμένου γάλακτος με

αποτέλεσμα την αποσταθεροποίηση των πρωτεϊνών και το σχηματισμό τρισδιάστατου πρωτεϊνικού πλέγματος.

Ψύξη: Η ψύξη αρχίζει με τη διακοπή της επώασης, όταν έχει επιτευχθεί η επιθυμητή οξύτητα. Με την ψύξη επιδιώκεται η αναστολή της μεταβολικής δραστηριότητας των μικροοργανισμών. Η ψύξη δεν πρέπει να καθυστερήσει γιατί θα οδηγήσει σε μετοξίνιση του προϊόντος, αλλά ούτε να είναι απότομη γιατί θα προκαλέσει συστολή του πήγματος και απελευθέρωση ορού.

Πίνακας 2.1: Τυπική σύσταση μερικών δημοφιλών τύπων γιαούρτης (Chandan, 2006).

Τύπος γιαούρτης	Λίπος γάλακτος (%)	Στερεά γάλακτος άνευ λίπους (%)	Στερεά σακχάρων (%)	Σταθεροποιητής (%)
Απλή: Πλήρες γάλα	3,25 – 3,50	11,0 – 12,0	0	0 – 1,0
Απλή: Χαμηλά λιπαρά	1,0	14,2	0	0 – 0,75
Απλή: Καθόλου λιπαρά	0,3 – 0,5	14,0 – 15,0	0	0 – 0,5
Αναμιγμένη με φρούτα: Πλήρες γάλα	3,25 – 3,50	10,5 – 11,0	6,0 – 10,0	0,4 – 0,6
Αναμιγμένη με φρούτα: Χαμηλά λιπαρά	> 0,5 - < 2,0	10,5 – 12,0	6,0 – 10,0	0,3 – 0,4
Αναμιγμένη με φρούτα: Καθόλου λιπαρά	0,3 – 0,5	11,0 – 12,0	6,0 – 10,0	0,3 – 1,2

2.1.4. Διαιτητική και θρεπτική αξία της γιαούρτης

Η γιαούρτη έχει πλούσια θρεπτική αξία, ενώ επιπλέον διαθέτει και ευεργετική δράση για την υγεία των καταναλωτών. Συγκεκριμένα, έχει παρόμοια θρεπτική αξία με το γάλα (Μάντης, 2005):

- Περιέχει πρωτεΐνες υψηλής βιολογικής αξίας (περιέχουν απαραίτητα αμινοξέα)
- Η λακτόζη που περιέχει αποτελεί πηγή ενέργειας, ενώ η γαλακτόζη που προέρχεται από τη διάσπαση της λακτόζης βοηθά στο μεταβολισμό του ασβεστίου και του μαγνησίου

- Το λίπος της γιαούρτης περιέχει μεγάλη αναλογία ακόρεστων λιπαρών οξέων, καθώς επίσης και τα απαραίτητα λιπαρά οξέα λινελαϊκό και λινολενικό
- Περιέχει σχεδόν όλες τις βιταμίνες, ωστόσο, αποτελεί καλή πηγή βιταμινών Α, Β₁, Β₂, νιασίνης και παντοθενικού οξέος
- Αποτελεί πηγή ασβεστίου, μαγνησίου και φωσφόρου

Επίσης, η γιαούρτη ως όξινο γαλακτοκομικό έχει επιπλέον οφέλη στην υγεία των καταναλωτών (Μάντης, 2005; Κεχαγιάς, 2011):

- Ενισχύει το ανοσοποιητικό σύστημα
- Διαθέτει αντιμικροβιακή δράση έναντι μεγάλου αριθμού βακτηρίων.
- Συμβάλει στην ομαλή λειτουργία του εντέρου
- Οι πρωτεΐνες που περιέχει αφομοιώνονται εύκολα από τον ανθρώπινο οργανισμό (διασπώνται από τους μικροοργανισμούς)
- Συμβάλει στην αυξημένη απορρόφηση ασβεστίου (όξινο περιβάλλον)
- Βοηθάει στην αναγέννηση της φυσικής μικροχλωρίδας του εντέρου μετά από τη χορήγηση αντιβιοτικών.
- Μπορεί να καταναλωθεί από άτομα που αντιμετωπίζουν μικρό πρόβλημα ανεπάρκειας του ενζύμου λακτάσης (έχει μειωμένη περιεκτικότητα σε λακτόζη).

2.2. Παγωτό

Το παγωτό ορίζεται ως ένα παγωμένο γαλάκτωμα. Η συνεχής φάση αποτελείται από σιρόπι που δεν έχει καταψυχθεί, το οποίο περιέχει τις διαλυμένες ουσίες, κυρίως τα σάκχαρα και τα άλατα. Το σιρόπι αυτό αποτελεί περίπου το 30% της μάζας του παγωτού στους -5°C , θερμοκρασία στην οποία περίπου η μισή ποσότητα του νερού βρίσκεται υπό την μορφή πάγου. Η διεσπαρμένη φάση αποτελείται από φυσαλίδες αέρα, λιποσφαίρια του λίπους του γάλακτος, κρυστάλλους πάγου και αδιάλυτες ενώσεις, συμπεριλαμβανομένων των πρωτεϊνών και των υδροκολλοειδών. Τα λιποσφαιρίδια βρίσκονται σε διάφορες φάσεις συσσωμάτωσης, γεγονός που εξαρτάται από τα αρχικά τους μεγέθη, την παρουσία γαλακτωματοποιητών και το βαθμό της ανάδευσης κατά την κατάψυξη του μίγματος του παγωτού. Η λακτόζη, είναι σε κατάσταση υπερκορεσμού, που της επιτρέπει να σχηματίζει κρυστάλλους για εκτεταμένο διάστημα, εφόσον οι θερμοκρασίες αποθήκευσης δεν κρατούνται σε πολύ χαμηλά επίπεδα. Τα κατά προσέγγιση μεγέθη των υπό διασπορά συστατικών του

παγωτού είναι: διάμετρος λιποσφαιρίων 0,5 – 2μm; μήκος κρυστάλλων λακτόζης 20 μm; μέση διάμετρος κρυστάλλων πάγου 35 – 100 μm; διάμετρος φυσαλίδων αέρα 60 – 160 μm (Marshall, 2002).

Το παγωτό βρίσκεται διαθέσιμο σε πολλές μορφές, γεύσεις και συσκευασίες. Τα πρότυπα που αφορούν την σύσταση διαφέρουν από χώρα σε χώρα, όπως και η κατανόηση του τι αποτελεί το παγωτό. Η ευρύτερη κατηγορία των παγωμένων επιδορπίων περιλαμβάνει προϊόντα που δεν περιέχουν συστατικά προερχόμενα από το γάλα, π.χ. οι γρανίτες (Marshall, 2002).

Οι παρασκευαστές παγωτού συνδυάζουν σε διάφορες αναλογίες μία ποικιλία γαλακτοκομικών και μη συστατικών, περιλαμβανομένων των γλυκαντικών και αρωματικών υλών, επεξεργάζονται τα παγωτά για να τα καταστήσουν ασφαλή και επιθυμητά, τα καταψύχουν, ενώ τα αναδεύουν, ώστε να ενσωματωθεί αέρας και να αποκτήσουν κρεμώδη υφή και είτε τα σερβίρουν μαλακά (soft) χωρίς να υποστούν τη διεργασία της σκλήρυνσης, είτε τα καταψύχουν σε χαμηλές θερμοκρασίες (περίπου – 25 °C) (σκλήρυνση) και μετά διατίθενται για κατανάλωση (hard). Το προϊόν που έχει υποστεί τη διεργασία της σκλήρυνσης διατηρείται σε καλή κατάσταση για μήνες, όταν συντηρείται σε θερμοκρασίες μικρότερες των –30 °C (περίπου –25 °C) (Marshall, 2002).

2.2.1. Απαιτήσεις σχετικά με τη σύνθεση

Η σύνθεση των παγωτών, η οποία διαφέρει από τύπο σε τύπο, μπορεί να επηρεαστεί από τη νομοθεσία αλλά και από τις απαιτήσεις των καταναλωτών για ορισμένης ποιότητας παγωτά. Το λίπος είναι το συστατικό που κυμαίνεται σε ευρεία όρια (3%-24%). Με την αύξηση της λιποπεριεκτικότητας, μειώνεται το ΣΥΑΛ και αποφεύγεται η αμμώδης υφή. Η αναλογία λίπους προς ζάχαρη και ολικών στερεών προς νερό πρέπει να λαμβάνεται υπόψη για την αποφυγή ελαττωμάτων, όπως η δημιουργία αίσθησης αυξημένης λιπαρότητας στην πρώτη περίπτωση και ανομοιόμορφης υφής στη δεύτερη (Κεχαγιάς 2011). Το λίπος είναι δυνατόν να αντικατασταθεί από τα στερεά άνευ λίπους σε ποσοστό 1%-14 % (Marshall, 2002).

Το παγωτό πρέπει να ζυγίζει τουλάχιστον 540 g/L και να περιέχει τουλάχιστον 192 g/L στερεών συστατικών. Το στοιχείο αυτό περιορίζει την μέγιστη ποσότητα αέρα που μπορεί να ενσωματωθεί εντός του μίγματος κατά την διάρκεια της κατάψυξης, σε ποσοστό περίπου 100 % ή με άλλα λόγια στον ίδιο όγκο με αυτόν του μίγματος που

οδηγείται στην συσκευασία. Μία μερίδα ορίζεται συνήθως στα 120 mL (Marshall, 2002).

2.2.2. Συστατικά που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή του παγωτού

Τα παγωτά είναι μίγματα διαφόρων συστατικών συμπεριλαμβανομένου και του νερού που βρίσκεται στη μεγαλύτερη ποσότητα. Τα συστατικά του γάλακτος που χρησιμοποιούνται στα παγωτά διακρίνονται σε ΣΥΑΛ και λίπος. Το ΣΥΑΛ προστίθεται στο μίγμα υπό τη μορφή υγρού γάλακτος, αποβουτυρωμένου ή πλήρους γάλακτος, συμπυκνωμένου αποβουτυρωμένου γάλακτος και σκόνης αποβουτυρωμένου γάλακτος. Το λίπος προστίθεται σε μορφές που περιέχουν ταυτόχρονα και ΣΥΑΛ, όπως πλήρες ή ημιαποβουτυρωμένο γάλα, κρέμα γάλακτος και βούτυρο ή λιωμένο βούτυρο (Κεχαγιάς, 2011).

Εκτός από τα συστατικά του γάλακτος χρησιμοποιούνται επίσης α) ζάχαρη (ή άλλη γλυκαντική ύλη), β) αυγό και προϊόντα αυγών, γ) καφές, σοκολάτα και κακάο, δ) αρωματικές ουσίες (όπως βανίλια), ε) ξηροί καρποί, στ) χυμοί φρούτων, ζ) σταθεροποιητές (ζελατίνη, πρωτεΐνες γάλακτος, κ.α.) και γαλακτωματοποιητές (λεκιθίνη, μονοεστέρες γλυκερόλης, κ.α.) (Κεχαγιάς, 2011).

Η πιο επιθυμητή γλυκαντική ουσία από πλευράς αρώματος, είναι η ζάχαρη. Εντούτοις, συγκρινόμενα με τη ζάχαρη, τα στερεά του σιροπιού καλαμποκιού προσφέρουν το πλεονέκτημα του χαμηλότερου κόστους και της μικρότερης γλυκύτητας, επιτρέποντας έτσι μεγαλύτερες ποσότητες αυτών να προστίθενται στα μίγματα. Συνεπώς, προστίθεται λιγότερο νερό και μικρότερη ποσότητα πάγου σχηματίζεται στο προϊόν σε μία ορισμένη θερμοκρασία υπό του μηδενός. Όταν χρησιμοποιείται γλυκαντική ύλη, η οποία δεν παρέχει θερμίδες και είναι υψηλής γλυκαντικής ισχύος, πρέπει να προστεθούν ένα ή περισσότερα άλλα συστατικά για να ανυψώσουν την περιεκτικότητα του παγωτού σε στερεά (Marshall, 2002).

Στον Πίνακα 2.2 φαίνεται η μέση σύσταση διαφόρων τύπων παγωτού.

2.2.3. Στάδια παραγωγής παγωτού

Παρακάτω αναφέρονται τα στάδια παρασκευής των παγωτών (Walstra et al., 2006; Κεχαγιάς, 2011):

Έλεγχος πρώτων υλών: Οι πρώτες ύλες πρέπει να πληρούν τις νομοθετημένες ρυθμίσεις, τόσο από πλευράς σύνθεσης, όσο και από μικροβιολογικής άποψης.

Προετοιμασία του μίγματος: Αρχικά αναμιγνύονται τα συστατικά που βρίσκονται σε υγρή κατάσταση (γάλα, κρέμα γάλακτος, σιρόπι, κ.α.) και θερμαίνονται υπό συνεχή ανάδευση. Τα συστατικά που βρίσκονται σε στερεά μορφή (σκόνη γάλακτος, ζάχαρη, σταθεροποιητές, κ.α.) προστίθενται σιγά-σιγά και πριν η θερμοκρασία φτάσει τους 50°C.

Παστερίωση: Ακολουθεί παστερίωση του μίγματος (στους 65,6 °C για 30min ή στους 7,1°C για 10min ή στους 79,4°C για 15 s ή στους 148,8°C για 2 s) για την καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών, για τη μείωση γενικά του μικροβιακού φορτίου και για την αδρανοποίηση των λιπασών.

Ομογενοποίηση: Η ομογενοποίηση γίνεται μετά την παστερίωση αλλά μπορεί να εφαρμοστεί και πριν από αυτήν. Με την ομογενοποίηση διευκολύνεται ακόμη περισσότερο η ανάμιξη των συστατικών του μίγματος, το παγωτό αποκτά ομοιόμορφη-κρεμώδη υφή και αποφεύγεται ο διαχωρισμός του λίπους κατά την κατάψυξη.

Ψύξη και ωρίμανση: Το μίγμα μετά την ομογενοποίηση ψύχεται στους 4°C, όπου και παραμένει για περίπου 3-6 h (ωρίμανση). Παλαιότερα η ωρίμανση διαρκούσε περίπου 24 h. Κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης αυξάνεται ο βαθμός ενυδάτωσης των πρωτεϊνών και των σταθεροποιητών, το λίπος κρυσταλλώνεται και αυξάνει το ιξώδες του μίγματος. Η ωρίμανση επηρεάζει την υφή του παγωτού (γίνεται πιο απαλή), αυξάνει το βαθμό διόγκωσης και την αντίσταση στην τήξη.

Προσθήκη χρώματος και αρωματικών ουσιών: Η προσθήκη χρώματος και αρωματικών ουσιών γίνεται μετά την ωρίμανση του μίγματος και πριν την κατάψυξη του.

Κατάψυξη: Κατά το στάδιο αυτό το μίγμα καταψύχεται στους -4°C έως -6°C με σύγχρονη ανάδευση και ενσωμάτωση αέρα. Με την κατάψυξη το μεγαλύτερο μέρος του νερού παγώνει, ενώ αέρας που ενσωματώνεται αυξάνει τον όγκο του παγωτού σε ποσοστά διόγκωσης (overrun) που κυμαίνονται από 50-120%.

Συσκευασία: Ακολουθεί συσκευασία του προϊόντος, με τη βοήθεια καλουπιών, σε διάφορες συσκευασίες (μέσα σε περιέκτες, σε ξυλάκια, σε κώνους, κ.α.).

Σκλήρυνση: Το παγωτό μετά τη συσκευασία του καταψύχεται περίπου στους -25°C (σκλήρυνση), ώστε να στερεοποιηθεί. Ο γρήγορος ρυθμός κατάψυξης βοηθάει στο σχηματισμό κρυστάλλων μικρού μεγέθους που επηρεάζουν ευνοϊκά την υφή του παγωτού.

Αποθήκευση: Μετά την σκλήρυνση το παγωτό μπορεί να διατεθεί άμεσα για κατανάλωση ή να αποθηκευτεί σε θερμοκρασία περίπου -25°C και να διατεθεί αργότερα.

Πίνακας 2.2: Μέση σύσταση (%) διαφόρων τύπων παγωτού (Marshall, 2002).

Τύπος παγωτού	Λίπος γάλακτος	Στερεά γάλακτος άνευ λίπους	Γλυκαντικές ύλες ^α	Σταθεροποιητές ^β	Ολικά στερεά
Παγωτό χωρίς λιπαρά (hard)	< 0,8	12 – 14	18 – 22	1,0	35 – 37
Παγωτό με χαμηλά λιπαρά (hard)	2 – 5	12 – 14	18 – 21	0,8	35 – 38
Παγωτό μειωμένης λιποπεριεκτικότητας (hard)	5 – 6	11 – 12	18 – 20	0,5	35 – 38
Παγωτό μειωμένης λιποπεριεκτικότητας	7 – 9	10 – 11	18 – 19	0,4	36 – 39
Οικονομικό παγωτό	10 – 12	10 – 11	15 – 17	0,4	35 – 37
Τυπικό παγωτό	11 – 13	9 – 10	14 – 17	0,2 – 0,4	37 – 39
Παγωτό άριστης ποιότητας	12 – 15	8 – 10	13 – 16	0,2 – 0,4	39 – 40
Παγωτό εξαιρετικά άριστης ποιότητας	14 – 20	5 – 8	14 – 17	0 – 0,2	41 – 45
Παγωτό γιαούρτη	3,25 – 6	8,25 – 13	15 – 17	0,5	30 – 36
Παγωτό γιαούρτη χωρίς λιπαρά	< 0,8	8,25 – 14	15 – 17	0,6	28 – 31
Σορμπέ ^γ	1 – 2	1 – 3	26 – 35	0,4 – 0,5	28 – 36
Γρανίτα	Καθόλου	Καθόλου	26 – 35	0,4 – 0,5	26 – 35

^α Περιλαμβάνονται η σουκρόζη, η γλυκόζη, τα στερεά του σιροπιού καλαμποκιού, οι μαλτοδεξτρίνες, η πολυδεξτρόζη και άλλοι διογκωτικοί παράγοντες, μερικοί εκ των οποίων προσδίδουν λίγη γλυκύτητα

^β Περιλαμβάνονται το κόμμι κυτταρίνης και η πηκτή κυτταρίνης

^γ Το σορμπέ πρέπει να περιέχει τουλάχιστον 2 %, αλλά όχι περισσότερο από 5 % ολικά στερεά γάλακτος

2.3. Παγωτό γιαούρτη (Frozen yogurt)

2.3.1. Γενικά

Το παγωτό γιαούρτη εισήχθη στην αγορά στη δεκαετία του 1970 ως ένα παγωμένο γαλακτοκομικό προϊόν παρόμοιο με το παγωτό, το οποίο όμως αποτελούσε την υγιή εναλλακτική επιλογή που αντικαθιστούσε το τυπικό παγωτό. Η γιαούρτη προτιμάται από τους καταναλωτές εξαιτίας της θρεπτικής της αξίας και της ευεργετικής δράσης. Εκτός από αυτό, η γιαούρτη συνδέεται με τη φρέσκια γεύση, ιδιότητα η οποία σε κάποιον βαθμό μπορεί να μεταφερθεί και στο παγωτό γιαούρτη, κάτι που εξαρτάται από την επεξεργασία του προϊόντος. Επίσης, η διατροφική και λειτουργική αξία του παγωτού γιαούρτη ενισχύεται με την παραγωγή προϊόντων μειωμένης περιεκτικότητας σε λίπος, ζάχαρη, χοληστερόλη, υδατάνθρακες και θερμίδες (Tamime, 2006).

Στην πράξη, το παγωτό γιαούρτη είναι δυνατόν να παραχθεί με πολλούς διαφορετικούς τρόπους, πρέπει όμως η παραγωγή να συνάδει με περιορισμούς, που ανάγονται σε θεσμοθετημένα πρότυπα. Σε μερικές χώρες, υπάρχουν προδιαγραφές για τον ελάχιστο αριθμό των μικροοργανισμών της γιαούρτης που πρέπει να υπάρχουν σε αυτό, ενώ σε άλλες το προϊόν δεν απαιτείται να περιέχει ζωντανούς μικροοργανισμούς, αλλά απαιτείται να παρασκευάζεται από τη γιαούρτη (Tamime, 2006).

Το παγωτό γιαούρτη ταξινομείται σε τρεις κύριες κατηγορίες: σε μαλακό παγωτό γιαούρτη (soft frozen yogurt), σε σκληρό παγωτό γιαούρτη (hard frozen yogurt) και σε μους παγωτό γιαούρτη (mousse frozen yogurt). Τα προϊόντα αυτά μοιάζουν με το παγωτό, όσον αφορά τη φυσική τους κατάσταση και χαρακτηρίζονται ως παγωτό γιαούρτη, καθώς έχουν την όξινη γεύση της γιαούρτης συνδυασμένη με το «αίσθημα ψυχρότητας» του παγωτού. Επιπλέον, περιέχουν υψηλά επίπεδα ζάχαρης και σταθεροποιητές / γαλακτωματοποιητές, σε σύγκριση με την γιαούρτη, καθότι αυτές οι ενώσεις απαιτούνται κατά την διεργασία της κατάψυξης για να ενσωματωθεί ποσότητα αέρα εντός του προϊόντος (Tamime & Robinson, 2000).

Στις περισσότερες χώρες, το παγωτό γιαούρτη δεν έχει εθνικά πρότυπα για την ταυτοποίησή του, αναφορικά με τη χημική σύσταση, το ελάχιστο ποσοστό γιαούρτης, τη θερμική επεξεργασία του μίγματος του παγωτού πριν την κατάψυξη και τον αριθμό των μικροοργανισμών στο τελικό προϊόν. Στην Ολλανδία τα πρότυπα για το παγωτό γιαούρτη ορίζουν ότι αυτό θα πρέπει να περιέχει ένα ελάχιστο ποσοστό γιαούρτης $\geq 70\%$ και να έχει $\text{pH} < 5$. Ωστόσο, στις ΗΠΑ οι καταναλωτές προτιμούν το παγωτό γιαούρτη να έχει υψηλότερο pH (Tamime & Robinson, 2000).

Στον Πίνακα 2.3. παρουσιάζεται η χημική σύσταση για καθεμία από τις ανωτέρω κατηγορίες παγωτού γιαούρτης.

Πίνακας 2.3: Η προτεινόμενη χημική σύσταση (g/100 g) των μιγμάτων παγωτού γιαούρτης (Tetra Pack, 1995).

Συστατικά	Παγωτό γιαούρτη		
	Μαλακό	Σκληρό	Μους
Λίπος	2 – 6	2 – 6	3
Στερεά γάλακτος άνευ λίπους	5 – 10	5 – 14	12
Ζάχαρη	8 – 20	8 – 16	8
Σταθεροποιητές / Γαλακτωματοποιητές	0,2 – 1,0	0,2 – 1,0	2,4
% Διόγκωση	50 – 60	70 – 80	90

2.3.2. Τεχνολογία παρασκευής

Το παγωτό γιαούρτη μπορεί να παρασκευαστεί με δύο τρόπους: είτε γιαούρτη αναμιγνύεται με το μίγμα του παγωτού είτε το μίγμα του παγωτού ζυμώνεται με την προσθήκη των μικροοργανισμών της γιαούρτης, προτού υπάρξει περαιτέρω επεξεργασία (Tetra Pack, 1995).

2.3.2.1. Προσθήκη γιαούρτης στο μίγμα του παγωτού

Προϊόν με ζωντανούς μικροοργανισμούς μπορεί να παρασκευαστεί με την προσθήκη υψηλών (40 – 70 g/100 g προϊόντος) ή χαμηλών (< 40 g/100 g προϊόντος) ποσοτήτων γιαούρτης στο μίγμα του παγωτού. Εναλλακτικά, αποξηραμένη σκόνη γιαούρτης με ζωντανά βακτήρια μπορεί να αξιοποιηθεί στη θέση του νωπού υγρού προϊόντος. Επίσης, συμπυκνωμένη αρχική καλλιέργεια γιαούρτης μπορεί να προστεθεί στο μίγμα για να ζυμωθεί το μίγμα του παγωτού ή απλώς για να ενσωματωθούν ζωντανά βακτήρια στην σύνθεση, ώστε να συνάδει η παραγωγή του προϊόντος με το πρότυπο της ταυτοποίησης του παγωτού γιαούρτης (Tamime, 2006).

Το παγωτό γιαούρτη που παράγεται με 40 – 70 g/100 g γιαούρτης έχει χαμηλό pH και ιδιαίτερα όξινη γεύση, σε αντίθεση με το προϊόν που παρασκευάζεται με ποσότητα

γιαούρτης < 40 g/100 g. Το ποσοστό των συνολικών στερεών των περισσότερων εμπορικών προϊόντων φυσικής γιαούρτης κυμαίνεται μεταξύ των 12 και 15 g/100 g προϊόντος και είναι αρκετά μικρότερο εν συγκρίσει με αυτό του τυπικού μίγματος παγωτού. Συνεπώς, η χρησιμοποιούμενη γιαούρτη πρέπει να είναι επαρκώς συμπυκνωμένη ώστε να επιτευχθεί το επιθυμητό επίπεδο στερεών στο τελικό προϊόν (Tamime, 2006).

Το παγωτό γιαούρτη παρασκευασμένο με υψηλό ποσοστό γιαούρτης είναι κατάλληλο για ανάμιξη με φρούτα. Το επίπεδο οξύτητας της γιαούρτης και η ακεταλδεΐδη που περιέχεται σε αυτήν είναι εξαιρετικά συμβατά με τις περισσότερες γεύσεις φρούτων. Σε μερικές περιπτώσεις, το επίπεδο του pH ρυθμίζεται με την προσθήκη γαλακτικού ή κιτρικού οξέος, διεργασία που πρέπει να πραγματοποιηθεί αμέσως πριν την κατάψυξη. Αρωματικές ύλες συχνά προστίθενται στο μίγμα μαζί με τους χυμούς φρούτων και/ή τα συμπυκνώματα φρούτων πριν την κατάψυξη για να επιτευχθεί μία καλά ισορροπημένη γεύση φρούτου στο παγωτό γιαούρτη. Όσον αφορά τα σάκχαρα, η σουκρόζη είναι ο κύριος παράγοντας που ελέγχει την Ταπείνωση του Σημείου Πήξεως (ΤΣΠ) στα παγωμένα επιδόρπια. Για να βελτιωθεί η γεύση και η υφή του παγωμένου προϊόντος, η συνολική περιεκτικότητα σε ζάχαρη πρέπει να είναι υψηλότερη από αυτήν του παγωτού. Ανεπαρκή επίπεδα ζάχαρης θα μειώσουν την ΤΣΠ και αυτό θα οδηγήσει σε μία εύθραυστη και τραχεία δομή (Tamime, 2006).

Παγωτό γιαούρτη που περιέχει ποσότητα γιαούρτης < 40 g/100 g προϊόντος θα έχει αυξημένη τιμή pH και μειωμένο άρωμα γιαούρτης εν συγκρίσει με ένα αντίστοιχο προϊόν που παράγεται με υψηλότερο επίπεδο γιαούρτης (Tamime, 2006).

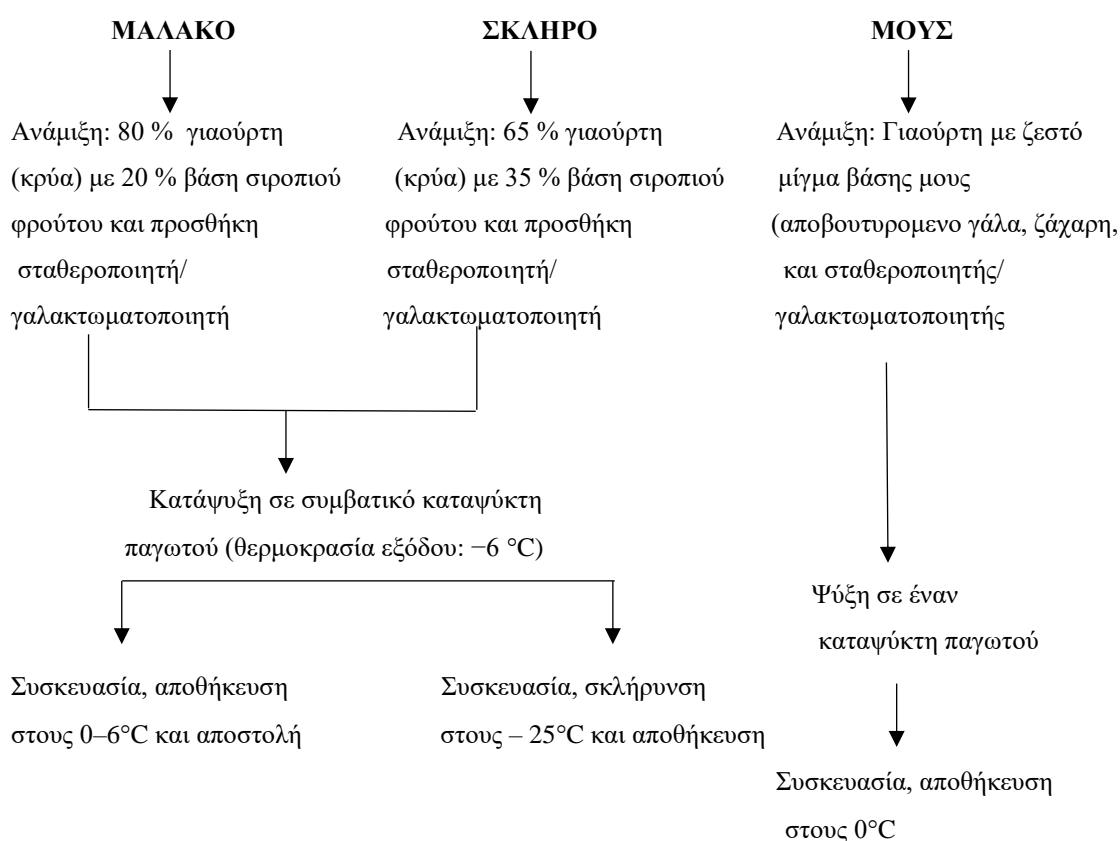
Μετά την προσθήκη της γιαούρτης στο μίγμα του παγωτού, το οποίο έχει ήδη παστεριωθεί, ακολουθείται η διαδικασία που περιγράφηκε στην παραγωγή του παγωτού (Marshall, 2002). Στο Σχήμα 2.1 συνοψίζεται η τεχνολογία παραγωγής των τριών κατηγοριών παγωτού γιαούρτη (μαλακό, σκληρό και μους παγωτό γιαούρτη).

Παγωτό γιαούρτη χωρίς ζωντανά βακτήρια

Μία εναλλακτική τεχνική απλοποίησης της παρασκευής του παγωτού γιαούρτης είναι η θέρμανση του μίγματος, που περιέχει τους ζωντανούς οργανισμούς της γιαούρτης, πριν την ωρίμανση και την κατάψυξη. Πάνω από το 80% της γιαούρτης μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο μίγμα, ωστόσο το χαμηλό pH της γιαούρτης και η εφαρμογή της θέρμανσης ενδεχομένως θα προκαλέσει την καθίζηση των πρωτεϊνών του γάλακτος, ιδιαίτερα εάν προστεθεί στο μίγμα πρόσθετη σκόνη αποβουτυρωμένου γάλακτος.

Θέρμανση του μίγματος σε χαμηλότερη θερμοκρασία (για παράδειγμα στους 75°C για λίγα δευτερόλεπτα) μπορεί να διασφαλίζει τη μικροβιολογική ασφάλεια του προϊόντος. Επιπλέον, ελαφρά υψηλότερες ποσότητες γαλακτωματοποιητή και σταθεροποιητή πρέπει να προστεθούν στο μίγμα σε σύγκριση με το συμβατικό παγωτό (Tamime, 2006).

ΠΑΓΩΤΟ ΓΙΑΟΥΡΤΗ



Σχήμα 2.1: Τεχνολογία παρασκευής της μαλακής και σκληρής παγωμένης γιαούρτης και της γιαούρτης μους (Tamime & Robinson, 2000).

2.3.2.2. Άμεση ζύμωση του μίγματος παγωτού

Αντί να προστεθεί γιαούρτη στο μίγμα του παγωτού, είναι δυνατή η ζύμωση του μίγματος με την χρήση μίας αρχικής καλλιέργειας μικροοργανισμών. Αυτή η μέθοδος παραγωγής έχει ένα πλεονέκτημα, σε ό,τι αφορά την προώθηση του προϊόντος, γιατί το τελικό προϊόν παρασκευάζεται εξ ολοκλήρου από γιαούρτη. Επιπρόσθετα, η άμεση ζύμωση του μίγματος παγωτού είναι πολύ απλούστερη διεργασία για την παρασκευή

παγωτού γιαούρτης σε σχέση με τη μέθοδο που περιεγράφηκε παραπάνω, διότι απαιτεί λιγότερο εξοπλισμό για την επεξεργασία και οι δεξαμενές ωρίμανσης, μπορούν να αξιοποιηθούν για να επωαστεί το μίγμα στους 42°C (Tamime, 2006).

Εξ αιτίας των υψηλών περιεκτικοτήτων σε ζάχαρη και σε ΣΥΑΛ (συνολικά στερεά 30 – 40 g/100 g προϊόντος), καθώς και της χαμηλής ενεργότητας νερού του μίγματος παγωτού, μόνο πολύ ισχυρές καλλιέργειες εκκίνησης μπορούν να ζυμώσουν το μίγμα, αλλά το ποσοστό εμβολιασμού είναι αρκετά μεγαλύτερος (3 – 5 φορές) από αυτόν της συμβατικής γιαούρτης. Όμως, παρά το υψηλό ποσοστό εμβολιασμού, ο χρόνος ζύμωσης παραμένει ακόμη πολύ μεγάλος και η οξύτητα και το άρωμα είναι λιγότερο έντονα σε σύγκριση με την προσθήκη γιαούρτης στο μίγμα παγωτού. Εκτός των άλλων, τα περισσότερα μίγματα σταθεροποιητών για το παγωτό θα περιέχουν γαλακτωματοποιητές, οι οποίοι περιορίζουν την ανάπτυξη της αρχικής καλλιέργειας. Είναι επομένως απαραίτητο να χρησιμοποιηθεί ένα μίγμα σταθεροποιητών με λίγους ή ειδικά επιλεγμένους γαλακτωματοποιητές (Tamime, 2006).

Το μίγμα, ενισχυμένο με τον κατάλληλο σταθεροποιητή και γαλακτωματοποιητή, παρασκευάζεται ουσιαστικά με τον ίδιο τρόπο που παρασκευάζεται η συμβατική γιαούρτη. Σε γενικές γραμμές η διεργασία παρασκευής περιλαμβάνει την απαέρωση των πρώτων υλών, οι οποίες έχουν αναμιχθεί μεταξύ τους, και την ομογενοποίηση αυτών στους 70°C πριν παστεριωθούν σε έναν εναλλάκτη θερμότητας στους 90°C για 5 min. Έπειτα από την ψύξη στους 43°C, το μίγμα μεταφέρεται στις δεξαμενές επώασης, στις οποίες προστίθεται περίπου 4 – 6 % καλλιέργεια εκκίνησης. Ο χρόνος επώασης του μίγματος είναι αισθητά μεγαλύτερος σε σχέση με αυτόν που απαιτεί η παραγωγή της τυπικής γιαούρτης. Αυτό οφείλεται στο ότι το μίγμα της γιαούρτης περιέχει αρκετά περισσότερους υδατάνθρακες απ' ό,τι η κανονική γιαούρτη. Ένας χρόνος επώασης των 7 – 8 ωρών απαιτείται για ένα επίπεδο σακχαρόζης του 10 – 12%, ώστε να επιτευχθεί η χαρακτηριστική οξύτητα της γιαούρτης, η οποία υφίσταται σε pH 4,5. Όταν το απαιτούμενο pH έχει επιτευχθεί, το μίγμα της γιαούρτης ψύχεται σε έναν εναλλάκτη θερμότητας για να σταματήσει η διεργασία της ζύμωσης. Αρωματικές ύλες και ζάχαρη μπορούν να προστεθούν σε αυτό το στάδιο και πριν μεταφερθεί το μίγμα για ωρίμανση. Ακολουθείται η διαδικασία που περιγράφηκε στην παραγωγή του παγωτού (Tetra Pack, 1995).

Μίγματα παγωτού χωρίς ζύμωση

Σε μερικές χώρες, μία προσέγγιση που δύναται να χρησιμοποιηθεί κατά την παρασκευή του παγωτού γιαούρτης στηρίζεται απλώς στην προσθήκη αρχικών καλλιεργειών στο παγωτό, ώστε αυτό να πληροί το πρότυπο ταυτοποίησης του προϊόντος και στην ακόλουθη ψύξη του μίγματος. Αυτή η μέθοδος παραγωγής απλοποιεί την διεργασία συγκρινόμενη με την ζύμωση του μίγματος παγωτού ή την προσθήκη γιαούρτης. Εντούτοις, το προϊόν στερείται την πραγματική γεύση της γιαούρτης (Tamime, 2006).

Σε μερικά πρότυπα της παγωμένης γιαούρτης, απαιτείται ένας ελάχιστος αριθμός κυττάρων των αρχικών καλλιεργειών. Ωστόσο, περιορισμένος βαθμός θανάτωσης των στελεχών στην περίοδο αποθήκευσης δεν μπορεί να αποφευχθεί, ιδίως εφόσον η θερμοκρασία αποθήκευσης εμφανίζει διακυμάνσεις. Για αυτό και συνιστάται η προσθήκη των αρχικών καλλιεργειών να γίνεται στο μίγμα αμέσως πριν το στάδιο της κατάψυξης ή οι καλλιέργειες να αναμιγνύονται εντός του ημι-κατεψυγμένου προϊόντος. Επιπλέον, προβιοτικοί οργανισμοί μπορούν να προστεθούν στο μίγμα του παγωτού μαζί με την αρχική καλλιέργεια (Tamime, 2006)

2.4. Ρόδι

Το ρόδι χρησιμοποιείται σε διαφορετικές μορφές, όπως ως φρέσκος χυμός, ως φρέσκο φρούτο και ως συμπυκνωμένος χυμός σε προϊόντα όπως το τσάι, φαρμακευτικά και ιατρικά προϊόντα, βαφές κ.ά. Επιπρόσθετα, αξιοποιείται στην παραγωγή ζελέδων, οίνου, μαρμελάδας, διαφόρων ροφημάτων και άλλων προϊόντων (Karimi et al., 2017).

2.4.1. Χημική σύσταση

Το ρόδι αποτελείται από τρία τμήματα (Karimi et al., 2017):

- Οι σπόροι αποτελούν περίπου το 30% του βάρους του καρπού. Το τμήμα αυτό αποτελείται κυρίως από σάκχαρα, βιταμίνες, πολυσακχαρίτες, πολυφαινόλες, μεταλλικά στοιχεία και μία μικρή ποσότητα ελαίου, που περιέχει πολυακόρεστα λιπαρά οξέα. Επίσης, έχουν μεγάλη περιεκτικότητα σε ταννικό οξύ.
- Περίπου το 30% του βάρους του καρπού αποτελεί ο χυμός, που είναι καλή πηγή καλίου, φωσφόρου, ασβεστίου, σιδήρου, μαγγανίου, ψευδαργύρου και χαλκού. Παράλληλα, είναι πλούσιος σε ανθοκυανίνες. Περίπου το 90% της

αντιοξειδωτικής δράσης του ροδιού οφείλεται στην ελλαγιταννίνη. Η πουνικαλαγίνη είναι η επικρατέστερη εκ των ελλαγιταννινών στο χυμό του ροδιού. Ο χυμός περιέχει τις μεγαλύτερες ποσότητες αντιοξειδωτικών συστατικών, οι οποίες πιθανώς είναι περίπου τρεις φορές υψηλότερες από τα επίπεδα αντιοξειδωτικών στο κόκκινο κρασί και το πράσινο τσάι.

- Η φλούδα αποτελεί το 26 – 30% του συνολικού βάρους του καρπού. Περιέχει υψηλή ποσότητα πολυφαινολικών ενώσεων, όπως ανθοκυανίνες, γλυκοσίδια του ελλαγικού οξέος, ελεύθερο ελλαγικό οξύ, ελλαγιταννίνες, πουνικαλαγίνες, πουνικαλίνες και γαλλοταννίνες. Το εκχύλισμα της φλούδας του ροδιού είναι άφθονο σε φαινολικά συστατικά, φλαβονοϊδή και ταννίνες.

Το τμήμα του καρπού, που είναι κατάλληλο για την ανθρώπινη κατανάλωση, είναι το περικάρπιο, το οποίο αποτελεί περίπου το 52% του συνολικού βάρους του καρπού και συνίσταται σε 78% χυμό και 22% σπόρους. Η ανάλυση δεδομένων, που αποκτήθηκαν από ερευνητές, έδειξε ότι το περικάρπιο περιέχει πρωτεΐνες, υδατάνθρακες, μεταλλικά στοιχεία και βιταμίνες. Χημικές ενώσεις, όπως ελλαγιταννίνες και γαλλοταννίνες βρίσκονται επίσης στα φύλλα και στον φλοιό του φυτού (Karimi et al., 2017).

Σε γενικές γραμμές, το ρόδι περιέχει φαινολικά συστατικά, ανθοκυανίνες και βιταμίνη C, συστατικά τα οποία του προσδίδουν θρεπτική και θεραπευτική επίδραση στον άνθρωπο. Είναι, επιπλέον, εξαιρετικά θρεπτικό φρούτο, καθώς αποτελείται κυρίως από σάκχαρα, οξέα, βιταμίνες, πολυσακχαρίτες, πολυφαινόλες, μεταλλικά στοιχεία και πρωτεΐνες. Όμως, παρά την πληθώρα των ενώσεων, τα κύρια συστατικά του αποτελούν οι πρωτεΐνες, τα σάκχαρα και τα μέταλλα. Τέλος, περίπου το 85,4% του φρέσκου χυμού είναι νερό (Karimi et al., 2017).

2.4.2. Διατροφική και θεραπευτική αξία

Τα φυσικά αντιοξειδωτικά έχουν διαμορφώσει νέες προοπτικές για την αντιμετώπιση ασθενειών, που προκαλούνται από το οξειδωτικό στρες, όπως η νόσος του Αλτσχάιμερ. Αντιοξειδωτικές και αντικαρκινικές ιδιότητες, καθώς επίσης και ιδιότητες που ενισχύουν το ανοσοποιητικό σύστημα αποτελούν τα μεγάλα προτερήματα του ροδιού, ως φρούτου. Το ρόδι διαθέτει μεγάλες ποσότητες φαινολικών ενώσεων, οι οποίες είναι αποτελεσματικές στην αντιμετώπιση εγκεφαλοαγγειακών και καρδιαγγειακών ασθενειών. Οι αντιοξειδωτικές και αντικαρκινικές ιδιότητες των ταννινών του φλοιού του ροδιού και η αντιοξειδωτική δραστηριότητα του ζυμωμένου χυμού ροδιού έχουν επίσης αναφερθεί (Karimi et al., 2017).

2.5. Μέλι

Την κατανάλωση του μελιού χαρακτηρίζει μία μεγάλη ιστορική πορεία. Έχει χρησιμοποιηθεί σε αναρίθμητα τρόφιμα και ροφήματα ως γλυκαντικός και αρωματικός παράγοντας. Από τους αρχαίους χρόνους, ήταν γνωστό το μέλι για την θρεπτική και θεραπευτική του αξία. Σήμερα, παράγεται σε όλον τον κόσμο. Η παγκόσμια παραγωγή του τροφίμου αυτού είναι κατά προσέγγιση 1,2 εκατομμύρια τόνοι ετησίως. Οι κύριες χώρες – παραγωγοί του μελιού είναι η Κίνα, η Τουρκία, η Αργεντινή, η Ουκρανία, το Μεξικό και οι ΗΠΑ. Το σημαντικότερο συστατικό του μελιού είναι οι υδατάνθρακες, οι οποίοι βρίσκονται στη μορφή των μονοσακχαριτών, δηλαδή της φρουκτόζης και της γλυκόζης και σε αυτήν των δισακχαριτών, δηλαδή της μαλτόζης, της ισομαλτόζης, της μαλτουλόζης, και της τουρανόζης και η γλυκύτητα του μελιού οφείλεται στην παρουσία αυτών των συστατικών. Επιπλέον, περιέχει ολιγοσακχαρίτες, περιλαμβανομένων της ανδρόζης και της πανόζης και ένζυμα, περιλαμβανομένων της αμυλάσης, της υπεροξειδάσης, της καταλάσης και της όξινης φωσφατάσης. Πέραν αυτού, το μέλι περιέχει αμινοξέα, ίχνη της βιταμίνης Β, βιταμίνη Β₆, βιταμίνη C, νιασίνη, φολικό οξύ, μεταλλικά στοιχεία, σίδηρο, ψευδάργυρο και αντιοξειδωτικές ενώσεις. Συνήθως, το μέλι χρησιμοποιείται ως αντιφλεγμονώδης, αντιοξειδωτικός και αντιβακτηριακός παράγοντας (Al – Asiri et al., 2017).

Υπάρχουν περίπου 320 διαφορετικοί τύποι μελιού, οι οποίοι προέρχονται από διάφορες πηγές φυτών. Το άρωμα, το χρώμα και η οσμή ενός συγκεκριμένου τύπου μελιού εξαρτώνται από τις διάφορες υγρές μορφές πηγές των ανθών και των φυτών που επισκέπτεται η μέλισσα. Ποικίλοι τύποι μελιού δύνανται να συγκριθούν, σε ό,τι αφορά την θερμοκρασία, την βροχόπτωση και τις εποχικές και κλιματικές μεταβολές. Το χρώμα του μελιού κυμαίνεται από ανοιχτό καφέ έως σκούρο καφέ (Al – Asiri et.al., 2017).

2.5.1. Βιολογικές βιοδραστικές ενώσεις

Το μέλι έχει διάφορες σημαντικές βιολογικές βιοδραστικές ενώσεις, συμπεριλαμβανομένων των βιταμινών Α, Ε, Κ, Β₁, Β₂, Β₆, νιασίνης, βιταμίνης C, παντοθενικού οξέος, φαινολικών ενώσεων, φλαβονοϊδών και λιπαρών οξέων (π.χ. γλυκονικό οξύ κ.ά.). Ακόμη, περιέχει τις ενώσεις απιγενίνη, πινοκεμβρίνη, ακακετίνη, αμπικικό οξύ και φερουλικό οξύ. Μερικά αμινοξέα φυσιολογικής σημασίας είναι η αργινίνη, η κυστεΐνη, το γλουταμινικό οξύ, το ασπαρτικό οξύ και η προλίνη. Πέραν αυτού, το μέλι περιέχει διάφορα ποσοστά φλαβονοϊδών, φαινολικών, αμινοξέων,

πρωτεϊνών, ασκορβικού οξέος και καροτενοϊδών και διαθέτει αντιμικροβιακές και αντιοξειδωτικές ιδιότητες, γεγονός που εξαρτάται από τον καιρό και τις γεωγραφικές συνθήκες (Al – Asiri et al., 2017).

2.5.2. Μέλι και ανθρώπινη υγεία

Η βιβλιογραφία αναφέρει ότι το μέλι περιέχει δραστικούς αντιοξειδωτικούς παράγοντες. Επίσης, ο ρόλος του μελιού εξαρτάται από τη σύσταση του και την γεωγραφική του προέλευση. Ως αντιοξειδωτικό, το μέλι διαθέτει πολυάριθμες προληπτικές ιδιότητες απέναντι σε πολλές κλινικές καταστάσεις, όπως αντιφλεγμονώδεις διαταραχές, την στεφανιαία νόσο, την νευρολογική επιδείνωση, την γήρανση και τον καρκίνο (Al – Asiri et al., 2017)

Το μέλι έχει χαμηλό pH και η υψηλή οσμωτικότητα, συνδυασμένη με την ενζυμική σύνθεση του υπεροξειδίου του υδρογόνου, παρέχει αντιμικροβιακό αποτέλεσμα. Εκτός των άλλων, ορισμένα είδη μελιού έχουν αντιμικροβιακή δράση, που ασκείται σε ένα ευρύ φάσμα, κατά των παθογόνων βακτηρίων που ανθίστανται στα αντιβιοτικά. Οι Julie et al. (2011) βρήκαν ότι το μέλι έχει δυναμικές κλινικής φύσης ιδιότητες και ασκεί αντιβακτηριακή δράση, σε ένα εκτεταμένο εύρος, ενώ επιτρέπει πιθανή θεραπευτική χρήση. Η αντιβακτηριακή δράση οφείλεται κυρίως στο υπεροξείδιο του υδρογόνου, το οποίο σχηματίζεται από την οξειδάση της γλυκόζης, ένζυμο που βρίσκεται στην μέλισσα (Al – Asiri et al., 2017).

Φαίνεται πως το μέλι έχει εξαιρετικό προφίλ «ασφαλείας» και ωφέλιμη επίδραση στην αποτροπή του βήχα. Οι Paul et al. (2007) ανέφεραν βελτίωση των κλινικών συμπτωμάτων μεταξύ διαφόρων ομάδων θεραπείας και της χρήσης μελιού (Al – Asiri et al., 2017).

Η θεραπευτική αυτή ιδιότητα του μελιού οφείλεται κυρίως στην αντιβακτηριακή του δράση και έγκειται στην διατήρηση της συνθήκης του υγρού τραύματος. Παράλληλα, οφείλεται στο υψηλό ιξώδες, που βοηθά στην διαμόρφωση ενός προστατευτικού φραγμού, για να αποτραπεί η μόλυνση. Επιπρόσθετα, το μέλι ενισχύει την επικόλληση των δερματικών μοσχευμάτων και έχει αντιβακτηριακή και αντιφλεγμονώδη επίδραση με υψηλό βαθμό θεραπείας (Al – Asiri et al., 2017).

Είναι εδραιωμένη η πεποίθηση ότι οι μονο-άνθινοι τύποι μελιού έχουν ποικίλα ποσοστά φρουκτόζης και διάφορες αναλογίες φρουκτόζης και γλυκόζης. Οι τύποι μελιού με χαμηλό γλυκαιμικό δείκτη (GI) έχουν μεγαλύτερη αξία συγκρινόμενοι με τους τύπους που έχουν υψηλό GI. Έτσι, η λήψη μελιού με χαμηλό GI, όπως αυτό της

ακακίας, έχει επωφελείς φυσιολογικές επιδράσεις και δύναται το μέλι αυτό να χρησιμοποιηθεί από ασθενείς που έχουν προβληματική ενδοκρινική λειτουργία (Al – Asiri et al., 2017).

Το μέλι έχει συσταθεί σε άνδρες με προβλήματα ανικανότητας και σε γυναίκες με προβλήματα που σχετίζονται με την αγωνία, περιλαμβανομένης της ασταθούς ωορρηξίας. Επίσης, είναι γνωστό ότι το μέλι είναι πλούσιο σε βιταμίνη Β, μία σημαντική ουσία που απαιτείται για την παραγωγή της τεστοστερόνης (Al – Asiri et al., 2017).

2.6. Μελέτη της ρεολογικής συμπεριφοράς της παγωμένης γιαούρτης

2.6.1. Ρεολογία

Η ρεολογία είναι ο κλάδος της επιστήμης που μελετά τη δομή των υλικών υποβάλλοντάς 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) (Steffe, 1996).

Οι ρεολογικές ιδιότητες περιγράφουν την συμπεριφορά συγκεκριμένων τροφίμων και την αντίληψη που έχει ο άνθρωπος για αυτά. Αυτό συμβαίνει είτε κατά την επαφή με το τρόφιμο είτε όταν βρίσκεται αυτό στο στόμα. Τέτοιες ιδιότητες δεν εξαρτώνται μόνο από την ροή αλλά ακόμη από τα στερεά σωματίδια που βρίσκονται εντός του τροφίμου (Belitz et. al., 2009; Adebowale, 2012).

Η ρεολογία είναι σημαντική σε πολλές πτυχές της παραγωγής των τροφίμων και της κατανάλωσής τους από τον άνθρωπο. Εμπλέκει τα φυσικά χαρακτηριστικά των υγρών και ημιστερεών τροφών, την μηχανική και τον σχεδιασμό της επεξεργασίας, την ανάπτυξη νέων προϊόντων και την δοκιμή αυτών, περιλαμβανομένων των οργανοληπτικών τους ιδιοτήτων (Vaclavik & Christian, 2014).

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 παγωτό γιαούρτη, όταν καταναλώνεται λιώνει στο στόμα, το προϊόν θεωρείται ως ρευστό, οπότε για τη μελέτη της ρεολογικής συμπεριφοράς του είναι δυνατόν να προσδιοριστεί το ιξώδες του. Επίσης, για τη μελέτη των ρεολογικών ιδιοτήτων του παγωτού γιαούρτη μπορούν να εφαρμοστούν και οι δοκιμές μικρής παραμόρφωσης, οι οποίες θα δώσουν πληροφορίες τον ιξωδοελαστικό χαρακτήρα του προϊόντος (Dogan, 2011).

Στις δοκιμές μικρής παραμόρφωσης το υλικό μπορεί να συμπεσθεί στα όρια της γραμμικής του ελαστικότητας (Steffe, 1996), δηλαδή να θραυσθεί 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 τη μελέτη του ιξωδοελαστικού χαρακτήρα του παγωτού γιαούρτη θα περιγραφεί η δυναμική δοκιμή.

2.6.2. Δυναμική δοκιμή

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 γ σε συνάρτηση με το χρόνο t δίνεται από τη σχέση:

$$\gamma = \gamma_0 \sin(\omega t) \quad (1)$$

όπου γ_0 είναι το πλάτος της παραμόρφωσης και ω είναι η συχνότητα σε rad/s.

Οπότε, στη περίπτωση αυτή ο περιοδικός ρυθμός διάτμησης προκύπτει από τη σχέση (1) ως παράγωγος της παραμόρφωσης:

$$\frac{d\gamma}{dt} = \dot{\gamma} = \frac{d(\gamma_0 \sin(\omega t))}{dt} \quad (2)$$

η οποία μετατρέπεται σε:

$$\dot{\gamma} = \gamma_0 \omega \cos(\omega t) \quad (3)$$

Για παραμορφώσεις εντός των ορίων της γραμμικής ελαστικότητας κατά την προαναφερθείσα παραμόρφωση αναπτύσσεται η ακόλουθη διατμητική τάση σ :

$$\sigma = \sigma_o \sin(\omega t + \delta) \quad (4)$$

όπου σ_o είναι το πλάτος της διατμητικής τάσης και δ είναι η καθυστέρηση φάσης ή μετατόπιση φάσης. Αν αμφότεροι οι όροι της εξίσωσης διαιρεθούν με γ_o προκύπτει

$$\frac{\sigma}{\gamma_o} = \left[\frac{\sigma_o}{\gamma_o} \right] \sin(\omega t + \delta) \quad (5)$$

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

$$\sigma = G' \gamma + (G''/\omega) \dot{\gamma} \quad (6)$$

και

$$G'' = \left[\frac{\sigma_o}{\gamma_o} \right] \sin(\delta) \quad (7)$$

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° εκτός φάσης με τη παραμόρφωση. Άλλες παράμετροι περιλαμβάνουν το μιγαδικό συντελεστή (complex modulus, G^*):

$$G^* = \left[\frac{\sigma_o}{\gamma_o} \right] = \sqrt{(G')^2 + (G'')^2} \quad (8)$$

και το μιγαδικό ιξώδες η^* (complex viscosity):

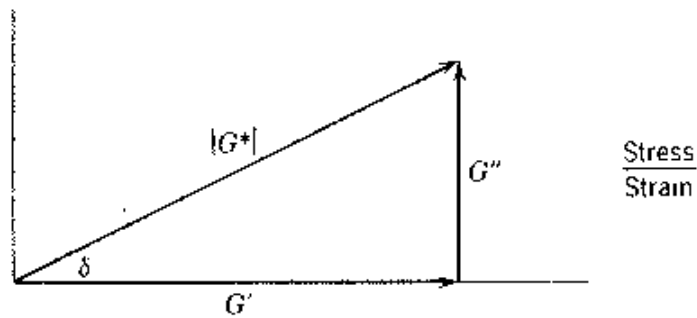
$$\eta^* = \frac{G^*}{\omega} = \sqrt{(\eta')^2 + (\eta'')^2} \quad (9)$$

όπου, η' είναι το δυναμικό ιξώδες και η'' είναι το εκτός φάσης μέρος του η^* .

Μια άλλη παράμετρος που συχνά χρησιμοποιείται είναι η εφαπτομένη της γωνίας δ που επίσης είναι συνάρτηση της συχνότητας:

$$\tan \delta = \frac{G''}{G'} \quad (10)$$

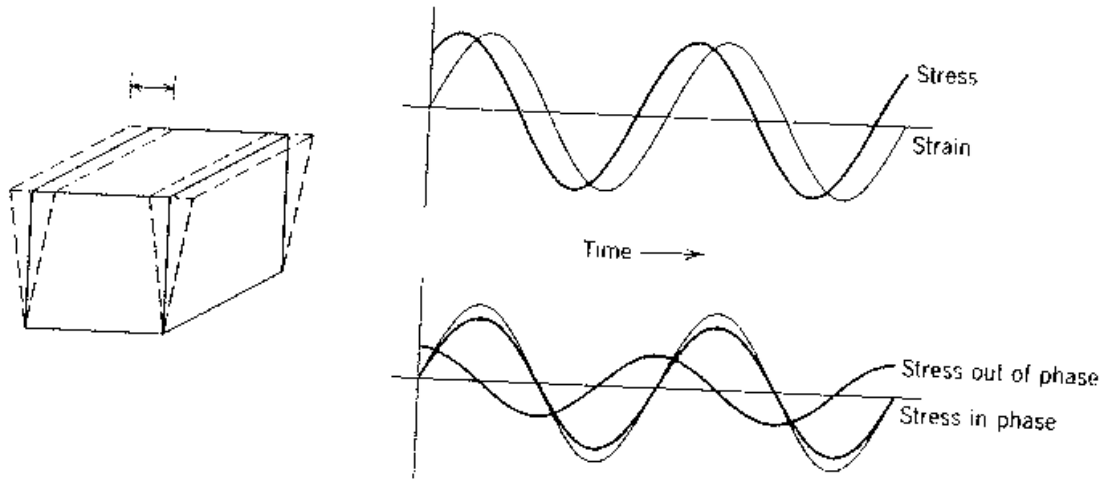
Η παράμετρος αυτή εκφράζει το λόγο της απώλειας ενέργειας ανά κύκλο ταλάντωσης προς την ενέργεια που αποθηκεύεται, ανά κύκλο ταλάντωσης (Σχήμα 2.2).



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 δ ($\tan\delta$).

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 δ έχει τιμή μηδέν. Οπότε G'' και η' 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° . Σε αυτή την περίπτωση το G' και το η'' είναι μηδέν γιατί το υλικό δεν έχει την ιδιότητα να αποθηκεύει ενέργεια. Οπότε, το η' 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).

2.6.3 Προσδιορισμός ιξώδους

Η πιο σημαντική φυσική ιδιότητα ενός ρευστού που επηρεάζει την ενεργειακή απώλεια που υφίσταται το ρευστό κατά την 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 δυο παράλληλα επίπεδα στη μάζα ενός ρευστού κινούνται το ένα σχετικά με το άλλο, έχει βρεθεί ότι μια σταθερή δύναμη θα πρέπει να εξασκείται ώστε να διατηρείται μια σταθερή σχετική πίεση. Αν τα επίπεδα βρίσκονται σε απόσταση z το ένα από το άλλο και αν η σχετική τους ταχύτητα είναι u , τότε η δύναμη F που απαιτείται για να διατηρήσει την κίνηση έχει βρεθεί πειραματικά να είναι ανάλογη της u και αντίστροφα ανάλογη της Z για πολλά ρευστά. Ο συντελεστής αναλογίας ονομάζεται ιξώδες του ρευστού και συμβολίζεται ως η . Από τον ορισμό του ιξώδους έχουμε:

$$\frac{F}{A} = \eta \times \frac{u}{Z} \quad (11)$$

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

Από τον θεμελιώδη ορισμό του ιξώδους προκύπτει η διαφορική σχέση:

$$\frac{F}{A} = \eta \times \frac{du}{dZ} \quad (12)$$

η οποία μπορεί να γραφεί ως:

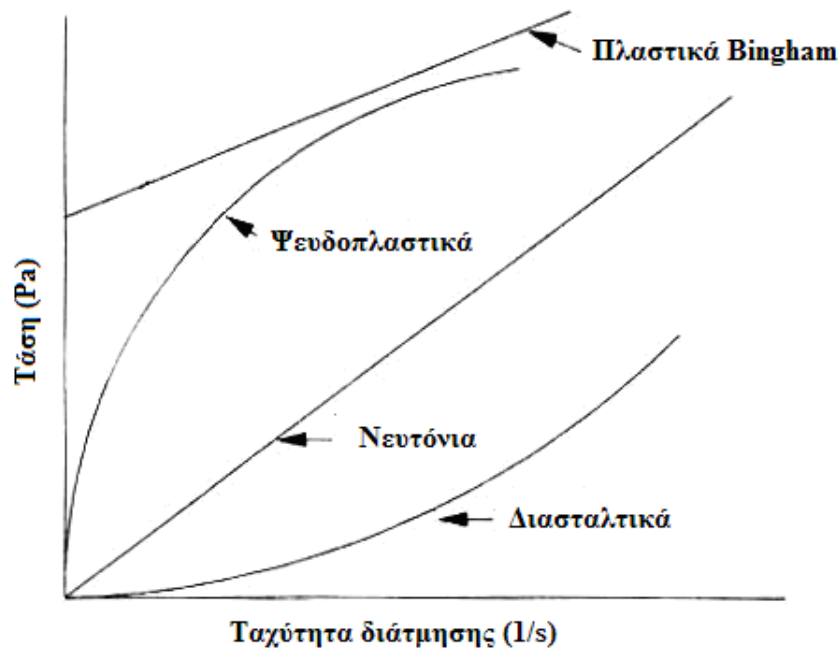
$$\tau = \eta \times \dot{\gamma} \quad (13)$$

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

$$\tau = \tau_0 + k \times \dot{\gamma}^n \quad (14)$$

που ονομάζεται γενική εξίσωση του εκθετικού νόμου (power law) και όπου το k είναι ο συντελεστής συνεκτικότητας, n ο δείκτης ρεολογικής συμπεριφοράς και τ_0 η τάση διαρροής, η οποία απαιτείται σε ορισμένα υγρά για να αρχίσουν να ρέουν. Όταν ο εκθέτης έχει τιμή 1 και $\tau_0 = 0$ τότε το ρευστό ονομάζεται Νευτώνειο, γιατί υπακούει στο νομό του Νεύτωνα. Σε διαφορετική περίπτωση το ρευστό ονομάζεται μη-Νευτώνειο. Γραφικά οι αποκλίσεις από το νόμο του Νεύτωνα παρίστανται στην 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 του ρυθμού διάτμησης και όσο αυξάνει ο ρυθμός διάτμησης τόσο το ιξώδες ελαττώνεται. Αντίθετα αν $n > 1$ και $\tau_0 = 0$ τότε το ρευστό ονομάζεται διασταλτικό, που σημαίνει ότι σε χαμηλές τιμές του ρυθμού διάτμησης το ιξώδες είναι χαμηλό και όσο αυξάνει ο ρυθμός διάτμησης τόσο αυξάνει και το ιξώδες. Τέλος, αν $n = 1$ και $\tau_0 > 0$ τα ρευστά ονομάζονται Bingham (Darby, 1996).

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



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

2.7. Πειράματα μίξης

Τα πειράματα μίξης αποτελούν επέκταση της εφαρμογής των πολυωνυμικών μοντέλων και της πολλαπλής παλινδρόμησης. Σε αυτά μελετώνται τα συστατικά ενός μίγματος, γνωστά και ως μεταβλητές ή παράγοντες διεργασίας, τα επίπεδα των οποίων δεν είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους (Πετρίδης, 2016).

Αν $x_1, x_2 \dots x_p$ είναι οι αναλογίες ή ποσοστά των συστατικών σε ένα σύνολο μίξεων, τότε θα ισχύει $0 \leq x_i \leq 1$, όπου $i = 1, 2 \dots p$ συστατικά και $x_1 + x_2 + \dots + x_p = 1$ (ή 100 %). Όταν τα συστατικά είναι δύο, η πειραματική περιοχή ή αλλιώς ο χώρος των συστατικών ορίζεται από ευθεία γραμμή, με τις αναλογίες κάθε συστατικού να παίρνουν τιμές ακριβώς 0 και 1. Όταν τα συστατικά είναι τρία, ο πειραματικός χώρος ορίζεται από ένα ισόπλευρο τρίγωνο ή τρίγραμμο. Το σύστημα των συντεταγμένων των αναλογιών μίξης ονομάζεται σχέδιο simplex (Πετρίδης, 2016).

Τα σχέδια simplex χρησιμοποιούνται ευρέως για την μελέτη της δράσης των συστατικών μίξης σε μία μεταβλητή απόκρισης. Από αυτά δύο είναι τα δημοφιλέστερα: Α) Το **απλοποιημένο** ή **simplex διάπλεγμα** εκφράζεται από δύο παραμέτρους (p, m), με βάση τις οποίες συνίσταται από p συστατικά με πλήθος m επιπέδων μίξεων ανά συστατικό. Ανάλογα με τον αριθμό των μίξεων m και για αριθμό συστατικών $p = 3$, το απλοποιημένο διάπλεγμα διακρίνεται σε σχέδιο 1^{ου} βαθμού, αν $m = 1$, 2^{ου} βαθμού, αν $m = 2$ και τρίτου βαθμού, εφόσον $m = 3$.

Στο ισόπλευρο τρίγωνο, οι κορυφές αυτού έχουν συντεταγμένες που εκφράζουν καθαρά συστατικά χωρίς μίξεις, ενώ τα ενδιάμεσα σημεία που κείνται στο μέσον των πλευρών αποτελούν διπλές μίξεις, συμμετέχουν δηλαδή μόνο δύο από τα τρία συστατικά. Όταν ο αριθμός των συστατικών p ισούται με 4, ο πειραματικός χώρος εκφράζεται με τετράεδρο.

B) Το **κεντρικό ή κεντροειδές διάπλεγμα** που συνίσταται σε p συστατικά με $2^p - 1$ συντεταγμένες αναλογιών μίξης (σημείων). Χαρακτηρίζεται από m τιμές, κοινές σε όλους τους συνδυασμούς των αναλογιών των συστατικών που φέρονται επί των πλευρών, με εξαίρεση τις κορυφές, όπου εκεί εκφράζουν καθαρά συστατικά μίξης.

Επειδή οι περισσότεροι συνδυασμοί σε αμφότερα τα σχέδια εμφανίζονται στο περίγραμμα της σχεδιαζόμενης περιοχής (πλευρές) και επομένως αποκλείεται η δράση ενός από τα συμμετέχοντα συστατικά ανά πλευρά, εξ αιτίας της σχεδιαστικής αδυναμίας, το πρόβλημα διορθώνεται με την ένταξη νέων συντεταγμένων μέσα στο εσωτερικό της σχεδιαζόμενης πειραματικής περιοχής, έτσι ώστε οι αναλογίες των μίξεων να εκπροσωπούνται απ' όλα τα συστατικά. Τα νέα αυτά σχέδια simplex ονομάζονται **ενισχυμένα** (Πετρίδης, 2016).

Μοντέλα περιγραφής των σχεδίων μίξης

Τα πειράματα μίξης στοχεύουν στην εύρεση της πολυωνυμικής εκείνης εξίσωσης που περιγράφει, με εμπειρικό τρόπο, άριστα την σχέση διαφορετικών επιπέδων μίξης p συστατικών με σκοπό:

- Την πρόβλεψη της απόκρισης που προκαλείται από οποιαδήποτε αναλογία των συστατικών ή συνδυασμό αυτών.
- Τον βαθμό της επίδρασης κάθε συστατικού χωριστά ή και σε συνδυασμό με κάποια από τα υπόλοιπα.

Οι πολυωνυμικές εξισώσεις που περιγράφουν με επιτυχία μεγάλο φάσμα πειραμάτων μίξης, υπόκεινται όλες στον περιορισμό $\sum x_i = 1$ και στην απουσία της παραμέτρου a και είναι οι εξής:

- i) Γραμμική: Για $p = 2$, η γραμμική εξίσωση γράφεται ως $\hat{Y} = \mathbf{b}_1 \cdot \mathbf{x}_1 + \mathbf{b}_2 \cdot \mathbf{x}_2$
- ii) Δευτεροβάθμια: Για $p = 2$, η εξίσωση γράφεται ως $\hat{Y} = \mathbf{b}_1 \cdot \mathbf{x}_1 + \mathbf{b}_2 \cdot \mathbf{x}_2 + \mathbf{b}_{12} \cdot \mathbf{x}_1 \cdot \mathbf{x}_2$
- iii) Τριτοβάθμια ή κυβική
- iv) Ειδική κυβική: Για $p = 3$ θα ισχύει: $\hat{Y} = \mathbf{b}_1 \cdot \mathbf{x}_1 + \mathbf{b}_2 \cdot \mathbf{x}_2 + \mathbf{b}_3 \cdot \mathbf{x}_3 +$

$$\mathbf{b}_{12} \cdot \mathbf{x}_1 \cdot \mathbf{x}_2 + \mathbf{b}_{13} \cdot \mathbf{x}_1 \cdot \mathbf{x}_3 + \mathbf{b}_{23} \cdot \mathbf{x}_2 \cdot \mathbf{x}_3 + \mathbf{b}_{123} \cdot \mathbf{x}_1 \cdot \mathbf{x}_2 \cdot \mathbf{x}_3$$

v) Ειδική τεταρτοβάθμια: Για $p = 3$ θα ισχύει: $\hat{\mathbf{Y}} = \mathbf{b}_1 \cdot \mathbf{x}_1 + \mathbf{b}_2 \cdot \mathbf{x}_2 + \mathbf{b}_3 \cdot \mathbf{x}_3 + \mathbf{b}_{12} \cdot \mathbf{x}_1 \cdot \mathbf{x}_2 + \mathbf{b}_{13} \cdot \mathbf{x}_1 \cdot \mathbf{x}_3 + \mathbf{b}_{23} \cdot \mathbf{x}_2 \cdot \mathbf{x}_3 + \mathbf{b}_{1123} \cdot \mathbf{x}_{21} \cdot \mathbf{x}_2 \cdot \mathbf{x}_3 + \mathbf{b}_{1223} \cdot \mathbf{x}_1 \cdot \mathbf{x}_{22} \cdot \mathbf{x}_3 + \mathbf{b}_{1233} \cdot \mathbf{x}_1 \cdot \mathbf{x}_2 \cdot \mathbf{x}_{23}$

Στις ανωτέρω εξισώσεις, ο συντελεστής b_i αντιπροσωπεύει την αναμενόμενη απόκριση σε καθαρά συστατικά x_i , όταν $x_j = 0$ και $j \neq i$.

Γενικά, στα πειράματα μίξης απαιτούνται συνήθως εξισώσεις υψηλού βαθμού, διότι το φαινόμενο των μίξεων είναι σύνθετο και η πειραματική επιφάνεια είναι μεγάλη, ειδικά όταν συμμετέχουν στο εσωτερικό της πολλά σημεία (Πετρίδης, 2017).

3. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Σκοπός της εργασίας αυτής ήταν η διερεύνηση της επίδρασης τριών συστατικών, της γιαούρτης, του μελιού και του χυμού από ρόδι, καθώς και του λίπους στις φυσικοχημικές, ρεολογικές και οργανοληπτικές ιδιότητες είκοσι δειγμάτων παγωτού γιαούρτης. Ο απώτερος σκοπός των πειραμάτων ήταν η παραγωγή παγωτού γιαούρτης από μέλι (χωρίς προσθήκη ζάχαρης), η ενίσχυση της αντιοξειδωτικής δράσης και της θρεπτικής αξίας του προϊόντος με προσθήκη χυμού από ρόδι και η παραγωγή προϊόντων χαμηλής λιποπεριεκτικότητας. Για την επίτευξη του σκοπού αυτού έγινε εφαρμογή του πειράματος μίξης. Όλα τα δείγματα παρασκευάστηκαν σε διαφορετικές αναλογίες των συστατικών, τα ποσοστά των οποίων είχαν τα εξής εύρη τιμών: 57% – 80% για την γιαούρτη, 6% – 18% για το μέλι και 0% – 15% για το ρόδι. Παράλληλα, παρασκευάστηκαν με την προσθήκη 1% και 3% λίπους. Επίσης, τα δείγματα δοκιμάστηκαν από έναν αριθμό δοκιμαστών, ώστε να προσδιορισθούν οι αντικειμενικές οργανοληπτικές μεταβλητές (χρώμα, σκληρότητα, αίσθηση κρεμώδους υφής, χαρακτηριστική γεύση γιαούρτης, οξύτητα, γλυκύτητα και αίσθηση λιπαρότητας) και η υποκειμενική (ή ηδονική) μεταβλητή της αρεστότητας. Πρόσθετος στόχος ήταν η εύρεση εκείνων των ευρών δράσης των μεταβλητών απόκρισης και ποσοστών προσθήκης των συστατικών, ώστε να παρασκευασθεί το βέλτιστο προϊόν παγωτού γιαούρτης, κάτι που επιτυγχάνεται με την ανάλυση των διαγραμμάτων υπέρθεσης, αλλά και του βελτιωτικού διαγράμματος, σύμφωνα με το οποίο το άριστο προϊόν παράγεται σε συγκεκριμένες τιμές μεταβλητών απόκρισης, καθώς και συστατικών και λίπους. Ακόμη, τα δείγματα μελετήθηκαν ως προς τη συνάφειά τους σχετικά με την χημική σύσταση και την ένταση των μεταβλητών, με την χρήση της τεχνικής PCA.

4. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

4.1. Πρώτες ύλες

Για την παρασκευή των δειγμάτων του παγωτού γιαούρτης χρησιμοποιήθηκαν τα εξής υλικά:

- **Γάλα** (για την παρασκευή της γιαούρτης) (ΜΕΒΓΑΛ): ημιαποβουτυρωμένο (1,5% λίπος), παστεριωμένο και ομογενοποιημένο
- **Γιαούρτη** (παρασκευασμένη στο εργαστήριο): 1,4% Λίπος, 10,1% Στερεό Υπόλειμμα (ΣΥ), 8,7% ΣΥΑΛ, 4,6 τιμή pH.
- **Μέλι** πεύκου από παραγωγό (Παχατουρίδης Παναγιώτης): Πευκόμελο, 82,74% ΣΥ
- **Κρέμα Γάλακτος** (ΜΕΒΓΑΛ): 35% Λίπος, 5,5% ΣΥΑΛ
- **Σκόνη Γάλακτος** (Regilait): 82,1% ΣΥΑΛ
- **Ρόδι** (συνεταιρισμός ΑΣΟΠ): Φυσικός χυμός ροδιού, 13,3% ΣΥ
- **Σταθεροποιητής** (Cream Gold 50, Technoblend, Zona industrial JESCE sn, Matera, Italy)
- **Νερό** (εμφιαλωμένο)

4.2. Παρασκευή δειγμάτων παγωτού γιαούρτης

Παρακάτω περιγράφεται η παρασκευή των δειγμάτων παγωτού γιαούρτης, η οποία πραγματοποιήθηκε δύο φορές.

Παρασκευή δειγμάτων γιαούρτης

Προαπαιτούμενο, για την παρασκευή των δειγμάτων παγωτού γιαούρτης, αποτελεί η παρασκευή της γιαούρτης, η οποία έγινε ως εξής:

1. Το γάλα θερμάνθηκε με ταυτόχρονη ανάδευση στους 95°C για 5 min.
2. Ακολούθησε ψύξη στους 50°C.
3. Στη συνέχεια έγινε ο εμβολιασμός του γάλακτος με την τυπική καλλιέργεια της γιαούρτης (*Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* και *Streptococcus thermophilus*) (Jointex X3, Dosi 4; CSL Centro Sperimentale, de Latte S.P.A, Zelo Buon Persico, Italy). Η καλλιέργεια προστέθηκε (σύμφωνα με τις οδηγίες του παρασκευαστή) αρχικά σε μικρή ποσότητα γάλακτος, το οποίο μεταφέρθηκε σε υδατόλουτρο, στους 42°C για 15 min.

4. Το εμβολιασμένο γάλα μεταφέρθηκε στην υπόλοιπη ποσότητα του θερμικά επεξεργασμένου γάλακτος και ακολούθησε επώαση στους 42°C για περίπου 6 h μέχρι να μειωθεί το pH στο 4,6.
5. Ακολούθησε ψύξη της γιαούρτης σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, ανάδευση και τοποθέτηση στους 4°C για 24 h.

Υπολογισμός των συστατικών του μίγματος παγωτού γιαούρτης

Η παρασκευή των δειγμάτων του παγωτού γιαούρτης βασίστηκε στο σχέδιο του πειράματος μίξης, που παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.1 και θα σχολιαστεί σε επόμενη ενότητα.

Πίνακας 4.1: Το σχέδιο του πειράματος μίξης. Τα ποσοστά προσθήκης κυμάνθηκαν από 57 % έως 80 % για την γιαούρτη, από 6 % έως 18 % για το μέλι και από 0 % έως 15 % για το ρόδι. Το λίπος προστέθηκε σε δύο ποσοστά (επίπεδα): 1 % και 3 %.

A/A δείγματος	Γιαούρτη	Μέλι	Ρόδι	Λίπος
1	80,0	6,0	4,0	1
2	69,0	6,0	15,0	1
3	57,0	18,0	15,0	1
4	80,0	10,0	0,0	1
5	72,0	18,0	0,0	1
6	71,6	11,6	6,8	1
7	75,8	8,8	5,4	1
8	70,3	8,8	10,9	1
9	64,3	14,8	10,9	1
10	71,8	14,8	3,4	1
11	80,0	6,0	4,0	3
12	69,0	6,0	15,0	3
13	57,0	18,0	15,0	3
14	80,0	10,0	0,0	3
15	72,0	18,0	0,0	3
16	71,6	11,6	6,8	3
17	75,8	8,8	5,4	3
18	70,3	8,8	10,9	3
19	64,3	14,8	10,9	3
20	71,8	14,8	3,4	3

Η τελική αναλογία των συστατικών των δειγμάτων παγωτού γιαούρτης προέκυψε από την χημική σύσταση των πρώτων υλών, ενώ για την εξισορρόπηση των μιγμάτων χρησιμοποιήθηκε η εξής εξίσωση (το λίπος, το μέλι και ο σταθεροποιητής εκφράζονται ως ποσοστά):

$$\text{Στερεό Υπόλειμμα Άνευ Λίπους (\%)} = \frac{100 - (\text{Λίπος} + \text{Μέλι}^* + \text{Σταθεροποιητής})}{7}$$

* Το μέλι εκφράζεται ως ποσοστό % επί ξηρού.

Με βάση την εξίσωση, υπολογίστηκαν τα ποσοστά του ΣΥΑΛ όλων των δειγμάτων, τα οποία εμφανίζονται στον Πίνακα 4.2.

Αναφορικά με την τελική σύσταση των δειγμάτων, αυτή φαίνεται στον Πίνακα 4.3. Εδώ αξίζει να σημειωθεί ότι για τις ανάγκες του πειράματος παρασκευάστηκε και ένα επιπλέον δείγμα (μάρτυρας) που δεν υπήρχε στο σχέδιο του πειράματος μίξης. Η σύσταση του δείγματος που παρασκευάστηκε από ζάχαρη αντί για μέλι, φαίνεται στον Πίνακα 4.3.

Πίνακας 4.2: Το ποσοστό (%) του Στερεού Υπολείμματος Άνευ Λίπους, που αναλογεί σε κάθε δείγμα.

A/A δείγματος	ΣΥΑΛ (%)
1	13,0
2	13,0
3	11,3
4	12,4
5	11,3
6	12,2
7	12,6
8	12,6
9	11,7
10	11,7
11	12,4
12	12,4
13	10,7
14	11,9
15	10,7
16	11,6
17	12,0
18	12,0
19	11,2
20	11,2

Ανάμιξη των συστατικών

Μετά την παρασκευή της γιαούρτης ακολούθησε η ανάμιξη των συστατικών, ώστε να παρασκευαστούν τα δείγματα του παγωτού γιαούρτης. Συγκεκριμένα, αρχικά αναμίχθηκαν το νερό και η κρέμα γάλακτος, τα οποία θερμάνθηκαν περίπου μέχρι τους

50°C. Στη συνέχεια υπό σύγχρονη ανάδευση προστέθηκαν η σκόνη γάλακτος και ο σταθεροποιητής. Μετά τη διαλυτοποίηση τους ακολούθησε η προσθήκη του μελιού και η θερμική επεξεργασία του μίγματος στους 72°C για 10 min. Στην συνέχεια, το μίγμα ψύχθηκε σε θερμοκρασία περιβάλλοντος και προστέθηκε σε αυτό με ταυτόχρονη ανάδευση η γιαούρτη και ο χυμός από ρόδι (όπου απαιτούνταν προσθήκη χυμού).

Πίνακας 4.2: Η τελική αναλογία των ποσοτήτων των υλικών παρασκευής (σε g), που αντιστοιχεί σε κάθε δείγμα (συνολική μάζα: 100 g).

Δείγμα	Κρέμα γάλακτος	Γιαούρτη	Νερό	Μέλι	Ρόδι	Σκόνη γάλακτος	Σταθεροποιητής
1	–	72,8	8,6	6,6	3,6	5,9	2,5
2	0,3	62,8	7,4	6,6	13,7	6,7	2,5
3	0,9	51,9	5,3	19,7	13,7	6,0	2,5
4	–	72,8	8,3	10,9	–	5,5	2,5
5	0,3	65,5	7,0	19,7	–	5,0	2,5
6	0,3	65,2	7,3	12,7	6,2	5,8	2,5
7	–	69,0	8,1	9,6	4,9	5,9	2,5
8	0,3	64,0	7,4	9,6	9,9	6,3	2,5
9	0,6	58,5	6,4	16,2	9,9	5,9	2,5
10	0,3	65,3	7,2	16,2	3,1	5,4	2,5
11	5,7	72,8	3,4	6,6	3,6	5,4	2,5
12	6,0	62,8	2,4	6,6	13,7	6,0	2,5
13	6,6	51,9	0,3	19,7	13,7	5,3	2,5
14	5,7	72,8	3,3	10,9	–	4,8	2,5
15	6,0	65,5	1,9	19,7	–	4,4	2,5
16	6,0	65,5	2,2	12,7	6,2	5,2	2,5
17	5,7	69,0	3,0	9,6	4,9	5,3	2,5
18	6,0	64,0	2,4	9,6	9,9	5,6	2,5
19	6,3	58,5	1,3	16,2	9,9	5,3	2,5
20	6,0	65,3	2,2	16,2	3,1	4,7	2,5

* 21: Κρέμα γάλακτος: 0,3 g, Γιαούρτη: 65,5 g, Νερό: 10,3 g, **Ζάχαρη:** 16,4 g, Ρόδι: 0,0 g, Σκόνη γάλακτος: 5,0 g, Σταθεροποιητής: 2,5 g

Ωρίμανση μείγματος

Στην συνέχεια, τα μίγματα μεταφέρθηκαν στο ψυγείο, στους 4 °C, όπου και παρέμειναν για 24 h.

Κατάψυξη

Μετά την ωρίμανση τα μίγματα του παγωτού γιαούρτη, μεταφέρθηκαν στην εργαστηριακή παγωτομηχανή (Grand Gelato GIRMI) για να καταψυχθούν περίπου στους – 6°C υπό τη σύγχρονη συσσωμάτωση αέρα και να αποκτήσουν την υφή του

παγωτού. Για την κατάψυξη του μίγματος χρησιμοποιήθηκε μίγμα αιθυλενογλυκόλης-νερού.

Αποθήκευση

Αμέσως μετά την κατάψυξη των δειγμάτων, αυτά μεταφέρθηκαν στον καταψύκτη, όπου αποθηκεύτηκαν στους $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Στο στάδιο αυτό πραγματοποιήθηκε η σκλήρυνση των δειγμάτων. Σε αυτήν την θερμοκρασία παρέμειναν τα δείγματα μέχρι να εξεταστούν.

4.3. Προσδιορισμός της διόγκωσης

Η διόγκωση, εκφρασμένη επί τοις εκατό, είναι μία φυσική μεταβλητή που εκφράζει την αύξηση του όγκου του παγωτού σε σύγκριση με το μίγμα πριν την κατάψυξη. Η μέθοδος προσδιορισμού της είναι απλή: αρχικά λαμβάνεται δείγμα από το μίγμα του παγωτού μετά την ωρίμανση και ζυγίζεται, σε ένα ποτήρι χωρητικότητας 50 mL (αφού γεμίσει το ποτήρι μέχρι τα χείλη). Μετά την κατάψυξη του μίγματος, το ίδιο ποτήρι γεμίζει μέχρι τα χείλη με ποσότητα παγωτού και ζυγίζεται πάλι. Η διόγκωση καθενός δείγματος ορίζεται ως το πηλίκο της διαφοράς της μάζας του δείγματος πριν γίνει παγωτό και της μάζας του παγωτού προς την μάζα του παγωτού. Δηλαδή:

$$\text{Διόγκωση (\%)} = \frac{m_1 - m_2}{m_2},$$

όπου m_1 η μάζα του δείγματος πριν μετατραπεί σε παγωτό και m_2 η μάζα του νεοσυντιθέμενου παγωτού. Η τεχνική εφαρμόστηκε στα δείγματα της παγωμένης γιαούρτης δύο φορές.

4.4. Φυσικοχημικές αναλύσεις

4.4.1. Προσδιορισμός του λίπους

Ο προσδιορισμός του λίπους πραγματοποιήθηκε στα δείγματα της γιαούρτης και έγινε με την μέθοδο Gerber, η οποία είναι εύκολη στην εφαρμογή της. Για την μέθοδο απαιτείται βουτυρόμετρο, το οποίο βρίσκεται στο στατό με το στόμιο ανοιχτό προς τα πάνω. Αρχικά ζυγίστηκαν σε ποτήρι ζέσεως 11,33 g γιαούρτης. Στη συνέχεια προστέθηκαν 6 mL θεικού οξέος και με ένα γυάλινο ραβδάκι διαλύθηκαν τα πήγματα της καζεΐνης που σχηματίστηκαν. Το περιεχόμενο μεταφέρθηκε ποσοτικά στο βουτυρόμετρο προσθέτοντας άλλα 6 mL θεικού οξέος. Στη συνέχεια προστέθηκαν 1

mL αμυλικής αλκοόλης και έπειτα το βουτυρόμετρο πωματίστηκε. Στη συνέχεια, ανακινήθηκε με αναστροφή και τοποθετήθηκε στη συσκευή φυγοκέντρησης. Η φυγοκέντρηση που ακολούθησε πραγματοποιήθηκε στις 1000 – 1200 στροφές για 5 min και έπειτα έγινε αμέσως η ανάγνωση του βουτυρομέτρου. Στο σημείο αυτό πρέπει να σημειωθεί πως το βουτυρόμετρο είναι κατασκευασμένο κατά τέτοιον τρόπο ώστε η ανάγνωση να γίνεται στους 65°C και επιπρόσθετα λαμβάνεται απευθείας η ποσοστιαία περιεκτικότητα σε λίπος του δείγματος (Δημητρέλη, 2014).

4.4.2. Προσδιορισμός του pH

Το pH των δειγμάτων κεφίρ προσδιορίστηκε με την βοήθεια του εργαστηριακού πεχάμετρου EDT Instruments GP 353 ATC pHMETER. Το πεχάμετρο ελέγχεται και ρυθμίζεται με την χρήση ρυθμιστικών διαλυμάτων (Buffer 4 και 7). Η θερμοκρασία του πεχάμετρου προσαρμόζεται στην θερμοκρασία του δείγματος και το ηλεκτρόδιο εμβαπτίζεται στο δείγμα. Στην συνέχεια σημειώνεται η ένδειξη του πεχάμετρου και σαν τιμή του pH λαμβάνεται ο μέσος όρος δυο μετρήσεων.

Η μέτρηση πραγματοποιήθηκε μία φορά στα δείγματα του παγωτού γιαούρτης.

4.4.3. Προσδιορισμός της ογκομετρούμενης οξύτητας

Η ογκομετρούμενη οξύτητα προσδιορίζεται με ογκομέτρηση, που αποτελεί αντίδραση εξουδετέρωσης μεταξύ οξέος και αλκάλειας. Το διάλυμα του αλκάλειας που χρησιμοποιείται είναι διάλυμα καυστικού νατρίου κανονικότητας N/4. Επειδή η κανονικότητα του διαλύματος NaOH είναι N/4, η ογκομετρούμενη οξύτητα μετράται σε βαθμούς SH° (Soxhlet – Henckel).

Για την εκτέλεση της μεθόδου, πλην των δειγμάτων, απαιτήθηκαν ένας ζυγός, κωνικές φιάλες, μία προχοίδα, σιφώνια πληρώσεως των 10 mL, διάλυμα NaOH N/4 και δείκτης φαινολοφθαλεΐνη.

Αρχικά, ποσότητα δείγματος, μέσα σε κωνική φιάλη, ζυγίστηκε στον ζυγό. Η μάζα που απαιτείτο ήταν περίπου ίση με 10 g. Κατόπιν, προστέθηκαν 10 mL νερό στην κωνική φιάλη. Ακολούθησε ανάδευση του δείγματος και του νερού, ώστε να δημιουργηθεί ομοιογενές μείγμα. Στην συνέχεια, στην κωνική φιάλη προστέθηκαν δύο σταγόνες του δείκτη και έπειτα μεταφέρθηκε η φιάλη κάτω από την προχοίδα, που φέρει το διάλυμα του καυστικού νατρίου, για να ξεκινήσει η ογκομέτρηση. Ο δείκτης αξιοποιήθηκε για την εμφάνιση απαλού ροζ χρώματος στο εκάστοτε δείγμα, ένδειξη ολοκλήρωσης της

εξουδετέρωσης. Αναγράφηκε ο αρχικός και ο τελικός όγκος του καυστικού νατρίου, που αντιστοιχίσει σε κάθε αντίδραση, ώστε να υπολογιστεί ο όγκος του αλκάλειου που εξουδετέρωσε πλήρως το δείγμα.

Η οξύτητα των δειγμάτων υπολογίστηκε ως εξής:

$$SH^{\circ} = \frac{\text{mL } \frac{N}{4} \text{ NaOH}}{\text{Ποσότητα δείγματος}} \times 100$$

όπου ο αριθμητής αντιστοιχεί στον καταναλωθέντα όγκο του NaOH για την εξουδετέρωση του δείγματος και ο παρονομαστής στην μάζα του δείγματος που ζυγίστηκε, σε g (Δημητρέλη, 2014).

Ο προσδιορισμός της ογκομετρούμενης οξύτητας πραγματοποιήθηκε δύο φορές.

Προκειμένου να υπολογιστεί η ογκομετρούμενη οξύτητα ως ποσοστιαία περιεκτικότητα των δειγμάτων σε γαλακτικό οξύ, όλες οι ευρεθείσες τιμές SH^ο μετατράπηκαν σε % γ.ο. (γαλακτικό οξύ) χρησιμοποιώντας την εξής σχέση (Δημητρέλη, 2014):

1 SH^ο ισοδυναμεί με 0,0225 % γαλακτικό οξύ

Η τεχνική εφαρμόστηκε στα δείγματα του παγωτού γιαούρτης.

4.4.4. Προσδιορισμός ξηρής ουσίας

Το στερεό υπόλειμμα, δηλ. το σύνολο όλων των συστατικών πλην του νερού, όλων των δειγμάτων προσδιορίστηκε με τη σταθμική μέθοδο, η οποία στηρίζεται στην ξήρανση των δειγμάτων στους 102 ± 1 °C μέχρι σταθερού βάρους του δείγματος.

Τα όργανα, συσκευές και υλικά που απαιτούνται είναι τα εξής: δίσκοι αλουμινίου, γυάλινες ράβδοι, άμμος, σιφώνια πληρώσεως των 5 mL, αναλυτικός ζυγός, κλίβανος και ξηραντήρας.

Για την εκτέλεση της τεχνικής, κατ' αρχήν 20 – 30 g άμμου μεταφέρονται σε δίσκο αλουμινίου μαζί με μία γυάλινη ράβδο και ξηραίνονται στον κλίβανο στην θερμοκρασία των 102 ± 1 °C για μία ώρα. Στη συνέχεια, μεταφέρονται στον ξηραντήρα, ώστε η θερμοκρασία των περιεκτών να μειωθεί σε αυτήν του περιβάλλοντος, με τον χρόνο που απαιτείται να είναι συνήθως μισή ώρα. Έπειτα, ο περιέκτης ζυγίζεται στον αναλυτικό ζυγό με ακρίβεια 0,1 mg (τεσσάρων δεκαδικών ψηφίων) και σε αυτόν, μετά την ζύγιση, προστίθεται ποσότητα δείγματος, με την βοήθεια του σιφωνίου πληρώσεως των 5 mL. Το δείγμα αναμιγνύεται με την άμμο για να δημιουργηθεί ομοιογενές μίγμα. Ύστερα από την ανάδευση, το δείγμα ζυγίζεται εκ νέου. Κατόπιν, μεταφέρεται στον κλίβανο, όπου ξηραίνεται για τρεις ώρες στους 102 ± 1 °C. Όπως προηγουμένως, μετά

την ξήρανση κάθε δείγμα μεταφέρεται στον ξηραντήρα, για να αποκτήσει θερμοκρασία περιβάλλοντος, παραμένει εκεί για μισή ώρα και ζυγίζεται. Τα δείγματα ξηραίνονται εκ νέου για μισή ώρα. Εφόσον η διαφορά μεταξύ δύο διαδοχικών ζυγίσεων υπερβαίνει τα 0,5 mg, το δείγμα ξηραίνεται εκ νέου. Σε αντίθετη περίπτωση, η τεχνική σταματά, καθώς θεωρείται πως οι διαδοχικές ξηράνσεις πραγματοποιήθηκαν μέχρι την απόκτηση σταθερού βάρους του δείγματος.

Σύμφωνα με την ακόλουθη εξίσωση, η ξηρή ουσία εκάστου του δείγματος προσδιορίζεται ως εξής:

$$\text{Ξ.Ο. (ή Σ.Υ.) (\%)} = \frac{\alpha_3 - \alpha_1}{\alpha_2 - \alpha_1} \times 100,$$

όπου α_3 η μάζα της άμμου, της ράβδου, του δίσκου αλουμινίου και του δείγματος μετά την ξήρανση (μεικτό βάρος), α_1 η μάζα της άμμου, της ράβδου και του δίσκου αλουμινίου (απόβαρο) και α_2 το μεικτό βάρος πριν την ξήρανση (μεικτό βάρος πριν την ξήρανση) (Δημητρέλη, 2014). Η μέθοδος επαναλήφθηκε και η τιμή του στερεού υπολείμματος, %, καθενός εκ των δειγμάτων υπολογίστηκε ως ο μέσος όρος των τιμών των δύο επαναλήψεων. Σημειωτέον ότι το στερεό υπόλειμμα προσδιορίστηκε στα δείγματα της γιαούρτης, του μελιού και του ροδιού (πριν αναμιχθούν). Στην περίπτωση του μελιού, η ξήρανση πραγματοποιήθηκε έγινε στους 60 °C.

4.4.5. Υπολογισμός Στερεού Υπολείμματος Άνευ Λίπους

Εφόσον προσδιοριστεί το στερεό υπόλειμμα για όλα τα δείγματα με την σταθμική μέθοδο, είναι εφικτός ο προσδιορισμός του ΣΥΑΛ, μεγέθους που περιγράφει το σύνολο των στερεών συστατικών ενός δείγματος, όταν από αυτά αφαιρείται το λίπος. Έτσι, ο προσδιορισμός του ΣΥΑΛ (επί τοις εκατό) γίνεται εάν αφαιρεθεί η ποσοστιαία περιεκτικότητα του λίπους από την ποσοστιαία περιεκτικότητα όλων των στερεών συστατικών του δείγματος, δηλαδή: $\text{ΣΥΑΛ (\%)} = \text{ΣΥ (\%)} - \text{Λίπος (\%)}$.

4.4.6. Προσδιορισμός του χρώματος

Η συσκευή που απαιτείται για τον προσδιορισμό του χρώματος των δειγμάτων είναι το χρωματόμετρο. Στην ουσία, εννοώντας το χρώμα, μετρώνται τρία χαρακτηριστικά μεγέθη: η λαμπρότητα ή φωτεινότητα L^* , η οποία αποτελεί μέτρο της λευκότητας του δείγματος, το b^* , η τιμή του οποίου χαρακτηρίζει το μπλε (αρνητική) και το κίτρινο χρώμα (θετική) του δείγματος και το a^* , η τιμή του οποίου χαρακτηρίζει το πράσινο (αρνητική) ή το κόκκινο (θετική) χρώμα του δείγματος.

Γενικά, ο προσδιορισμός του χρώματος είναι απλή τεχνική, που απαιτεί το χρωματόμετρο, τα δείγματα και ένα γυάλινο σκεύος, το οποίο χρησιμοποιείται για τη μεταφορά της μάζας του δείγματος. Καταρχήν, ένα προς ένα όλα τα δείγματα υφίστανται ανάδευση με ένα κουτάλι, ώστε να παραχθεί όσο το δυνατόν πιο ρευστό μείγμα, χωρίς κρυστάλλους (τα δείγματα προηγουμένως είχαν αποθηκεύει σε συνθήκες κατάψυξης). Κατόπιν, όλη η ποσότητα μεταφέρεται στο σκεύος, το οποίο στη συνέχεια τοποθετείται στην ειδική υποδοχή του χρωματομέτρου και κλείνεται ερμητικά. Έπειτα, με την βοήθεια ενός προγράμματος, υπολογίζονται οι τιμές των L^* , a^* και b^* για το κάθε δείγμα. Βέβαια, στο πείραμα που πραγματοποιήθηκε για την ολοκλήρωση του πειραματικού μέρους της παρούσας εργασίας, δεν υπολογίστηκαν απευθείας οι τιμές των μεγεθών, αλλά τιμές x , y και z , οι οποίες μετατράπηκαν στις τιμές L^* , a^* και b^* με ειδικές εξισώσεις. Ο προσδιορισμός του χρώματος πραγματοποιήθηκε δύο φορές, συνεπώς σε κάθε δείγμα αναλογούν δύο τριάδες τιμών των L^* , a^* και b^* . Η μέθοδος εφαρμόστηκε στα δείγματα του παγωτού γιαούρτης.

4.5. Μελέτη της ρεολογικής συμπεριφοράς των δειγμάτων

Για τη μελέτη της ρεολογικής συμπεριφοράς των δειγμάτων παγωτού γιαούρτης χρησιμοποιήθηκε ο δυναμικός μηχανικός αναλυτής Bohlin C-VOR 150 (Malvern Instruments Ltd, Worcestershire, UK). Στα δείγματα εφαρμόστηκε η δυναμική δοκιμή και προσδιορίστηκε το ιξώδες τους. Η θερμοκρασία μέτρησης κατά τη διάρκεια των πειραμάτων μεταβαλλόταν. Συγκεκριμένα, αρχικά οι μετρήσεις ξεκινούσαν από τους -2°C (θερμοκρασία εισόδου του δείγματος στο στόμα) και ολοκληρώνονταν στους -28°C (θερμοκρασία που αντιστοιχεί στη θερμοκρασία κατάποσης του δείγματος). Ο ρυθμός αύξησης της θερμοκρασίας ήταν $6^{\circ}\text{C} / \text{min}$. Οι ρεολογικές μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν δυο φορές για κάθε δείγμα.

4.5.1. Δυναμική δοκιμή ή δοκιμή ταλάντωσης

Κατά την εφαρμογή της δοκιμής η συχνότητα ήταν $0,1 \text{ Hz}$, 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 $1,5 \times 10^{-5}$. Ποσότητα δείγματος (θερμοκρασίας περίπου -10°C) τοποθετήθηκε μεταξύ δύο πλακών, οι οποίες

είχαν οδοντωτή (serrated) επιφάνεια για να αποφευχθούν φαινόμενα ολίσθησης. Η κάτω πλάκα ήταν κατάλληλα κατασκευασμένη ώστε να μπορεί να συγκρατήσει επαρκή ποσότητα δείγματος, ενώ η επάνω πλάκα μετακινήθηκε προς το δείγμα μέχρι να έρθει σε επαφή μαζί του. Στη συνέχεια δόθηκε εντολή για έναρξη της μέτρησης. Από την εφαρμογή της δοκιμής προσδιορίστηκαν ο G' και η $\tan\delta$ στους -2°C και στους -28°C .

4.5.2. Προσδιορισμός ιξώδους

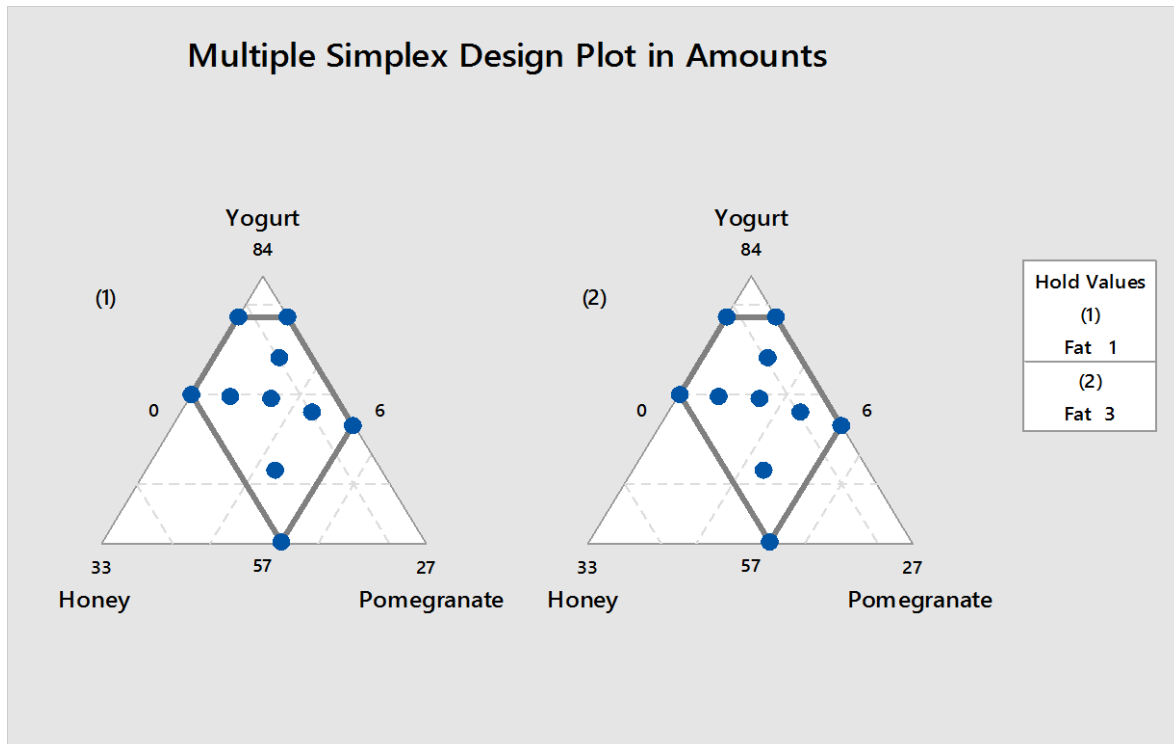
Το ιξώδες των δειγμάτων προσδιορίστηκε σε ταχύτητα διάτμησης 40 s^{-1} (αντιστοιχεί περίπου στην παραμόρφωση που υφίσταται το δείγμα την ώρα της κατάποσης). Ποσότητα δείγματος (θερμοκρασίας περίπου -10°C) τοποθετήθηκε στο δειγματοφορέα του οργάνου. Το σύστημα μέτρησης που χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό του ιξώδους ήταν αυτό του κώνου – πλάκας. Ο κώνος, ο οποίος σχημάτιζε γωνία 4° μετακινήθηκε προς το δείγμα, έτσι ώστε να δημιουργηθεί διάκενος χώρος μεταξύ του κώνου και της πλάκας $150\text{ }\mu\text{m}$. Η περίσσεια του δείγματος αφαιρέθηκε με τη βοήθεια σπάτουλας και στη συνέχεια δόθηκε εντολή για έναρξη της μέτρησης. Από τις καμπύλες ροής των δειγμάτων υπολογίστηκε το φαινομενικό ιξώδες των δειγμάτων στους -2°C και στους -28°C .

4.6. Πειραματικό σχέδιο

Το σχέδιο του πειράματος μίξης περιλαμβάνει τις αρχικές αναλογίες ποσοστών της γιαιούρης, του μελιού, του ροδιού και του λίπους για όλα τα δείγματα πλην του μάρτυρα και παρουσιάστηκε στον Πίνακα 4.1.

Παράλληλα, για την μελέτη των τριών συστατικών – παραγόντων, επιλέχθηκε το σχέδιο μίξης ακραίων κορυφών, επεμβαίνοντας στα εύρη των συστατικών (οι αναλογίες περιορίστηκαν σε ανώτερα και κατώτερα όρια), τα οποία μαζί με την μεταβλητή διεργασία (λίπος) διαμορφώνουν το ακόλουθο πειραματικό σχέδιο μίξης (Σχήμα 4.1.). Τα δύο σχέδια μίξης, ένα για έκαστο το επίπεδο προσθήκης του λίπους, περιχαρακώνουν μία περιοχή που έχει επιφάνεια τραπέζιου, η οποία καλύπτεται από 10 σημεία (μεταχειρίσεις), δηλαδή και οι δύο από είκοσι. Επειδή το πείραμα εκτελέστηκε δύο φορές, για να ενισχυθεί η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων, απαιτήθηκαν σαράντα πειραματικές μονάδες ($20\text{ δείγματα} \cdot 2\text{ επαναλήψεις}$). Αξίζει να

σημειωθεί εδώ πως τα δείγματα του μάρτυρα που παρασκευάστηκαν (ένα για κάθε επανάληψη) δεν αξιοποιήθηκαν στο πλαίσιο του πειράματος μίξης.



Σχήμα 4.1: Το σχέδιο μίξης ακραίων κορυφών, ένα για κάθε επίπεδο της μεταβλητής διεργασίας (1 % και 3 %).

Επιπρόσθετα, το σχέδιο του οργανοληπτικού ελέγχου αποτελεί ένα (τυχαιοποιημένο) ατελώς ομαδοποιημένο ισορροπημένο πείραμα, το οποίο χαρακτηρίζεται από τα εξής μεγέθη: $t = 21$ μεταχειρίσεις (δείγματα), $k = 5$ περιορισμένες μεταχειρίσεις, $b = 21$ δοκιμαστές, $n = 5$ επαναλήψεις καθεμίας μεταχείρισης (πόσες φορές βρίσκεται στο σχέδιο κάθε δείγμα) και $\lambda = 1$ αριθμός συνένυσης καθενός ζεύγους δειγμάτων σε κάθε ομάδα (ίδιος για όλα τα ζεύγη). Στον Πίνακα 4.4. προβάλλεται το σχέδιο του οργανοληπτικού ελέγχου την πρώτη φορά εκτέλεσης (κανονικά η εκτέλεση πραγματοποιήθηκε δύο φορές, δηλ. $n = 2$ επαναλήψεις).

Πίνακας 4.4: Το σχέδιο του οργανοληπτικού ελέγχου, για $n = 1$. Οι περιορισμένες μεταχειρίσεις που αντιστοιχούν σε κάθε δοκιμαστή τυχαιοποιήθηκαν προηγουμένως.

Δοκιμαστές	Μεταχειρίσεις				
1	5	13	7	11	17
2	15	9	20	7	16
3	10	17	9	8	2
4	9	11	18	3	4
5	14	5	2	4	20
6	11	14	12	15	10
7	15	13	2	21	18
8	13	19	14	6	9
9	17	21	3	16	14
10	8	1	18	14	7
11	18	16	5	10	19
12	11	8	20	21	19
13	17	18	20	6	12
14	15	4	19	1	17
15	8	3	6	5	15
16	20	13	1	10	3
17	12	4	13	8	16
18	11	1	6	16	2
19	1	5	12	9	21
20	19	7	2	3	12
21	21	7	10	6	4

4.7. Οργανοληπτικός έλεγχος

Πέραν των απαραίτητων τεχνικών που χρησιμοποιήθηκαν για να προσδιοριστούν οι φυσικοχημικές και ρεολογικές ιδιότητες, τα δείγματα υπέστησαν οργανοληπτικό έλεγχο για να προσδιοριστούν επτά οργανοληπτικού χαρακτήρα μεταβλητές. Αυτές περιλάμβαναν την ένταση του χρώματος, την σκληρότητα, την αίσθηση της κρεμώδους υφής στο στόμα, την ένταση της χαρακτηριστικής γεύσης της γιαούρτης, την ένταση της γλυκύτητας, την ένταση της οξύτητας και την αίσθηση της λιπαρότητας στον ουρανίσκο. Οι ανωτέρω μεταβλητές χαρακτηρίζονται ως «αντικειμενικές», καθώς ζητείται από τους δοκιμαστές να τις προσδιορίσουν αντικειμενικά, χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η προτίμηση ή η αποστροφή σε κάποιο/α δείγμα/τα. Παράλληλα, ζητήθηκε οι δοκιμαστές να επιλέξουν το περισσότερο και το λιγότερο αρεστό δείγμα, από αυτά που υπήρχαν στο πιάτο, συνεπώς αξιοποιήθηκε μία υποκειμενική / «ηδονική» μεταβλητή, αυτή της αποδοχής του προϊόντος.

Η τυπική διαδικασία του οργανοληπτικού ελέγχου, για την αξιολόγηση των δειγμάτων, πραγματοποιήθηκε ως εξής: καταρχήν όλα τα δείγματα σημάνθηκαν με τριψήφιους

κωδικούς αριθμούς, οι οποίοι παρήχθησαν με τυχαίο τρόπο από το στατιστικό πρόγραμμα Minitab. Κάθε αριθμός που αντιστοιχούσε σε ένα δείγμα ήταν γραμμένος σε μία ετικέτα, κολλημένη στον περιέκτη. Επιπλέον, πριν την διεξαγωγή του πειράματος, καταρτίστηκε το πειραματικό σχέδιο, που συμπεριελάμβανε τον αριθμό των δειγμάτων και τα δείγματα (δηλ. τις μεταχειρίσεις) που αντιστοιχούσαν σε κάθε δοκιμαστή, καθώς και τον αριθμό των δοκιμαστών και τους τριψήφιους κωδικούς, έναν για καθεμία μεταχείριση. Βέβαια, πρέπει να σημειωθεί πως, επειδή ο οργανοληπτικός έλεγχος πραγματοποιήθηκε δύο φορές, καταρτίστηκαν δύο σχέδια. Με βάση τα σχέδια αυτά κωδικοποιήθηκαν τα δείγματα.

Στη συνέχεια, ένας προς ένας προσέρχονταν οι δοκιμαστές στον χώρο του εργαστήριου, για να αξιολογήσουν ο καθένας μία πεντάδα δειγμάτων. Ο αριθμός τους ήταν 21 για κάθε εκτέλεση του ελέγχου, άρα στο σύνολο 42. Στην πραγματικότητα, ωστόσο, δεν προσήλθαν 42 δοκιμαστές, αλλά πολλοί αξιολόγησαν περισσότερες από μία πεντάδες, συνεπώς ο αριθμός των διαφορετικών προσώπων – δοκιμαστών ήταν μικρότερος.

Τα δείγματα παγωτού γιαούρτης τοποθετήθηκαν μέσα σε περιέκτες από φελιζόλ (για να μη μειωθεί η θερμοκρασία τους γρήγορα) την ώρα προσέλευσης των δοκιμαστών, ώστε η θερμοκρασία τους την ώρα που θα ξεκινούσε η εξέταση τους να ήταν περίπου -10°C με -6°C . Όπως αναφέρθηκε, καθένας δοκιμαστής αξιολόγησε μία πεντάδα μεταχειρίσεων, τα οποία βρίσκονταν πάνω σε πλαστικό πιάτο. Πριν την δοκιμή, οι δοκιμαστές ενημερώθηκαν για την φύση των δειγμάτων, τις μεταβλητές ως προς τις οποίες θα αξιολογούσαν τα δείγματα και για αυτό δόθηκε σε όλους το έντυπο του οργανοληπτικού ελέγχου, ώστε να το διαβάσουν προσεκτικά. Το χαρτί αυτό αναφέρει τις μεταβλητές, αντικειμενικές και μη, που πρέπει να προσδιορίσουν οι δοκιμαστές, τους περιγραφικούς ορισμούς αυτών και οδηγίες για την αξιολόγησή τους. Σε καθεμία μεταβλητή αντιστοιχούσε μία κλίμακα αξιολόγησης, μεγέθους 15 εκατοστών, η λεγόμενη αδιαβάθμητη. Για να βοηθηθούν οι δοκιμαστές ως προς την ορθή αξιολόγηση των δειγμάτων, στα άκρα και στο μέσο της κλίμακας αναλογούσαν διαφορετικοί βαθμοί έντασης των μεταβλητών, οι οποίοι ήταν «καθόλου» (0 cm), «μέτρια» (7,5 cm) και «πολύ» (15 cm), με εξαίρεση την μεταβλητή του χρώματος, στην κλίμακα της οποίας αναλογούσαν συνδυασμοί διαφορετικών τύπων χρωμάτων και έντασης του χρώματος, δηλ. «πολύ ρόζ» (0 cm), «καθόλου χρώμα / λευκό χρώμα» (7,5 cm) και «πολύ καφέ» (15 cm).

Η αξιολόγηση των δειγμάτων λάμβανε χώρα με την γραφή, πάνω στην κλίμακα, των κωδικών αριθμών με κάθετες γραμμές. Προφανώς, οι γραμμές γράφονταν στα σημεία που αντιστοιχούσαν στον βαθμό με τον οποίο οι δοκιμαστές αξιολογούσαν τα δείγματα, ως προς τις μεταβλητές. Μετά την αξιολόγηση των αντικειμενικών μεταβλητών, κάθε δοκιμαστής κλήθηκε να επιλέξει το περισσότερο και το λιγότερο αρεστό δείγμα της πεντάδας, γράφοντας τους αντίστοιχους κωδικούς και να επιλέξει τα χαρακτηριστικά, βάσει των οποίων εκλέχθηκε το περισσότερο αρεστό δείγμα, συμπληρώνοντας τα κουτιά που συνόδευαν τα επιλεγμένα χαρακτηριστικά.

Μαζί με το έντυπο, δόθηκε στον κάθε δοκιμαστή ένα χαρτί με τις αναλυτικές οδηγίες σχετικά με την εκτέλεση του ηδονικού οργανοληπτικού ελέγχου, οι οποίες περιλάμβαναν σχήμα του πιάτου με την πεντάδα των δειγμάτων και το βέλος, που δείχνει τη φορά της αξιολόγησης (δεξιόστροφη), την δοκιμή όλων των δειγμάτων (προκαταρκτική) πριν την αξιολόγηση με την φορά του βέλους, τον τρόπο με τον οποίο γίνεται η διαδοχική αξιολόγηση (ξέπλυμα του στόματος με νερό πριν το επόμενο δείγμα), την γραφή των κωδικών σε σειρά με κριτήριο ένα χαρακτηριστικό (π.χ. ένταση του χρώματος) κ.ά. Πέραν του πιάτου, κάθε δοκιμαστής είχε ένα ποτήρι νερού, κουτάλι για την δοκιμή και χαρτοπετσέτα.

Το έντυπο του οργανοληπτικού ελέγχου παρουσιάζεται στο Παράρτημα.

4.8. Στατιστική ανάλυση

4.8.1. Ατελώς ομαδοποιημένα πειράματα

Μερικές φορές είναι αδύνατη η πλήρης εκπροσώπηση όλων των μεταχειρίσεων σε κάθε ομάδα ενός τυχαιοποιημένου ομαδοποιημένου σχεδίου. Το τυχαιοποιημένο σχέδιο κατά ομάδες προϋποθέτει ο αριθμός των μονάδων δοκιμής ανά ομάδα να ισούται με τον αριθμό των μεταχειρίσεων ή, αλλιώς, να υπάρχει μία μόνο επανάληψη για κάθε μεταχείριση (Πετρίδης, 2016).

Επιπλέον, όταν ο αριθμός των αξιολογημένων μεταχειρίσεων είναι μεγαλύτερος από τρεις, έπεται ότι, για να εξακολουθεί να ισχύει η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων, μία τουλάχιστον μεταχείριση δεν πρόκειται να εκτιμηθεί από κάθε δοκιμαστή. Οι μειωμένες αριθμητικά μεταχειρίσεις, που αξιολογούνται κάθε φορά, λέγονται περιορισμένες μεταχειρίσεις. Στα πειράματα αυτά είναι αναγκαίο να ορίζονται ομάδες, στις οποίες οι μεταχειρίσεις δεν είναι όλες παρούσες και ένα τέτοιο σχέδιο είναι γνωστό ως τυχαιοποιημένο ατελώς ομαδοποιημένο. Πέραν αυτού, όταν η παρουσία των

μεταχειρίσεων σε κάθε ομάδα μπορεί να διευθετηθεί κατά τρόπο ώστε κάθε ίδιο ζεύγος μεταχειρίσεων να συναντάται τόσες φορές συνολικά σε όλο το πείραμα όσες και κάθε άλλο διαφορετικό ζεύγος, το ατελώς ομαδοποιημένο σχέδιο μετατρέπεται σε ισορροπημένο, στο οποίο δύο μεταχειρίσεις εμφανίζονται ως ζεύγος σε ίσο αριθμό συνεύρεσης με τα υπόλοιπα ζεύγη (Πετρίδης, 2016).

Γενικεύοντας, αν θεωρηθεί ότι υπάρχουν t μεταχειρίσεις και b ομάδες διαθέσιμες, κάθε ομάδα μπορεί να συμπεριλάβει μόνο k περιορισμένες μεταχειρίσεις (ισχύει $k < t$) και κάθε μεταχείριση εμφανίζεται n φορές στο πείραμα, τότε οι παρατηρήσεις ισούνται με $N = t \cdot n = b \cdot k$ (Πετρίδης, 2016).

Επιπροσθέτως, το ισορροπημένο ατελώς ομαδοποιημένο σχέδιο καλείται συμμετρικό, όταν μεταχειρίσεις και ομάδες είναι ισάριθμες ($t = b$). Παράλληλα, ο αριθμός συνεύρεσης κάθε ζεύγους σε κάθε ομάδα θα πρέπει να είναι αυστηρά ακέραιος, για να τίθεται πάντα σε ισχύ το ισορροπημένο σχέδιο (Πετρίδης, 2016).

4.8.2. Προωθητικές ενέργειες βελτίωσης των πειραματικών σχεδίων

Περίγραμμα υπέρθεσης των πολλαπλών αποκρίσεων

Είναι σύνηθες φαινόμενο στην βιομηχανική έρευνα να μελετώνται περισσότερες από μία μεταβλητές απόκρισης σε πειράματα επιφάνειας απόκρισης, καθώς επίσης σε πειράματα μίξης ή και παραγοντικά. Η ταυτόχρονη επιθεώρηση πολλών μεταβλητών απόκρισης έγκειται στην εξεύρεση ενός συνόλου λειτουργικών συνθηκών, μέσα στις οποίες οι περισσότερες από αυτές συμπεριφέρονται σε επιθυμητό εύρος. Όταν οι παράγοντες είναι ολιγάριθμοι και έχουν ποσοτικά επίπεδα, τότε χρησιμοποιείται το περίγραμμα των υπέρθετων ισοϋψών γραμμών ως τρόπος προσέγγισης της βέλτιστης περιοχής λειτουργίας των μεταβλητών απόκρισης. Για παράδειγμα, σε τρεις μεταβλητές απόκρισης με τρεις παράγοντες παρόντες, εκτελούνται ρυθμίσεις των ορίων μεταβολής των αποκρίσεων σε εύρη στα οποία πιθανολογούνται οι άριστες συνθήκες διαχείρισης και ακολουθεί η υπέρθεση των τριών προσαρμοσμένων ισοϋψών απόκρισης, που μπορεί να είναι ευθείες ή καμπύλες γραμμές, στο περίγραμμα του τριγώνου μίξης. Έτσι, δύναται να εξεταστεί το περίγραμμα απόκρισης, ώστε να προσδιοριστούν επακριβώς οι κατάλληλες συνθήκες λειτουργίας του συστήματος, οι οποίες συνήθως εντοπίζονται ως μία περιγεγραμμένη λευκή περιοχή (Πετρίδης, 2016).

Βελτιωτικό διάγραμμα

Προσβλέπει στην άριστη λύση βελτιστοποίησης των ποιοτικών ιδιοτήτων των προϊόντων, η οποία προτείνεται με γραφικό συνδυασμό των μεταβλητών απόκρισης και των παραγόντων, όταν στις πρώτες τίθενται περιορισμοί στα όρια μεταβολής τους και στους δεύτερους διαφορετικές ρυθμίσεις των επιπέδων δράσης τους. Οι ρυθμίσεις αυτές πραγματοποιούνται με συνεχή και διαδραστικό τρόπο, δηλαδή αποπειρώνται μία ή περισσότερες αυξομειώσεις των τιμών των παραγόντων και κάθε φορά προτείνεται μία διαφορετική λύση στο βελτιωτικό διάγραμμα, έως ότου οι διάφορες δοκιμές καταλήξουν στον ποθητό συνδυασμό βελτιστοποίησης. Επεξηγηματικά, δεδομένου ότι συνήθως μετρώνται πολλές μεταβλητές απόκρισης, τίθεται σε ισχύ η εφαρμογή της συνάρτησης του ποθητού αποτελέσματος σε όλες ταυτόχρονα τις αποκρίσεις, ρυθμίζοντας τους παράγοντες στο άριστο της λειτουργίας τους. Δηλαδή, σκοπός είναι η ταυτοποίηση συγκεκριμένων επιπέδων των παραγόντων, οι οποίοι βελτιώνουν μία απόκριση ή ένα σύνολο αποκρίσεων σε μία πειραματική περιοχή (Πετρίδης, 2016).

Γενικώς, το βελτιωτικό διάγραμμα πληροφορεί πώς οι διαφορετικές πειραματικές ρυθμίσεις της διεργασίας επηρεάζουν τις μεταβλητές απόκρισης σε διάφορα πειραματικά σχέδια, όπως της επιφάνειας απόκρισης, μίξης και τα παραγοντικά. Η ερμηνεία του απαιτεί σύνθετη επιχειρησιακή σκέψη και πολυπλοκότητα, καθότι αποτελεί προϊόν επαναληπτικών δοκιμών των προσαρμοσμένων τιμών των μοντέλων παλινδρόμησης, που διέπουν την συμπεριφορά των αποκρίσεων στους ίδιους παράγοντες (Πετρίδης, 2016).

Τέλος, στις περιπτώσεις που η προτεινόμενη λύση δεν προσεγγίζει το επιθυμητό αποτέλεσμα του οργανωτή του πειράματος, αυτός μπορεί να επέμβει απευθείας στο διάγραμμα διαδραστικά και να μεταβάλει κατά βούληση τις ρυθμίσεις των παραγόντων, έναν ή περισσότερους την φορά, προς όφελος βελτίωσης του προϊόντος (Πετρίδης, 2016).

4.8.3. Ανάλυση των Κυρίων Συνιστωσών (PCA)

Αποτελεί την απλούστερη και πλέον διαδεδομένη πολυμεταβλητή ανάλυση και στοχεύει στην ανεύρεση, από ένα πλήθος μεταβλητών, ορισμένων νέων ολιγάριθμων μεταβλητών, οι οποίες έχουν την ιδιότητα να είναι γραμμικοί συνδυασμοί των αρχικών μεταβλητών και παράλληλα να μη συσχετίζονται μεταξύ τους. Το μεγάλο πλεονέκτημα των νέων μεταβλητών έγκειται στην ιδιαιτερότητα που διαθέτουν, λόγω της ανάλυσης, να επεξηγούν πολύ μεγάλο ποσοστό της ολικής μεταβλητότητας που αναπτύσσεται

μεταξύ των αρχικών μεταβλητών, το οποίο τελικά κατανέμεται στην παρουσία μερικών μόνο νέων. Έτσι, το μέγιστο μέρος της πληροφόρησης που θα αντλείτο, αν λαμβάνονταν υπόψη οι αρχικές μεταβλητές, συγκρατείται με την δημιουργία αυτών των νέων μεταβλητών (Πετρίδης, 2015).

Η τεχνική των κυρίων συνιστωσών έχει ως βάση στην διαδικασία υπολογισμού της τον πίνακα των κατά ζεύγη συσχετίσεων των μεταβλητών. Κατά συνέπεια, ως απαραίτητη προϋπόθεση για να θεωρείται η τεχνική επιτυχημένη, να παρέχει δηλαδή ουσιώδη πληροφόρηση, θα πρέπει κάποιοι συντελεστές συσχέτισης των αρχικών μεταβλητών του πίνακα να δίνουν υψηλές τιμές θετικές ή αρνητικές (π.χ. $r \geq \pm 0,700$). Έτσι, είναι εφικτό ένα σύνολο είκοσι έως τριάντα μεταβλητών να δύναται να αντιπροσωπευθεί από δύο έως τρεις κύριες συνιστώσες, αρκεί να υφίσταται η προϋπόθεση της παρουσίας υψηλών συντελεστών στον πίνακα των συσχετίσεων. Από την άλλη πλευρά, αρχικές μεταβλητές με πολύ ισχυρές τιμές συσχετίσεων ($> \pm 0,990$) θεωρούνται πλεονάζουσες και κάποιες από αυτές θα πρέπει να απορρίπτονται πριν την εφαρμογή της μεθόδου (Πετρίδης, 2015).

4.8.4. Κλίμακα βέλτιστου – χείριστου (MaxDiff)

Η MaxDiff, γνωστή επίσης ως «κλίμακα βέλτιστου – χείριστου», είναι μέθοδος μέτρησης που βασίζεται στην επιλογή. Αντί να ζητήσει από τον ερωτώμενο να αναφέρει μία αγαπημένη επιλογή ανάμεσα σε αρκετά εναλλακτικά προφίλ, η MaxDiff ζητά από αυτόν να αναφέρει τόσο την άριστη όσο και την χείριστη επιλογή. Η προσέγγιση μέσω της MaxDiff δύναται να παράσχει περισσότερη πληροφόρηση σχετικά με τις προτιμήσεις, απ' ό,τι η προσέγγιση, κατά την οποία ο ερωτηθείς αναφέρει μόνο μία αγαπημένη επιλογή.

Η ανάλυση της MaxDiff αξιοποιεί το γενικό πλαίσιο της θεωρίας της τυχαίας χρησιμότητας. Μία επιλογή αναμένεται να έχει μία υποκείμενη αξία ή χρησιμότητα στους ερωτώμενους. Η πλατφόρμα της MaxDiff εκτιμά αυτές τις χρησιμότητες. Ακόμη, η πλατφόρμα της MaxDiff εκτιμά τις πιθανότητες, σύμφωνα με τις οποίες μία επιλογή προτιμάται έναντι άλλων. Αυτό επιτυγχάνεται με την χρήση της εξαρτημένης λογιστικής παλινδρόμησης (Flynn et al., 2015).

5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

5.1. Διόγκωση

Στον Πίνακα 5.1 φαίνονται οι τιμές του βαθμού διόγκωσης, των δειγμάτων παγωτού γιαούρτης. Το μεγαλύτερο βαθμό διόγκωσης εμφάνισε ο μάρτυρας, καθώς ο όγκος του δείγματος αυξήθηκε κατά ποσοστό μεγαλύτερο του 50% (54,20%). Σε γενικές γραμμές, η διόγκωση των δειγμάτων παγωτού γιαούρτης κυμάνθηκε από 33,75% έως 44,5% (εξαιρέση αποτελεί ο μάρτυρας). Παρόμοιες τιμές ($49,5 \pm 1,5\%$) αναφέρονται στη βιβλιογραφία σε δείγματα παγωτού γιαούρτης από πρόβειο γάλα (Martinou-Voulasiki & Zerfiridis, 1990). Οι μειωμένες τιμές των δειγμάτων παγωτού γιαούρτης σε σχέση με το μάρτυρα που παρασκευάστηκε με ζάχαρη, πιθανόν να μπορούν να αποδοθούν στη μειωμένη ικανότητα του μελιού να διευκολύνει την ενσωμάτωση του αέρα στο μίγμα του παγωτού.

Πίνακας 5.1: Ο βαθμός διόγκωσης (%) των δειγμάτων παγωτού γιαούρτης. Οι τιμές αποτελούν το μέσο όρο δύο επαναλήψεων.

Δείγμα	Διόγκωση (%)
1	33,75
2	35,75
3	40,60
4	37,70
5	39,95
6	36,55
7	35,35
8	36,40
9	38,00
10	37,15
11	37,10
12	41,65
13	44,40
14	40,75
15	42,45
16	40,90
17	35,35
18	37,90
19	41,70
20	36,80
21	54,20

5.2. Φυσικοχημικές αναλύσεις

5.2.1. Τιμή pH και οξύτητα

Παρακάτω (Πίνακας 5.2) φαίνονται οι τιμές του pH και της οξύτητας των δειγμάτων των δειγμάτων παγωτού γιαούρτης. Όπως παρατηρείται, τα δείγματα είχαν pH που κυμάνθηκαν από τιμές άνω του 4,5 μέχρι τιμές ελάχιστα ανώτερες του 5,1. Από αυτά, τα δείγματα 21 και 5 είχαν το μεγαλύτερο pH, ενώ το δείγμα 13 είχε το μικρότερο pH όλων. Γενικά, τα δείγματα μπορούν να χαρακτηριστούν ως μετρίως όξινα. Αναφορικά με την οξύτητα, τα ποσοστά του γαλακτικού οξέος κυμάνθηκαν από τιμές πλησίον του 0,50 % έως τιμές που έτειναν στο 1,20 %. Το δείγμα 2 περιείχε τη μεγαλύτερη ποσότητα γαλακτικού οξέος, ήταν δηλαδή το περισσότερο όξινο, ενώ το δείγμα 5 ήταν το λιγότερο όξινο από όλα τα δείγματα, διότι περιείχε τη μικρότερη ποσότητα γαλακτικού οξέος.

Πίνακας 5.2: Οι μέσοι όροι των τιμών pH και της οξύτητας, εκφρασμένη σε ποσοστό γαλακτικού οξέος, των δειγμάτων παγωτού γιαούρτης.

Δείγμα	pH	Οξύτητα (% γαλακτικό οξύ)
1	4,96	1,075
2	4,68	1,180
3	4,76	1,000
4	4,99	0,850
5	5,11	0,495
6	4,86	0,920
7	4,97	0,720
8	4,57	1,005
9	4,75	1,045
10	4,94	0,920
11	5,01	0,925
12	4,67	1,125
13	4,52	1,115
14	4,92	0,890
15	4,85	0,875
16	4,78	1,015
17	4,83	0,985
18	4,81	1,080
19	4,65	1,015
20	4,82	1,050
21	5,12	0,700

5.2.2. Χρωματομετρικές μεταβλητές

Στον ακόλουθο Πίνακα (5.3) παρατίθενται οι τιμές των χρωματομετρικών μεταβλητών για όλα τα δείγματα.

Πίνακας 5.3: Οι μέσοι όροι των τιμών για τη λαμπρότητα (L^*) και τις παραμέτρους του χρώματος a^* και b^* των δειγμάτων παγωτού γιαούρτης.

Δείγμα	L^*	a^*	b^*
1	78,745	0,270	8,920
2	73,115	3,145	7,370
3	67,100	3,120	10,100
4	88,355	- 2,490	13,045
5	84,070	- 1,940	15,210
6	74,280	1,220	9,230
7	77,295	0,810	9,080
8	74,645	1,850	8,210
9	72,820	1,900	9,625
10	75,185	0,260	10,850
11	79,975	0,110	9,560
12	72,025	2,740	8,190
13	64,675	3,560	10,830
14	86,515	- 2,020	14,500
15	82,205	- 1,700	16,955
16	74,630	0,880	10,905
17	77,110	0,405	10,280
18	73,320	1,570	9,595
19	69,875	2,125	10,980
20	75,650	0,480	12,005
21	89,240	- 4,420	13,665

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του Πίνακα 5.3, η λαμπρότητα των δειγμάτων κυμάνθηκε από 64 έως 89. Το δείγμα 13 εμφάνισε τη μικρότερη λαμπρότητα, ενώ το δείγμα 21 την μεγαλύτερη. Σε γενικές γραμμές τα δείγματα μπορούν να χαρακτηριστούν από μέτρια έως αρκετά λευκά. Παράλληλα, υπάρχουν δείγματα που παρουσιάζουν αρνητικές τιμές της παραμέτρου a^* , όπως το δείγμα 21 (- 4,42), στο οποίο η ένταση του πράσινου χρώματος φαινομενικά ήταν η μεγαλύτερη εξ αυτών των δειγμάτων. Από την άλλη πλευρά, τα υπόλοιπα δείγματα, που αποτελούν την πλειονότητα, εμφάνισαν θετικές τιμές του a^* , όπως το δείγμα 13, στο οποίο η ένταση του κόκκινου χρώματος φαίνεται πως ήταν η μεγαλύτερη δυνατή (3,56). Τέλος, όλα τα δείγματα εμφάνισαν θετικές τιμές της παραμέτρου b^* , η οποία είχε εύρος τιμών 7,3 – 16,9 (δείγματα 2 και 15, αντίστοιχα). Αυτό συνεπάγεται ότι σε όλα τα δείγματα

υφίσταται η παρουσία του κίτρινου χρώματος, ενώ η ένταση αυτού μεταβάλλεται από δείγμα σε δείγμα.

5.3. Ρεολογικές μετρήσεις

Δυναμική δοκιμή

Στον Πίνακα 5.4 παρουσιάζονται οι μέσοι όροι των ρεολογικών ιδιοτήτων των δειγμάτων παγωτού γιαούρτης κατά την εφαρμογή της δυναμικής δοκιμής.

Πίνακας 5.4: Μέσοι όροι του συντελεστή ελαστικότητας (G') και της $\tan\delta$ των δειγμάτων παγωτού γιαούρτης σε δύο διαφορετικές θερμοκρασίες μέτρησης (-2°C και 28°C).

Δείγμα	$G' (-2^{\circ}\text{C})$ (Pa)	$G' (28^{\circ}\text{C})$ (Pa)	$\tan\delta (-2^{\circ}\text{C})$	$\tan\delta (28^{\circ}\text{C})$
1	81,7	8,0	0,593	0,599
2	73,7	7,4	0,683	0,700
3	36,3	5,7	0,619	0,663
4	66,5	10,6	0,721	0,728
5	42,8	5,0	0,651	0,685
6	63,0	10,4	0,691	0,700
7	67,5	6,7	0,692	0,699
8	68,4	6,9	0,706	0,717
9	49,3	8,6	0,705	0,713
10	50,3	8,9	0,678	0,684
11	70,6	7,6	0,779	0,790
12	68,9	8,2	0,703	0,720
13	36,4	5,3	0,677	0,694
14	63,0	9,5	0,708	0,723
15	35,4	6,0	0,620	0,660
16	64,6	9,8	0,700	0,714
17	70,1	8,2	0,663	0,673
18	67,4	9,1	0,686	0,845
19	49,7	7,7	0,574	0,600
20	53,2	9,2	0,616	0,626
21	69,6	13,3	0,880	0,901

Σύμφωνα με τα παραπάνω στους -2°C , τα δείγματα εμφάνισαν τιμές του G' που κυμαινόταν από 35 – 82 Pa. Επομένως, το δείγμα 1 ήταν το ελαστικότερο όλων (81,7 Pa) και το δείγμα 15 το λιγότερο ελαστικό (35,4 Pa). Με την αύξηση της θερμοκρασίας μέτρησης (28°C), η ελαστικότητα όλων των δειγμάτων μειώθηκε, κάτι που ήταν αναμενόμενο δεδομένου ότι με την αύξηση της θερμοκρασίας τα δείγματα από στερεά που ήταν ρευστοποιούνταν με αποτέλεσμα ο ελαστικός τους χαρακτήρας να εμφανίζει

μείωση. Όσον αφορά την $\tan\delta$, οι τιμές της στους -2°C , κυμάνθηκαν σε ένα εύρος μεταξύ 0,570 – 0,880. Την μικρότερη τιμή της μεταβλητής παρουσίασε το δείγμα 19 (0,574), συνεπώς κρίνεται ως το πιο ελαστικό δείγμα, ενώ το δείγμα 21 (μάρτυρας) εμφάνισε τη μεγαλύτερη τιμή (0,88), οπότε κρίνεται ως το περισσότερο ιξώδες. Γενικά, τα δείγματα παγωτού γιαούρτης μπορούν να χαρακτηριστούν ως ελαστικά, δεδομένου ότι όλα εμφάνισαν τιμές της $\tan\delta$ μικρότερες της μονάδας. Ωστόσο, με την αύξηση της θερμοκρασίας μέτρησης οι τιμές της $\tan\delta$ δεν παρουσίασαν σημαντική αύξηση, όπως θα ήταν αναμενόμενο. Αυτό πιθανόν να μπορεί να αποδοθεί στην παρουσία των πρωτεϊνών και των σταθεροποιητών στο σύστημα του παγωτού, τα οποία σχηματίζουν ισχυρές αλληλεπιδράσεις και συμβάλουν στη διατήρηση του ελαστικού τους χαρακτήρα.

Προσδιορισμός ιξώδους

Στον Πίνακα που ακολουθεί (5.5) φαίνονται οι τιμές του φαινομενικού ιξώδους των δειγμάτων, στην αρχική και στην τελική θερμοκρασία μέτρησης.

Πίνακας 5.5: Οι μέσοι όροι των τιμών του φαινομενικού ιξώδους των δειγμάτων παγωτού γιαούρτης σε δύο διαφορετικές θερμοκρασίες μέτρησης (-2°C και 28°C).

Δείγμα	Ιξώδες (-2°C) ($\text{Pa} \cdot \text{s}$)	Ιξώδες (28°C) ($\text{Pa} \cdot \text{s}$)
1	0,354	0,100
2	0,145	0,081
3	0,109	0,059
4	0,122	0,075
5	0,118	0,062
6	0,217	0,076
7	0,124	0,068
8	0,121	0,062
9	0,164	0,093
10	0,169	0,081
11	0,266	0,084
12	0,238	0,103
13	0,129	0,067
14	0,123	0,066
15	0,120	0,063
16	0,129	0,068
17	0,128	0,066
18	0,125	0,078
19	0,158	0,082
20	0,132	0,080
21	0,229	0,093

Βάσει των αποτελεσμάτων, στην θερμοκρασία των $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$, το ιξώδες των δειγμάτων κυμάνθηκε από $0,354\text{ Pa}\cdot\text{s}$ (δείγμα 1) έως τα $0,109\text{ Pa}\cdot\text{s}$ (δείγμα 3). Φαίνεται λοιπόν πως το δείγμα 1 ήταν το πιο παχύρρευστο, ενώ αντίθετα το δείγμα 3 το πιο λεπτόρρευστο από όλα τα δείγματα. Επιπλέον, στην θερμοκρασία των $28\text{ }^{\circ}\text{C}$ οι τιμές του ιξώδους μειώθηκαν για όλα τα δείγματα, σε σύγκριση με την αρχική θερμοκρασία, γεγονός που σημαίνει ότι τα δείγματα έγιναν πιο λεπτόρρευστα. Με την αύξηση της θερμοκρασίας μέτρησης αυξάνεται και η κινητικότητα των μορίων με αποτέλεσμα να εμφανίζονται μειωμένο ιξώδες, δηλαδή να παρουσιάζουν μειωμένη αντίσταση στη ροή. Το δείγμα 12 αποδείχθηκε το πιο παχύρρευστο, ενώ το δείγμα 3 αποδείχθηκε το λιγότερο λεπτόρρευστο στη θερμοκρασία των $28\text{ }^{\circ}\text{C}$.

5.4. Οργανοληπτικός έλεγχος

Μέσες τιμές οργανοληπτικών μεταβλητών

Στον Πίνακα 5.6 απεικονίζονται οι τιμές των οργανοληπτικών μεταβλητών, ως μέσοι όροι των πολλαπλών τιμών, για κάθε δείγμα παγωτού γιαούρτης. Παρατηρώντας τις τιμές των οργανοληπτικών μεταβλητών, συνάγονται για καθεμία μεταβλητή τα εξής συμπεράσματα: όσον αφορά το χρώμα, το δείγμα 13 διαφέρει αισθητά από τα υπόλοιπα, καθώς εμφάνισε καφέ χρώμα, ενώ τα άλλα δείγματα είχαν σε γενικές γραμμές σχεδόν λευκό χρώμα ή ροζ χρώμα. Ειδικότερα, το δείγμα 2 παρουσίασε έντονα την παρουσία του ροζ χρώματος, στοιχείο που βοήθησε τους δοκιμαστές να το αξιολογήσουν ως «πολύ ροζ». Πέραν αυτού, δείγματα όπως το 9 και το 6 χαρακτηρίστηκαν επίσης από την παρουσία του ροζ χρώματος, η οποία ήταν μικρότερης έντασης σε σύγκριση με το δείγμα 2. Πάντως, τα περισσότερα δείγματα χαρακτηρίστηκαν ως «λευκά». Αναφορικά με τη σκληρότητα, τα δείγματα 14 και 18 ήταν τα περισσότερο σκληρά («πολύ σκληρά»), ενώ τα δείγματα 3 και 13 ήταν τα πιο μαλακά («πολύ μαλακά»). Φαίνεται, παράλληλα, πως η πλειοψηφία των δειγμάτων ήταν μετρίως σκληρά και ακόμη σκληρότερα, όχι όμως τόσο όσο τα δείγματα 14 και 18 («αρκετά σκληρά» σύμφωνα με τους δοκιμαστές). Σε ό,τι αφορά το κρεμώδες των δειγμάτων, κάποια εξ αυτών αξιολογήθηκαν ως «αρκετά κρεμώδη» ή «μετρίως κρεμώδη», πολλά όμως εμφάνισαν λιγότερο ομοιόμορφη ύψη κατά τη δοκιμή (στο στόμα) και βαθμολογήθηκαν ως «λίγο κρεμώδη». Σχετικά με τη γεύση της γιαούρτης, μόνο το δείγμα 6 παρουσίασε αρκετά έντονη την χαρακτηριστική αυτή γεύση, σε αντίθεση με τα υπόλοιπα δείγματα, τα οποία χαρακτηρίστηκαν από μέτρια ή ασθενή

ένταση της γεύσης της γιαούρτης. Αναφορικά με τη γλυκύτητα, έξι δείγματα ήταν αρκετά γλυκά, σύμφωνα με τους δοκιμαστές, αλλά η ένταση της γλυκύτητας γενικότερα διέφερε πολύ από δείγμα σε δείγμα, κατά τέτοιον τρόπο, ώστε μερικά δείγματα να χαρακτηριστούν ως «καθόλου γλυκά» (π.χ. 18 και 11), άλλα ως «λίγο γλυκά» και άλλα ως «μετρίως γλυκά». Η οξύτητα των δειγμάτων εμφάνισε διακυμάνσεις, βάσει των οποίων η συντριπτική πλειοψηφία των δειγμάτων να διαιρείται σε δύο ομάδες: σε αυτά στα οποία η οξύτητα ήταν λίγη και σε αυτά στα οποία η μεταβλητή ήταν μέτριας έντασης. Τέλος, υπήρξαν δείγματα που χαρακτηρίστηκαν από αρκετά μεγάλη αίσθηση της λιπαρότητας (όπως τα δείγματα 5, 6 και 10) και δείγματα με πολύ μικρή έως μηδενική την αίσθηση αυτή (δείγματα 11 και 12), ωστόσο η πλειονότητα των δειγμάτων εμφάνισε ασθενή ή σε μέτριο επίπεδο την αίσθηση της λιπαρότητας.

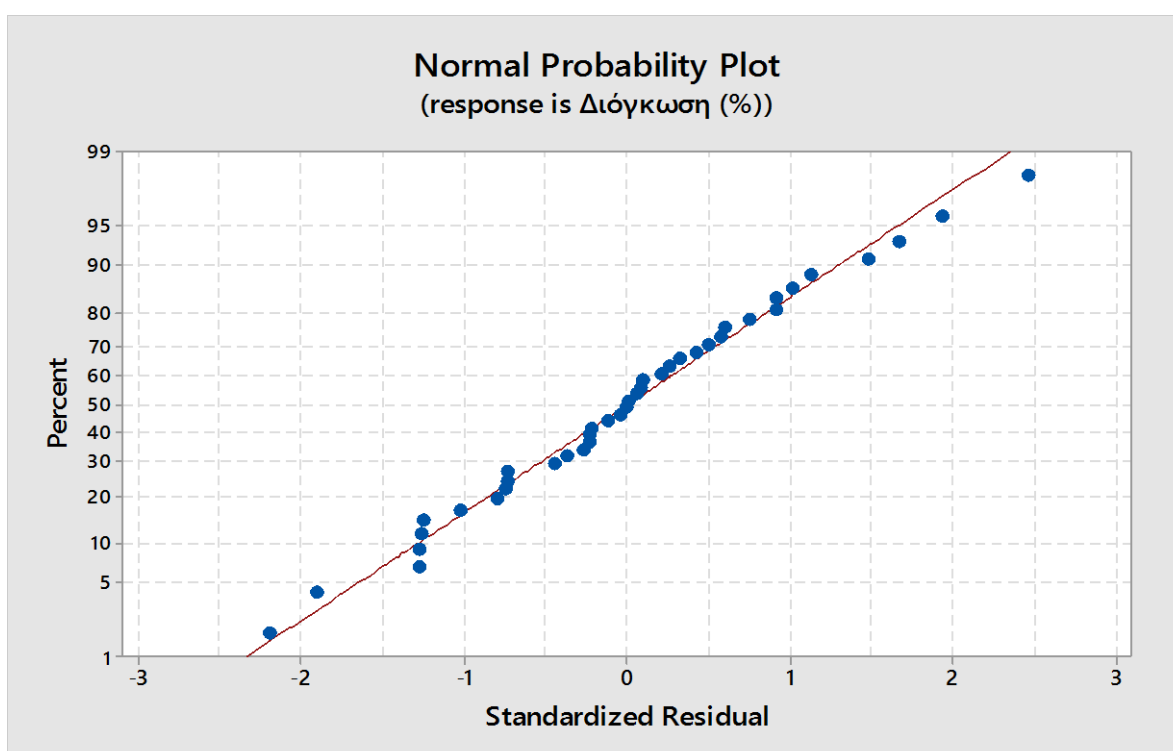
Πίνακας 5.6: Μέσοι όροι των οργανοληπτικών μεταβλητών των δειγμάτων. Οι τιμές, που εκφράζονται σε cm στην αδιαβάθμητη κλίμακα αξιολόγησης, εξήχθησαν αρχικά από τους μέσους όρους των πολλαπλών τιμών καθεμίας επανάληψης και στην συνέχεια ως μέσος όρος των μέσων τιμών των επαναλήψεων.

Δείγμα	Χρώμα	Σκληρότητα	Κρεμώδες	Γεύση γιαούρτης	Γλυκύτητα	Οξύτητα	Λιπαρότητα
1	6,7	9,6	3,0	4,6	3,8	6,7	3,1
2	2,5	10,8	3,8	7,5	3,8	8,4	5,0
3	5,9	1,6	10,8	5,8	10,2	6,7	7,6
4	8,0	7,8	7,0	5,5	4,7	3,9	4,8
5	8,2	4,2	11,5	4,9	10,9	4,2	11,7
6	5,5	9,8	8,2	10,6	7,0	8,7	9,4
7	8,4	11,0	5,2	6,9	5,2	7,7	5,4
8	6,7	8,3	6,9	4,8	5,0	7,1	4,9
9	4,9	4,7	11,5	5,4	8,5	9,5	6,1
10	7,4	5,0	11,6	6,1	7,8	4,5	9,6
11	7,4	11,9	5,5	6,3	1,8	6,8	1,5
12	5,6	10,8	3,8	7,5	2,9	9,1	2,4
13	12,5	2,4	6,4	4,3	10,6	6,1	7,0
14	8,1	13,1	5,3	7,0	2,8	4,7	3,0
15	8,6	3,3	8,4	6,8	11,1	4,2	7,7
16	8,4	9,0	4,7	7,2	6,0	7,3	5,9
17	7,1	11,0	4,1	7,6	4,7	8,1	5,0
18	5,5	12,3	4,2	6,5	2,3	7,4	3,4
19	8,7	5,7	8,3	6,9	8,1	7,3	5,8
20	8,2	7,2	9,1	6,9	10,2	4,7	6,5
21	7,7	6,7	10,7	7,0	11,0	3,6	8,9

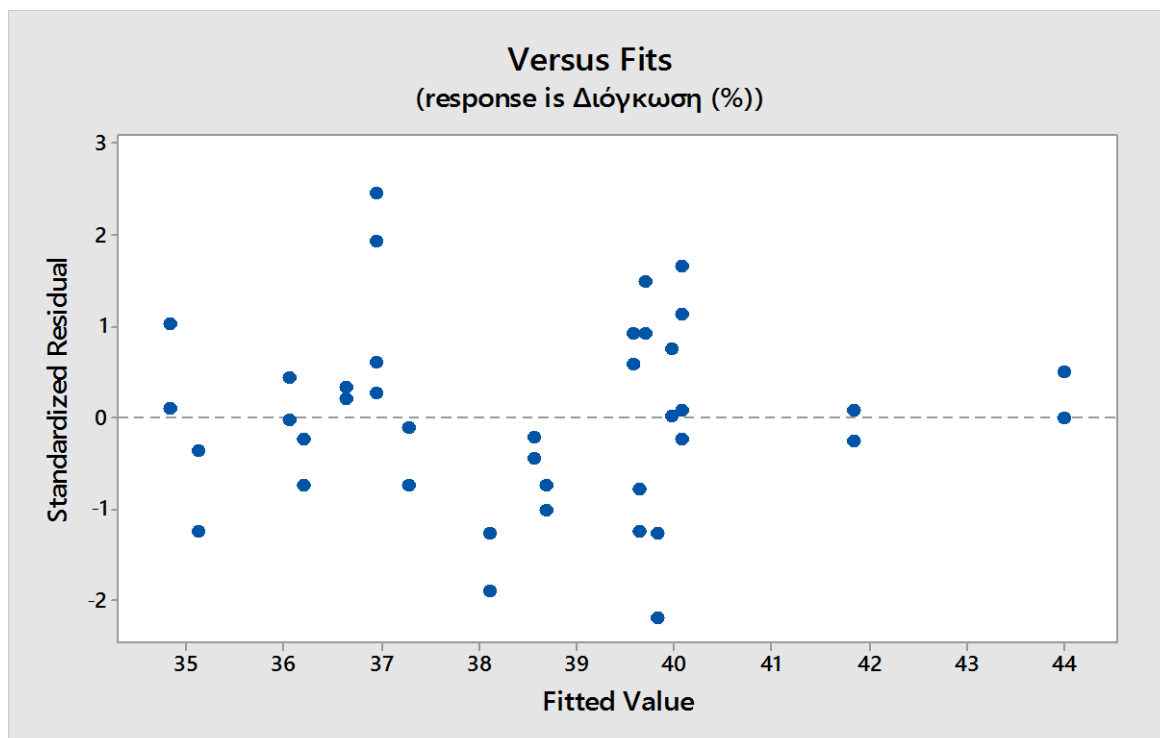
5.5. Αποτελέσματα εφαρμογής του πειράματος μίξης

Διόγκωση (%)

Κατά την πρώτη διερεύνηση του μοντέλου, επειδή οι περισσότεροι όροι εμφάνισαν τιμές VIF πολύ μεγαλύτερες του 20, αφαιρέθηκε ο όρος με τη μεγαλύτερη τιμή VIF (η αλληλεπίδραση της γιαούρτης με το ρόδι) και εκτελέστηκε εκ νέου η εντολή. Έπειτα, τα στοιχεία της μεταβλητής ελέγχθηκαν ως προς την κανονικότητα των υπολειμμάτων και την ομοιογένεια των διακυμάνσεων. Παρατηρώντας το διάγραμμα της κανονικότητας, φαίνεται πως τα τυποποιημένα υπολείμματα ακολουθούν την κανονική κατανομή (όλα τα σημεία βρίσκονται κοντά και πάνω στην ευθεία προσαρμογής) και πως οι διακυμάνσεις είναι ίσες (στο διάγραμμα των προσαρμοσμένων τιμών τα σημεία δεν εμφανίζουν δέσμη προς μία πλευρά αλλά είναι διεσπαρμένα, βλέπε Σχήματα 5.1 και 5.2, αντίστοιχα).



Σχήμα 5.1: Η κανονική κατανομή των τυποποιημένων υπολειμμάτων της διόγκωσης.



Σχήμα 5.2: Η ομοιογένεια των διακυμάνσεων της διόγκωσης.

Για την περιγραφή του μοντέλου αποπειράθηκε η ειδική κυβική εξίσωση και εφαρμόστηκε η τεχνική της προοδευτικής ένταξης των στατιστικά σημαντικών όρων αυτής, με $p_{ένταξης} = 0,05$. Η εκτέλεση της τεχνικής φανέρωσε έναν στατιστικά σημαντικό όρο, την αλληλεπίδραση της γιαούρτης με το ρόδι και το λίπος, με $p < 0,001$, δηλ. μικρότερο από 0,05.

Όσον αφορά τα διαγνωστικά κριτήρια της παλινδρόμησης, ο προσδιοριστικός συντελεστής R^2 είναι ίσος με 63,29 % (δηλώνει καλή προσαρμοστική ικανότητα των στοιχείων της μεταβλητής στην ειδική κυβική εξίσωση), ο διορθωμένος $R^2_{δ}$ ισούται με 60,23 % (λίγο μικρότερος του R^2) και ο προβλεπτικός συντελεστής R^2_p ισούται με 55,80 % (μικρότερος του R^2 σε ποσοστό $11,8 < 20$ %, συνεπώς το στατιστικό μοντέλο έχει υψηλή προβλεπτική ικανότητα). Παράλληλα, το τυπικό σφάλμα παλινδρόμησης s είναι ίσο με 1,80 (μικρή τιμή, όπως επιθυμείται).

Αναφορικά με τους μερικούς συντελεστές παλινδρόμησης των όρων, όλοι οι όροι ασκούν θετική δράση στην διόγκωση των δειγμάτων. Η μεγαλύτερη αύξηση οφείλεται στην αύξηση της ποσότητας του μελιού (και την μείωση της γιαούρτης και του ροδιού), όπως μαρτυρά η τιμή του συντελεστή (68,32). Μικρότερη αύξηση οφείλεται στην ατομική δράση του ροδιού και ακόμη μικρότερη σε αυτήν της γιαούρτης (συντελεστές 44,43 και 33,02, αντίστοιχα). Η αλληλεπίδραση της γιαούρτης με το ρόδι και το λίπος

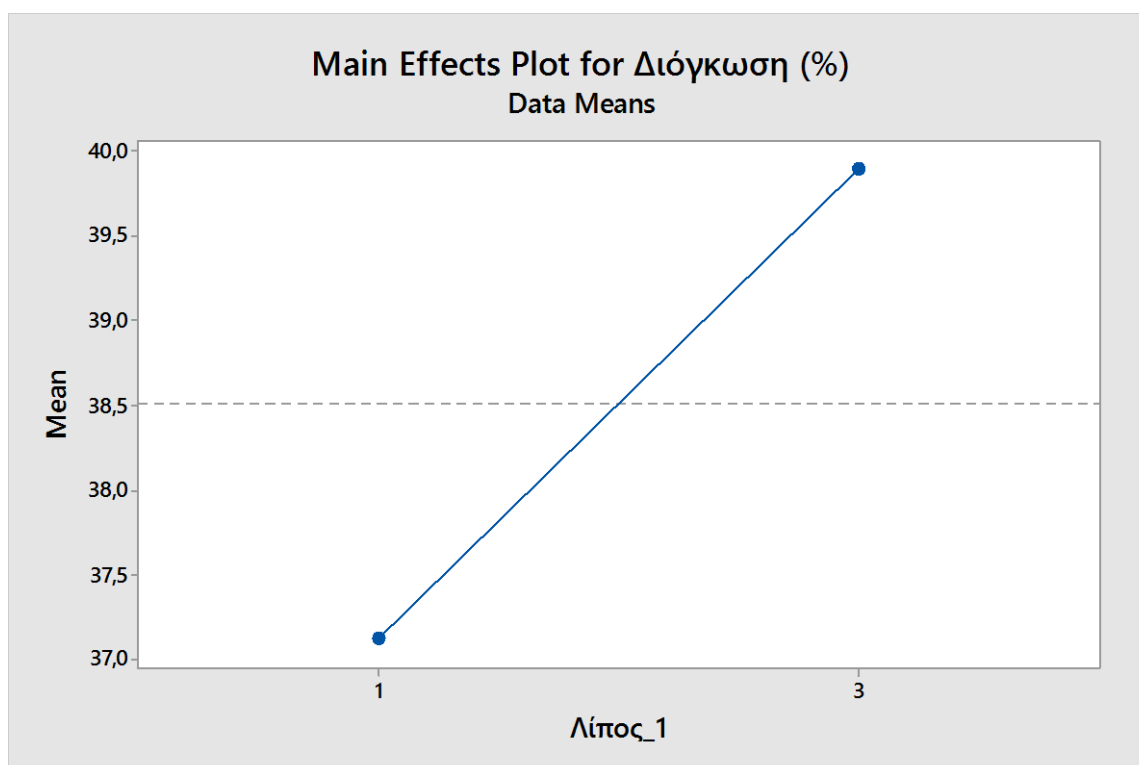
ασκεί την μικρότερη δράση, δηλ. αυξάνει στον μικρότερο βαθμό την διόγκωση, σε σχέση με τα συστατικά (συντελεστής 19,04).

Οι τιμές του συντελεστή διεύρυνσης της διακύμανσης (VIF) βρέθηκαν μικρότερες του 10, οπότε δεν υπάρχει η υπόνοια για πιθανή συσχέτιση μεταξύ των όρων.

Η ανάλυση της διακύμανσης (ANOVA) έδειξε ότι το γραμμικό (συστατικά) και μέρος του δευτεροβάθμιου μοντέλου, που αφορά την αλληλεπίδραση, είναι στατιστικά σημαντικά και υπεύθυνα για την μεταβολή της διόγκωσης, με το p για αμφότερα τα μοντέλα να είναι μικρότερο του 0,001. Η σημαντικότητα του ελέγχου της έλλειψης προσαρμογής των στοιχείων της μεταβλητής δεν λαμβάνεται υπόψη.

Επιπλέον, ανιχνεύθηκαν δύο τιμές με τυποποιημένο υπόλειμμα μεγαλύτερο του ± 2 , οι οποίες αναγνωρίζονται ως ύποπτες.

Η υπόνοια για τη θετική επίδραση του λίπους στη διόγκωση ενισχύεται από το γεγονός ότι αυτόνομα το λίπος αυξάνει τη μεταβλητή απόκρισης, όταν αυξάνεται το ποσοστό προσθήκης του στο προϊόν. Συγκεκριμένα, η αύξηση της ποσοστιαίας περιεκτικότητας από το 1 στο 3% οδηγεί στην αύξηση της διόγκωσης από το 37,12 στο 39,9% (Σχήμα 5.3).



Σχήμα 5.3: Η δράση του λίπους στην διόγκωση των δειγμάτων, από το 1% στο 3% προσθήκης.

Χρησιμοποιώντας ως εργαλείο τα περιγράμματα ισοϋψών της διόγκωσης, ένα για κάθε επίπεδο προσθήκης του λίπους, προκύπτουν χρήσιμα στοιχεία για την επίδραση του γραμμικού και δευτεροβάθμιου μοντέλου στην μεταβλητή. Στο επίπεδο προσθήκης λίπους 3%, διαφαίνεται ο κυρίαρχος ρόλος του μελιού στην αύξηση της διόγκωσης και η αμελητέα δράση της γιαούρτης και του ροδιού σε αυτήν. Το στοιχείο αυτό εξηγείται από τη σαφή κλίση των γραμμών προς την κορυφή του μελιού. Επίσης, οι γραμμές είναι καμπύλες και δεν είναι παράλληλες, άρα γίνεται αντιληπτό ότι τα στοιχεία της μεταβλητής έχουν καμπύλη τάση και ότι το δευτεροβάθμιο μοντέλο (η αλληλεπίδραση) ασκεί μικρή δράση στην μεταβολή της διόγκωσης. Η αύξηση της ποσότητας του μελιού και η μείωση αυτής της γιαούρτης και του ροδιού συμβάλλει στην αύξηση της διόγκωσης από το 35,0% (ελάχιστη ποσότητα μελιού -6%) στο 39,9%, όταν προστίθενται η μέγιστη ποσότητα μελιού (18 %), 57 % γιαούρτη και 15% ρόδι και η μεταβλητή αυξάνεται περαιτέρω στο 40,1 %, όταν προστίθενται 18% μέλι, 72 % γιαούρτη και 0 % ρόδι. Από τα παραπάνω προκύπτει ότι, όταν προστίθεται 3% λίπους στο δείγμα, η αύξηση της διόγκωσης οφείλεται σχεδόν αποκλειστικά στο μέλι και σε μικρό βαθμό στην αλληλεπίδραση της γιαούρτης με το ρόδι και το λίπος.

Στο επίπεδο προσθήκης 3% του λίπους, υφίσταται μείωση της διόγκωσης, η οποία οφείλεται εξ ολοκλήρου στην γιαούρτη. Η αλληλεπίδραση, καθώς και τα λοιπά συστατικά, δεν επιδρούν σχεδόν καθόλου στην μεταβολή της διόγκωσης. Οι γραμμές είναι σχεδόν παράλληλες μεταξύ τους και έχουν ελάχιστη καμπυλότητα, κάτι που σημειώνει την ιδιαίτερη σημασία του γραμμικού μοντέλου ως το κυρίως υπεύθυνο για την μείωση της μεταβλητής. Η δευτεροβάθμια εξίσωση, σε σχέση με πριν, παίζει πολύ περιορισμένο ρόλο στην μεταβολή. Έτσι, η αύξηση της ποσότητας της γιαούρτης στα δείγματα και η ταυτόχρονη μείωση της ποσότητας του μελιού και του ροδιού προκαλεί δραστηκή μείωση της διόγκωσης από το 43,9% (ελάχιστη ποσότητα γιαούρτης - 57 %) στο 36,9 %, όταν προστίθενται 80 % γιαούρτη, 10 % μέλι και 0 % ρόδι και στο 36,7 %, όταν προστίθενται 80 % γιαούρτη, 6 % μέλι και 4 % ρόδι. Συνεπώς, φαίνεται πως, όταν προστίθεται 3 % λίπους στο προϊόν, η γιαούρτη είναι εξ ολοκλήρου υπεύθυνη για την μεταβολή της διόγκωσης και δη τη μείωση αυτής.

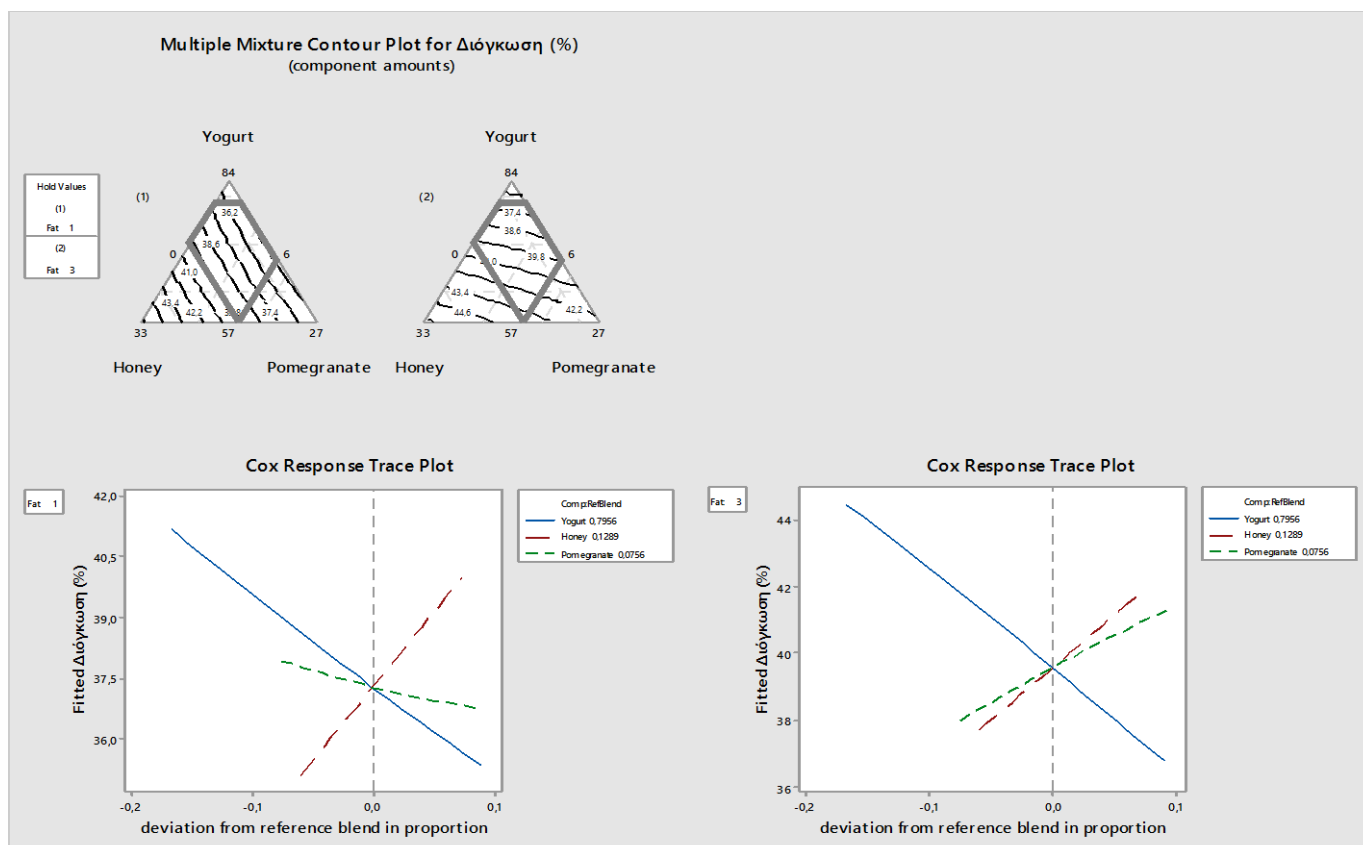
Σύμφωνα με τα ιχνογραφήματα του Cox, ένα για κάθε επίπεδο προσθήκης του λίπους, όταν το δείγμα περιέχει 1% λίπους από τα συστατικά μόνο το μέλι επηρεάζει θετικά την μεταβολή της διόγκωσης. Από την άλλη, η γιαούρτη και το ρόδι επιδρούν αρνητικά στην μεταβολή. Ειδικότερα, η αύξηση της ποσότητας του μελιού (και η μείωση αυτών

της γιαούρτης και του ροδιού) από το 11,6 στο 18 % αυξάνει την διόγκωση, γραμμικά, των δειγμάτων από το 37,3 στο 40,0 %. Γραμμική μεταβολή, αλλά αντίθετης φύσης, δηλ. μείωση, προκαλεί στη διόγκωση η αύξηση της ποσότητας της γιαούρτης από το 71,6 στο 80%. Συγκεκριμένα, η διόγκωση μειώνεται από το 37,3 στο 35,3%. Μικρότερης έντασης μείωση (ασθενέστερη) και ελαφρά καμπυλόγραμμη παρατηρείται από την αύξηση του ποσοστού του ροδιού στα δείγματα, από το 6,8 στο 15%. Στην περίπτωση αυτήν, η διόγκωση μειώνεται από το 37,3 στο 36,7 %.

Στην περίπτωση που το δείγμα περιέχει 3 % λίπους, το ρόδι ασκεί θετική δράση στην διόγκωση και παρατηρείται πως η κλίμακα είναι αυξημένη (εύρος τιμών διόγκωσης: 36 – 45 %, ενώ προηγουμένως κυμάνθηκε από το 35 ως το 42 %) και το ποσοστό της μεταβλητής στο κεντρικό σημείο αναφορά μίξης είναι 39,6 %, εν αντιθέσει με αυτό του πρώτου ιχνογραφήματος, στο οποίο ήταν 37,3 %. Οι διαφορές στην κλίμακα y και το κεντρικό σημείο αναφοράς της μίξης οφείλονται στην αλληλεπίδραση του λίπους με την γιαούρτη και το ρόδι, η οποία οδηγεί σε αυξημένη τιμή της διόγκωσης. Εκτός των άλλων, η γιαούρτη, όπως προηγουμένως, επιδρά αρνητικά στην διόγκωση, με γραμμικό τρόπο, μειώνοντάς την από το 39,6 στο 36,8%, όταν αυξάνεται από το 71,6 στο 8 % και η μείωση επιτυγχάνεται με την ίδια ένταση, είτε στο ποσοστό 1 είτε στο 3 % του λίπους. Το μέλι, ανεξαρτήτως της λιποπεριεκτικότητας, επιδρά θετικά στη μεταβλητή, αυξάνοντάς την γραμμικά από το 39,6 στο 41,9 %, όταν αυξάνεται το ποσοστό του από το 11,6 στο 18 %. Ο ρυθμός της μεταβολής είναι μεγαλύτερος και η αύξηση είναι ισχυρότερη, απ' όταν περιέχεται 1 % λίπους στο προϊόν. Εν τέλει, το ρόδι οδηγεί στην αύξηση της διόγκωσης, ενώ πρωτύτερα συνέβαλε στην μείωση αυτής, όταν αυξάνεται η ποσότητα από το 6,8 στο 15 %. Αντίστοιχα, η μεταβλητή ανέρχεται από το 39,6 στο 41,3 %. Η μεταβολή που προκαλείται από το ρόδι είναι ελάχιστα καμπύλη, επισημαίνοντας την μικρή συνδρομή της αλληλεπίδρασης στην αύξηση της διόγκωσης. Στο Σχήμα 5.4 απεικονίζονται τα περιγράμματα ισοϋψών και τα ιχνογραφήματα απόκρισης.

Από τις ανωτέρω πληροφορίες, ανακύπτουν τα εξής συμπεράσματα: η αλληλεπίδραση της γιαούρτης με το ρόδι και το λίπος βοηθά σε μικρή αύξηση της διόγκωσης των δειγμάτων, ιδίως όταν αυξάνεται η λιποπεριεκτικότητα από το 1 στο 3 % και αυξάνεται η περιεκτικότητα του προϊόντος σε ρόδι. Η αύξηση της ποσότητας του μελιού οδηγεί σε βέβαιη αύξηση της διόγκωσης, ιδίως όταν περιέχεται 1% λίπους στο παγωτό γιαούρτη. Η γιαούρτη μειώνει έντονα την διόγκωση όταν αυξάνεται το ποσοστό του λίπους στο 3%, ενώ μικρότερη είναι η επίδραση αυτής στο 1% λίπος. Τέλος, το ρόδι

μειώνει τη διόγκωση στο 1% λίπος στα δείγματα και την αυξάνει στο 3%. Η αύξηση υποβοηθείται από την αλληλεπίδραση, που ασκεί θετική δράση στη μεταβλητή απόκρισης. Επομένως, δείγματα με αυξημένη διόγκωση περιέχουν αυξημένη ποσότητα λίπους, ροδιού και μελιού (και λιγότερη γιαούρτη), ενώ δείγματα εμφανίζουν μειωμένη διόγκωση, όταν περιέχουν αυξημένη ποσότητα γιαούρτης έναντι των άλλων συστατικών και 3% λίπος.



Σχήμα 5.4: Περίγραμμα ισοϋψών γραμμών και ιχνογράφημα απόκρισης της διόγκωσης, στο 1% και 3% προσθήκης του λίπους (κάθε ζεύγος γραφημάτων). **Μπλε:** Δράση γιαούρτης, **Κόκκινο:** Δράση μελιού, **Πράσινο:** Δράση ροδιού.

Η θετική επίδραση του λίπους στη διόγκωση των δειγμάτων πιθανόν να οφείλεται στην παρουσία των πρωτεϊνών στη μεμβράνη των λιποσφαιρίων, οι οποίες έχουν την ικανότητα να ενσωματώνουν στο μίγμα φυσαλίδες αέρα (Walstra et al., 2006). Η αύξηση της διόγκωσης με την αύξηση της συγκέντρωσης του μελιού πιθανόν να μπορεί να αποδοθεί επίσης, στην παρουσία πρωτεϊνών στο μέλι. Όσον αφορά την επίδραση της γιαούρτης, με τη μείωση του ποσοστού προσθήκης της απαιτείται η προσθήκη επιπλέον ποσότητας σκόνης αποβουτυρωμένου γάλακτος, η οποία αυξάνει

το ποσοστό πρωτεϊνών στο σύστημα του παγωτού γιαούρτη. Ο χυμός από ρόδι επηρεάζει με διαφορετικό τρόπο τη διόγκωση ανάλογα με τη λιποπεριεκτικότητα των δειγμάτων. Πιθανόν αυτό να οφείλεται σε αυξομειώσεις στη συγκέντρωση των υπολοίπων συστατικών που επηρεάζουν τη διόγκωση, εξαιτίας της προσθήκη του χυμού.

Φυσικοχημικές μεταβλητές

pH

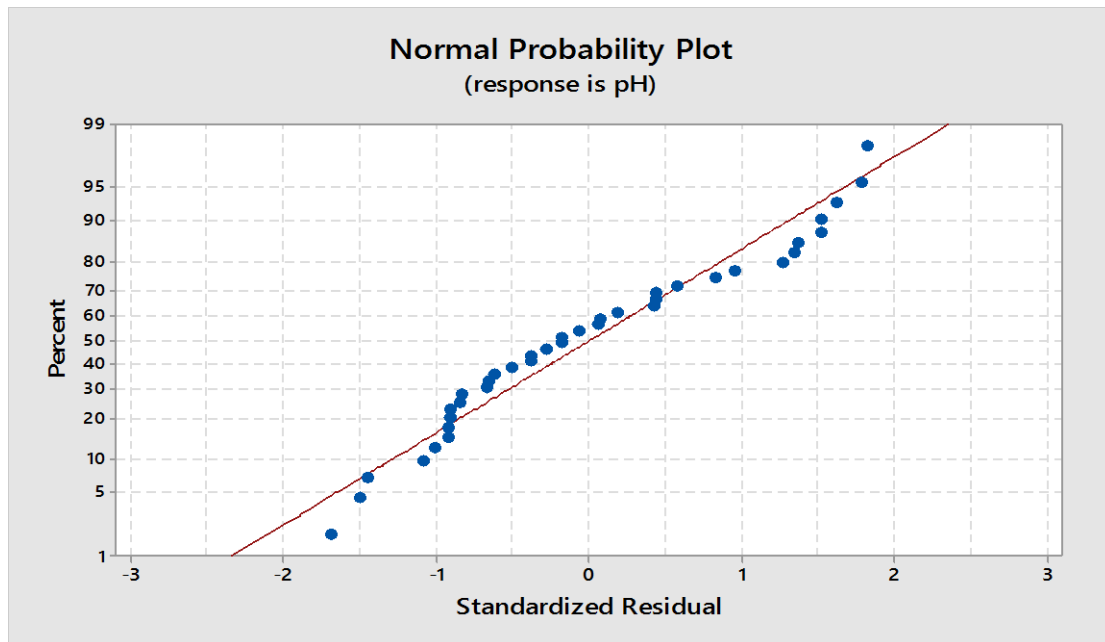
Την αξιολόγηση των οργανοληπτικών μεταβλητών ακολουθεί αυτή των χημικών, με άρχουσα το pH των δειγμάτων.

Πριν την ανάλυση του στατιστικού μοντέλου, ελέγχθηκαν τα στοιχεία προς μεταβλητής του pH ως προς την κανονικότητα των υπολειμμάτων και την ομοιογένεια των διακυμάνσεων. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των ελέγχων, τα τυποποιημένα υπολείμματα ακολουθούν την κανονική κατανομή, με εξαίρεση δύο τιμές, οι οποίες βρίσκονται σε μεγάλη απόσταση από την άριστη ευθεία προσαρμογής και πρέπει, συνεπώς, να αφαιρεθούν από το φύλλο εργασίας. Έτσι, αφαιρέθηκαν οι τιμές 4,56 και 4,50 (σειρά 8 και 28 αντίστοιχα) και επαναλήφθηκε η προκαταρκτική εφαρμογή του μοντέλου. Στη συνέχεια, τα στοιχεία ελέγχθηκαν εκ νέου για την πλήρωση των δύο αυτών διαγνωστικών κριτηρίων και βρέθηκε ότι τα τυποποιημένα υπολείμματα έχουν κανονικότητα (σημεία κοντά στην ευθεία προσαρμογής) και οι διακυμάνσεις είναι ίσες (διάσπαρτο γράφημα, βλέπε Σχήματα 5.5 και 5.6, αντίστοιχα).

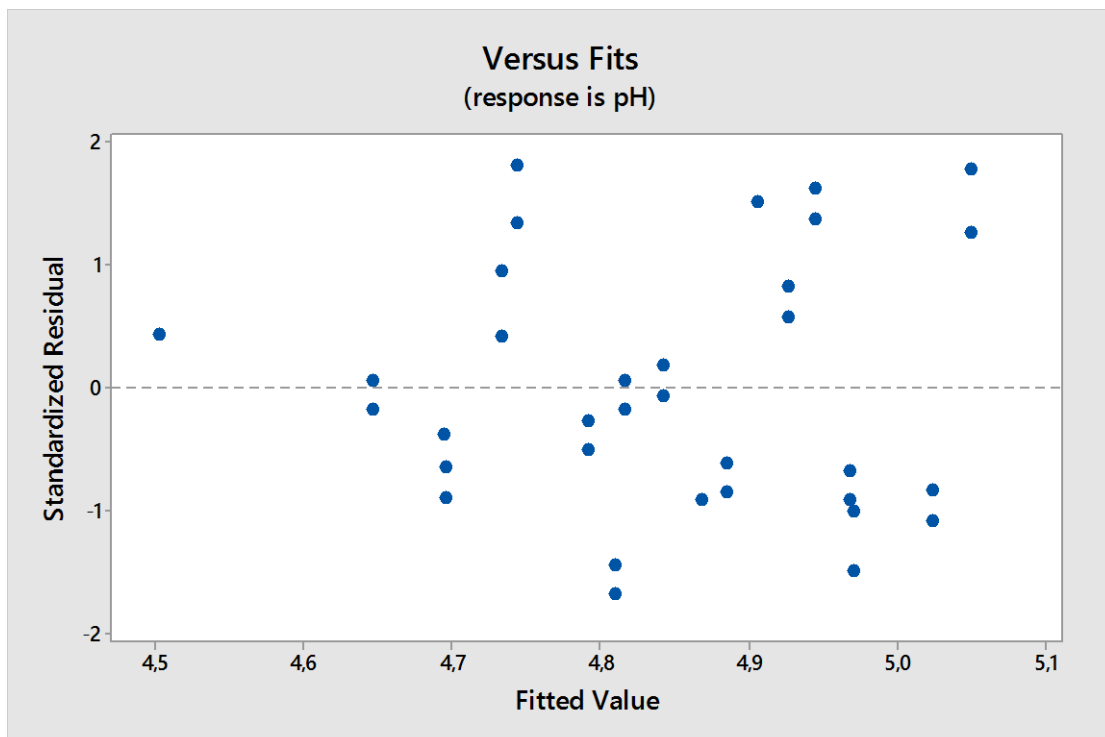
Όπως στην περίπτωση των οργανοληπτικών μεταβλητών, εφαρμόστηκε η ειδική κυβική εξίσωση για να περιγράψει το μοντέλο. Πέραν τούτου, εφαρμόστηκε η τεχνική της προοδευτικής ένταξης των στατιστικά σημαντικών όρων της εξίσωσης, με $p_{ένταξης}$ ίσο με 0,05. Τα τρία συστατικά, η γιαούρτη, το μέλι και το ρόδι δεν εξετάστηκαν ως προς την στατιστική τους σημαντικότητα.

Η εφαρμογή της τεχνικής έδειξε ότι δύο στατιστικά σημαντικοί όροι, με $p < p_{ένταξης}$, βρέθηκαν, η αλληλεπίδραση του μελιού με το λίπος ($p < 0,001$) και η αλληλεπίδραση της γιαούρτης με το λίπος ($p = 0,003$). Το τυπικό σφάλμα της παλινδρόμησης, s , είναι ίσο με 0,0436, κάτι το οποίο επιθυμείται για να είναι αξιόπιστη μία μέθοδος άριστης επιλογής ανεξάρτητων μεταβλητών. Συν τοις άλλοις, αρκετά διαγνωστικά κριτήρια της παλινδρόμησης πληρούνται, όπως ο συντελεστής R^2 (91,83%), ο οποίος δηλώνει την εξαιρετική προσαρμοστικότητα των στοιχείων του pH στην ειδική κυβική εξίσωση, ο διορθωμένος R^2 (90,84%), που είναι ελαφρά μικρότερος του R^2 και ο προβλεπτικός R^2

(89,34%), που είναι μικρότερος του R^2 σε ποσοστό μικρότερο του 20 %, στοιχείο που υπογραμμίζει την πολύ υψηλή προβλεπτική αξία του μοντέλου.



Σχήμα 5.5: Διάγραμμα κανονικότητας των υπολειμμάτων του pH.



Σχήμα 5.6: Γράφημα ομοιογένειας των διακυμάνσεων του pH.

Οι μερικοί συντελεστές παλινδρόμησης των όρων φανερώνουν ότι το λίπος, ως μεταβλητή διεργασίας, επηρεάζει την δράση της γιαούρτης και του μελιού. Η αλληλεπίδραση του μελιού με το λίπος ασκεί αρνητική δράση, αν και ασθενή, στο pH του προϊόντος, καθότι ο αντίστοιχος συντελεστής είναι αρνητικός (- 0,798). Οι όροι του γραμμικού μοντέλου και η αλληλεπίδραση της γιαούρτης με το λίπος επηρεάζουν θετικά το pH, αν και η δράση της αλληλεπίδρασης είναι πολύ ασθενής για να οδηγήσει σε τέτοια μεταβολή (συντελεστής 0,070). Από τα συστατικά, η αύξηση της ποσότητας της γιαούρτης αυξάνει περισσότερο από όλα το pH (5,062), ακολουθεί αυτή του μελιού (4,48), που είναι ελαφρώς μικρότερη και έπεται τελευταία η μεταβολή του ροδιού, η οποία αυξάνει το pH λιγότερο από τα άλλα συστατικά (3,095). Εκτός των άλλων, όλες οι τιμές VIF των όρων είναι μικρότερες από 10, γεγονός που επισημαίνει την έλλειψη συσχέτισης μεταξύ των όρων της εξίσωσης.

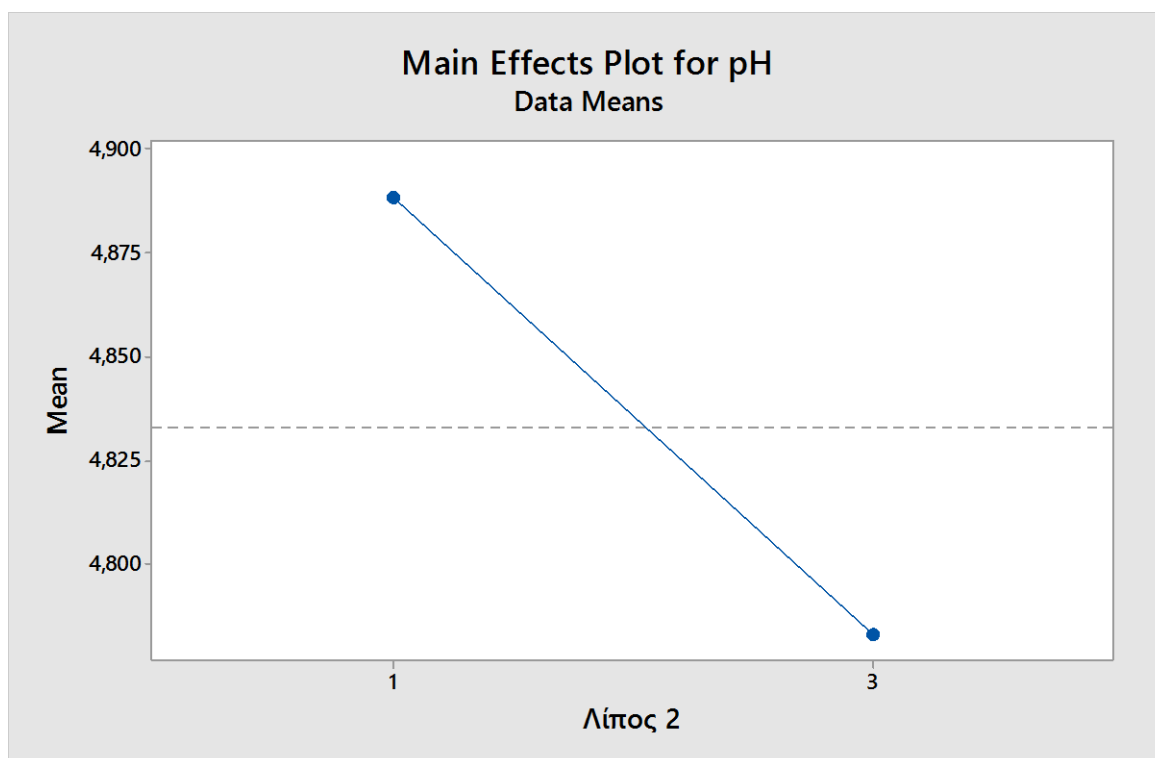
Την διερεύνηση των μερικών συντελεστών παλινδρόμησης ακολούθησε η ανάλυση διακύμανσης (ANOVA), η οποία έδειξε ότι το γραμμικό μοντέλο είναι στατιστικά σημαντικό και ειδικότερα αυτό των τριών συστατικών και των δύο αλληλεπιδράσεων, επειδή η τιμή p των συστατικών είναι μικρότερη από 0,001, αυτή της πρώτης αλληλεπίδρασης είναι ίση με $0,003 < 0,05$ και αυτή της δεύτερης είναι μικρότερη από 0,001. Στο σημείο αυτό πρέπει να γραφεί ότι δεν λαμβάνεται υπόψη η τιμή του ελέγχου της έλλειψης προσαρμογής των στοιχείων, διότι η μέτρηση του pH πραγματοποιήθηκε μεν δύο φορές, αλλά ελήφθησαν δύο τιμές από το ίδιο δείγμα και όχι μία από διαφορετικό (δηλαδή ελήφθησαν δύο φορές από το κάθε δείγμα της πρώτης επανάληψης). Πραγματοποιήθηκαν δηλαδή ομοιότυπες επαναλήψεις.

Πέραν αυτού, δεν βρέθηκαν τιμές της μεταβλητής, οι οποίες θεωρούνται ύποπτες.

Το διάγραμμα κύριας δράσης του λίπους εκδηλώνει την αρνητική επίδραση που έχει η αύξηση αυτού στην μεταβλητή του pH, η οποία εντούτοις είναι ιδιαίτερα μικρή. Σύμφωνα με το διάγραμμα, η αύξηση του ποσοστού προσθήκης του λίπους από το 1 στο 3 % μειώνει το pH από την τιμή 4,89 στην τιμή 4,78 (Σχήμα 5.7).

Ενδιαφέροντα στοιχεία προβάλλουν τα περιγράμματα ισοϋψών του pH, ένα για κάθε επίπεδο του λίπους. Όταν προστίθεται 1% λίπους στο δείγμα, από τα τρία συστατικά μόνο το ρόδι ασκεί αξιόλογη δράση, συγκεκριμένα αρνητική, στην μεταβλητή απόκρισης. Αυτό το συμπέρασμα εξάγεται από την σαφή ροπή των ισοϋψών ευθειών προς την κορυφή του ροδιού. Απεναντίας, η γιαούρτη και το μέλι δεν επηρεάζουν καθόλου το pH των δειγμάτων. Παράλληλα, οι γραμμές είναι ευθείες και παράλληλες, επομένως φαίνεται ότι τα στοιχεία έχουν γραμμικότητα και το γραμμικό μοντέλο είναι

αποκλειστικά υπεύθυνο για την μεταβολή του pH. Η αύξηση της ποσότητας προσθήκης του ροδιού από το 0 στο 15 % και η μείωση αυτών της γιαούρτης και του μελιού μειώνει το pH από τις 5,05 μονάδες στις 4,74, όταν στο δείγμα προστίθενται 15 % ρόδι, 57 % γιαούρτη και 18 % μέλι. Περαιτέρω μείωση του pH στις 4,70 μονάδες υφίσταται όταν προστίθενται η μέγιστη ποσότητα του ροδιού (15 %), 69% γιαούρτη και 6% μέλι.



Σχήμα 5.7: Γράφημα κύριας δράσης της μεταβλητής διεργασίας στην μεταβολή του pH.

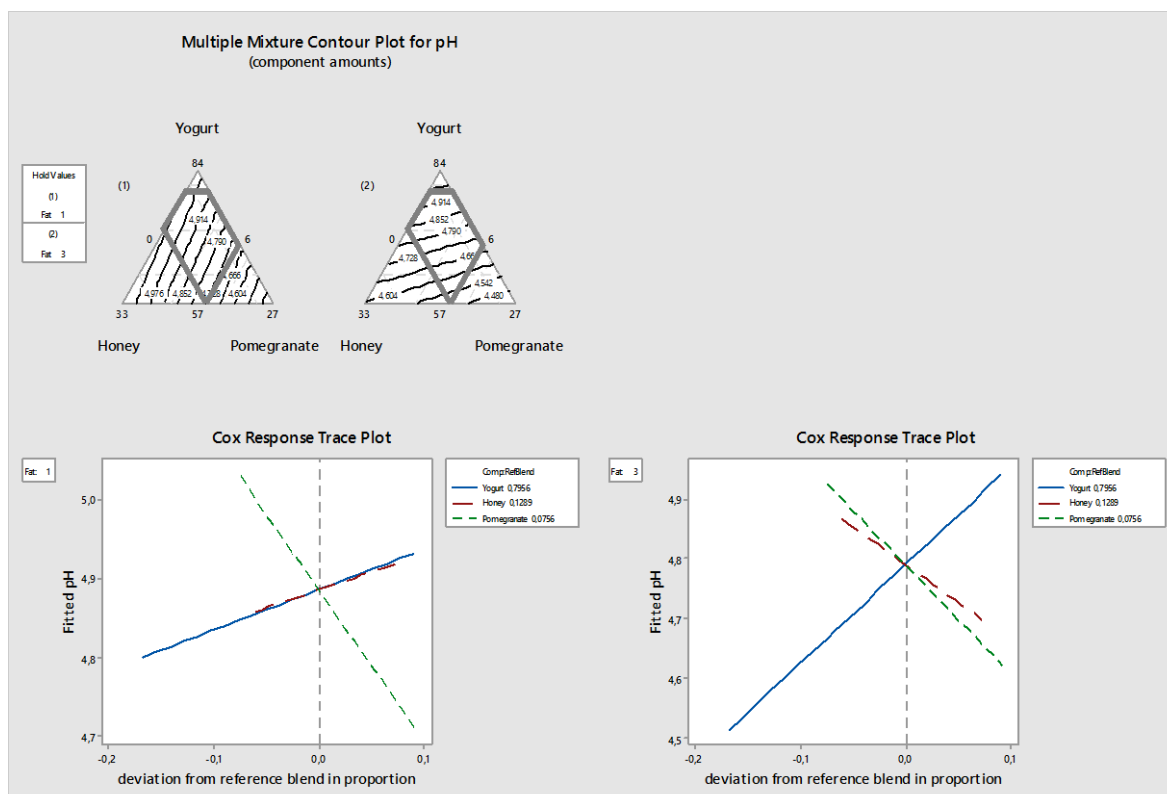
Όταν προστίθεται 3% λίπους στο προϊόν, οι ισοϋψείς γραμμές τείνουν αποκλειστικά προς την κορυφή της γιαούρτης, στοιχείο που υπογραμμίζει τον κυρίαρχο ρόλο της στην μεταβολή του pH. Από την άλλη, το μέλι και το ρόδι ασκούν πολύ περιορισμένη δράση στην μεταβλητή (το μέλι μηδαμινή), ενώ μηδαμινή είναι η αρνητική δράση της αλληλεπίδρασης του μελιού με το λίπος. Ορατή είναι επίσης η δράση της αλληλεπίδρασης της γιαούρτης με το λίπος, η οποία είναι θετική. Πράγματι, η αύξηση του ποσοστού προσθήκης του λίπους από το 1 στο 3%, συνοδευόμενη από αύξηση του ποσοστού της γιαούρτης, συνδράμει στην μεγάλη αύξηση του pH. Η αύξηση της ποσότητας της γιαούρτης έναντι αυτών των άλλων συστατικών από το 57 στο 80% αυξάνει το pH των δειγμάτων από τις 4,51 στις 4,95 μονάδες, όταν περιέχονται 80 %

γιαούρτη, 6% μέλι και 4 % ρόδι και στις 4,97 μονάδες, όταν περιέχονται η μέγιστη ποσότητα γιαούρτης (80%), 10 % μέλι και 0% ρόδι στο προϊόν. Οι γραμμές είναι, όπως προηγουμένως, παράλληλες και ευθείες, για τους λόγους που αναφέρθηκαν ανωτέρω. Παρόμοια είναι τα αποτελέσματα που παρουσιάζουν τα ιχνογραφήματα του Cox. Στο επίπεδο προσθήκης του λίπους 1 %, φαίνεται πως η γιαούρτη και το μέλι, το καθένα ατομικά, επιδρούν θετικά στην μεταβολή του pH, ενώ το ρόδι επιδρά αρνητικά και μάλιστα έντονα. Η μικρότερη μεταβολή της μεταβλητής εμφανίζεται λόγω της αύξησης της ποσότητας της γιαούρτης από το 71,6% (κεντρικό σημείο αναφοράς μίξης) στο 80% (αύξηση κατά 8,4%), αφού το pH αυξάνεται μόλις κατά 0,04 μονάδες, από τις 4,89 στις 4,93. Ίδιας έντασης αύξηση παρουσιάζεται εξ αιτίας της αύξησης της ποσότητας του μελιού (και ταυτόχρονη μείωση της γιαούρτης και του ροδιού) από το 11,6 % στο 18% (αύξηση κατά 6,4%), η οποία επιτυγχάνεται από τις 4,89 στις 4,92 μονάδες. Τέλος, πολύ μεγαλύτερη μεταβολή, μάλιστα μείωση, της μεταβλητής απόκρισης υφίσταται λόγω της αύξησης της ποσότητας του ροδιού. Ειδικότερα, η αύξηση του ποσοστού του ροδιού από το 6,8% στο 15% (αύξηση κατά 8,2%) αυξάνει το pH έντονα από τις 4,89 στις 4,71 μονάδες.

Στο επίπεδο προσθήκης λίπους 3%, διαφαίνεται με σαφήνεια η σημασία της μεταβλητής διεργασίας στην μεταβολή του pH, καθότι η κλίμακα y (pH) εμφανίζεται μειωμένη και το pH στο κεντρικό σημείο αναφοράς μίξης είναι 4,79, μικρότερη σε σύγκριση με αυτό στο 1 % λίπους (4,89). Η γιαούρτη ασκεί μεγαλύτερη δράση στην μεταβλητή, σε σχέση με πριν, αυξάνοντας το pH από τις 4,79 στις 4,94 μονάδες, όταν η ίδια αυξάνεται από το 71,6 στο 80%. Το μέλι, ενώ στο 1% λίπους ασκούσε θετική δράση, στο 3% λίπους φαίνεται να μειώνει το pH από τις 4,79 στις 4,70 μονάδες, όταν το ποσοστό προσθήκης αυξάνεται από το 11,6 στο 18%. Επιπλέον, το ρόδι ασκεί, όπως προηγουμένως, αρνητική δράση στο pH, μειώνοντάς το από τις 4,79 στις 4,62 μονάδες, όταν αυξάνεται από το 6,8 στο 15%. Τα περιγράμματα ισοϋψών και το ιχνογράφημα απόκρισης διακρίνονται στο Σχήμα 5.8.

Συνοψίζοντας τα αποτελέσματα από τα περιγράμματα ισοϋψών και τα ιχνογραφήματα Cox, είναι σαφές πως το λίπος επιδρά σημαντικά στην μεταβολή του pH, επηρεάζοντας την δράση της γιαούρτης και του μελιού. Πράγματι, η αύξηση του ποσοστού του λίπους από το 1 στο 3% και η παράλληλη αύξηση της ποσότητας της γιαούρτης αυξάνουν το pH του προϊόντος, όπως μαρτυρά και ο μερικός συντελεστής παλινδρόμησης (0,0). Επιπρόσθετα, η αύξηση του ποσοστού του λίπους και η αύξηση της ποσότητας του μελιού μειώνουν το pH, ωστόσο η μεταβολή αυτή είναι πιο ασθενής σε σχέση με την

μεταβολή που προκαλεί η αλληλεπίδραση γιαούρτης – λίπους. Σε ατομικό επίπεδο, η γιαούρτη αυξάνει το pH του δείγματος ανεξάρτητα από το ποσοστό του λίπους, αλλά πιο έντονα όταν έχει προστεθεί 3% λίπους. Το ρόδι ασκεί μονίμως αρνητική δράση, η οποία είναι έντονη τόσο στο 1% λίπους όσο στο 3%. Τέλος, το μέλι αυξάνει το pH στο 1% λίπους και όταν αυξάνεται η ποσότητα του τελευταίου η μεταβολή αντιστρέφεται, με συνέπεια να μειώνεται το pH.



Σχήμα 5.8: Περιγράμματα ισοϋψών και ιχνογραφήματα απόκρισης της μεταβλητής του pH. Αμφότερα τα ζεύγη γραφημάτων προβάλλονται στο 1 % και 3 % επίπεδο προσθήκης του λίπους. **Μπλε:** Δράση γιαούρτης, **Κόκκινο:** Δράση μελιού, **Πράσινο:** Δράση ροδιού.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, περισσότερο όξινο θα είναι το παγωτό γιαούρτη, εφόσον περιέχει αυξημένο ποσοστό ροδιού και μελιού, μειωμένη ποσότητα γιαούρτης και 3% λίπους. Λιγότερο όξινο θα είναι, εάν περιέχει αυξημένες ποσότητες γιαούρτης, μειωμένες ποσότητες ροδιού και μελιού και 1% λίπους.

Η επίδραση του μελιού, της γιαούρτης, του χυμού από ρόδι και του λίπους στο pH των δειγμάτων εξαρτάται από την τιμή pH που είχαν τα συστατικά αυτά, από την αναλογία

στην οποία βρίσκονται στο μίγμα και φυσικά από τη συγκέντρωση των υπολοίπων συστατικών που επίσης επηρεάζουν το pH. Συγκεκριμένα, η γιαούρτη είχε τιμή pH 4,6, το μέλι 5,0, ο χυμός από ρόδι 3,1, η κρέμα γάλακτος 6,7 και το νερό, η ποσοστιαία σύσταση του οποίου μεταβαλλόταν βάση της συγκέντρωσης των υπολοίπων συστατικών 7,8. Όσον αφορά την επίδραση του λίπους, αξίζει να σημειωθεί ότι η αύξηση του ποσοστού προσθήκης του, η οποία επιτυγχάνεται με την προσθήκη κρέμας γάλακτος μειώνει την ποσότητα νερού (τιμή pH 7,8) που απαιτείται. Επειδή το νερό έχει αρκετά αυξημένη τιμή pH (τη μεγαλύτερη από όλα τα συστατικά) η μείωση του ποσοστού του συνεπάγεται μείωση της τιμής pH των δειγμάτων γιατί τα υπόλοιπα συστατικά του μίγματος (γιαούρτη, μέλι και χυμός ρόδι) έχουν αρκετά μικρότερες τιμές pH από αυτό.

Οξύτητα (% γαλακτικό οξύ)

Πριν την εφαρμογή του μοντέλου, ελέγχθηκαν τα στοιχεία της μεταβλητής ως προς την κανονικότητα των υπολειμμάτων και την ομοιογένεια των διακυμάνσεων. Ενώ, όμως, τα υπολείμματα βρέθηκε ότι σε γενικές γραμμές έχουν κανονικότητα, όπως φάνηκε από το αντίστοιχο διάγραμμα, το διάγραμμα με άξονες τα τυποποιημένα υπολείμματα και τις προσαρμοσμένες τιμές εμφάνισε σπορά σημείων με κατεύθυνση προς την δεξιά πλευρά. Για να απομακρυνθούν τα σημεία το ένα από το άλλο, ώστε το γράφημα να τα περιέχει διεσπαρμένα, διαγράφηκε ο όρος της εξίσωσης που εμφάνισε τιμή p κοντά στο 0,05 και που ήταν η αλληλεπίδραση της γιαούρτης με το ρόδι και το λίπος ($p = 0,044$). Στη συνέχεια, διαγράφηκε η αλληλεπίδραση του ροδιού με το λίπος, γιατί είχε τιμή p ίση με 0,047. Κατόπιν, επειδή δεν βρέθηκε άλλος όρος με τιμή p πλησίον του 0,05, παρατηρήθηκαν τα διαγράμματα, τα οποία έδειξαν πως τα τυποποιημένα υπολείμματα ακολουθούν την κανονική κατανομή και οι διακυμάνσεις είναι ίσες (Σχήματα 5.9 και 5.10, αντίστοιχα).

Αφού πληρώθηκαν οι πρώτες προϋποθέσεις για την εφαρμογή του μοντέλου, εφαρμόστηκε η μέθοδος της προοδευτικής ένταξης των στατιστικά σημαντικών όρων, με $p_{ένταξης} = 0,05$. Το αποτέλεσμα της εφαρμογής ήταν η εξαγωγή ενός στατιστικά σημαντικού όρου της ειδικής κυβικής εξίσωσης, που αποπειράθηκε για την περιγραφή του μοντέλου. Αυτός ήταν η αλληλεπίδραση της γιαούρτης με το μέλι και το λίπος, με $p = 0,001 < 0,05$. Τα συστατικά δεν ελέγχθηκαν ως προς την στατιστική σημαντικότητα. Παράλληλα, σημαντικά διαγνωστικά κριτήρια της παλινδρόμησης πληρώθηκαν, όπως ο συντελεστής R^2 , με τον οποίο σημειώθηκε καλή προσαρμοστική

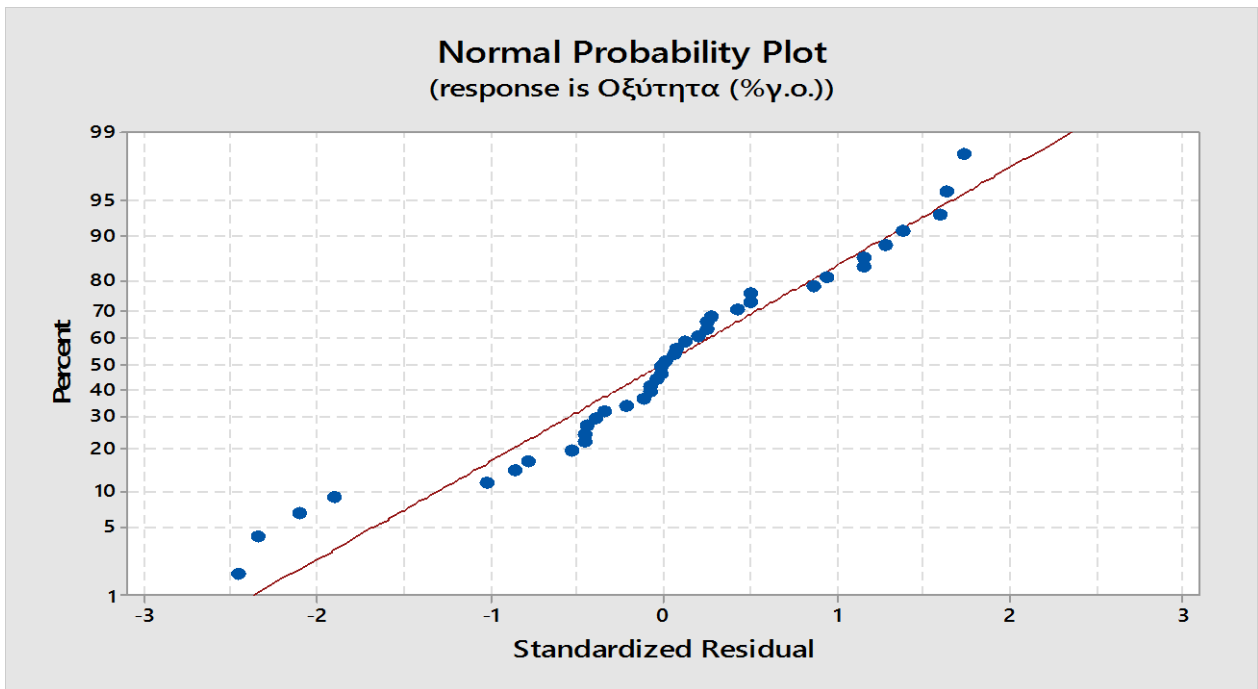
ικανότητα των στοιχείων της οξύτητας στην εξίσωση (65,52%), ο διορθωμένος R^2_{δ} , που είναι ελαφρά μικρότερος του R^2 (62,64%) και ο προβλεπτικός συντελεστής R^2_p , που είναι μικρότερος του R^2 σε ποσοστό $13,3 < 20\%$, επομένως το στατιστικό μοντέλο έχει υψηλή προβλεπτική ικανότητα (56,82%). Τέλος, το τυπικό σφάλμα της παλινδρόμησης s είναι πολύ μικρό (0,0938).

Οι μερικοί συντελεστές παλινδρόμησης επισημαίνουν την θετική δράση που ασκούν στην οξύτητα όλοι οι όροι, όπως παρατηρείται από το πρόσημο όλων των συντελεστών. Αναφορικά με το μέγεθος της δράσης, την μεγαλύτερη δράση στην μεταβλητή ασκεί η αύξηση της ποσότητας του ροδιού (και η μείωση αυτής των λοιπών συστατικών), καθώς ο μερικός συντελεστής έχει την μεγαλύτερη τιμή (2,63). Ακολουθούν η δράση της γιαούρτης, η οποία είναι ασθενέστερη (0,93) και αυτή της αλληλεπίδρασης της γιαούρτης με το μέλι και το λίπος (0,53). Την ασθενέστερη δράση εξ όλων των όρων ασκεί στην μεταβλητή το μέλι (0,14), δηλ. η αύξηση της ποσότητάς του στο δείγμα προκαλεί την μικρότερη αύξηση στην οξύτητα. Σημαντικό είναι το γεγονός ότι οι τιμές VIF όλων των όρων είναι μικρότερες από το 10, συνεπώς δεν συσχετίζονται οι όροι μεταξύ τους.

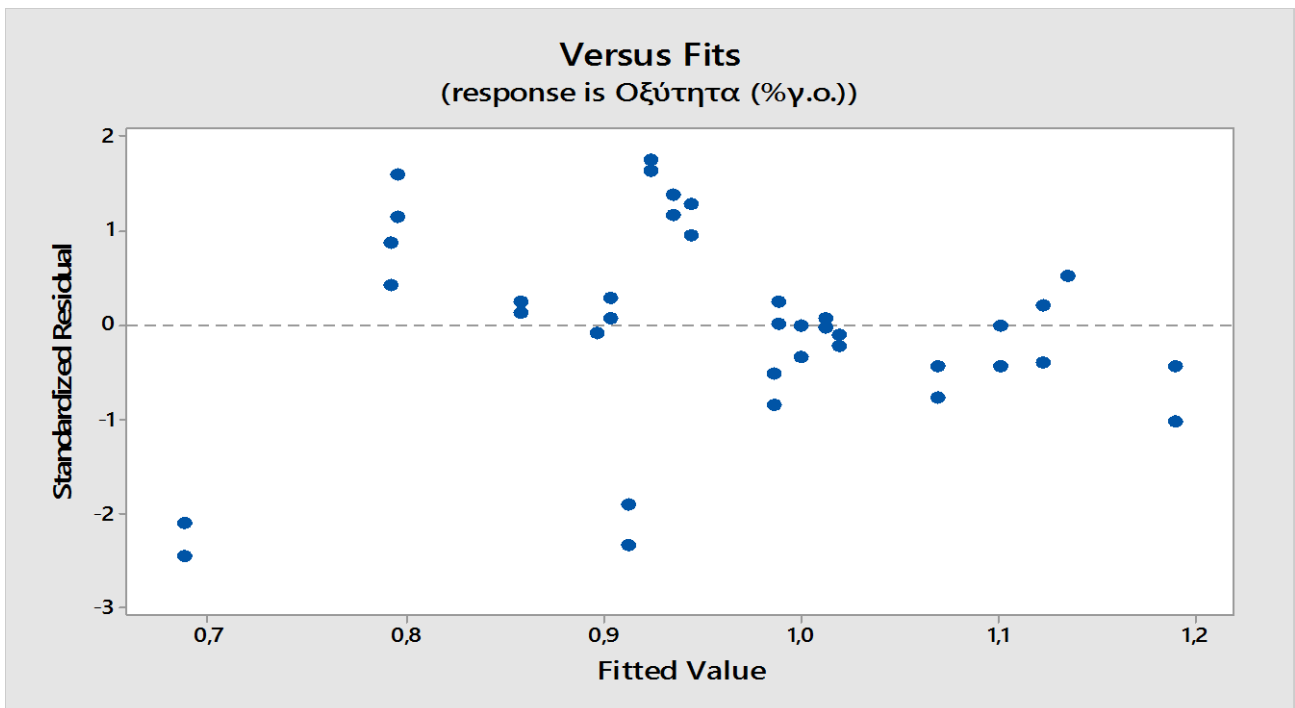
Η ανάλυση της διακύμανσης υπογράμμισε την σημαντικότητα του γραμμικού μοντέλου, με τιμή $p < 0,001$ και την σημαντικότητα μέρους του δευτεροβάθμιου, το οποίο αφορά την αλληλεπίδραση ($p = 0,001 < 0,05$). Η τιμή p του ελέγχου της έλλειψης προσαρμογής των στοιχείων δεν λήφθηκε υπόψη. Άρα, όπως αποδείχθηκε, το γραμμικό μοντέλο (τα συστατικά) και το δευτεροβάθμιο (η αλληλεπίδραση) είναι υπεύθυνα για την μεταβολή της οξύτητας.

Προτού αναλυθεί περαιτέρω το μοντέλο, ανιχνεύθηκαν τρεις τιμές της οξύτητας με τυποποιημένο υπόλειμμα μεγαλύτερο του ± 2 , οι οποίες δεν διαγράφονται από την στήλη.

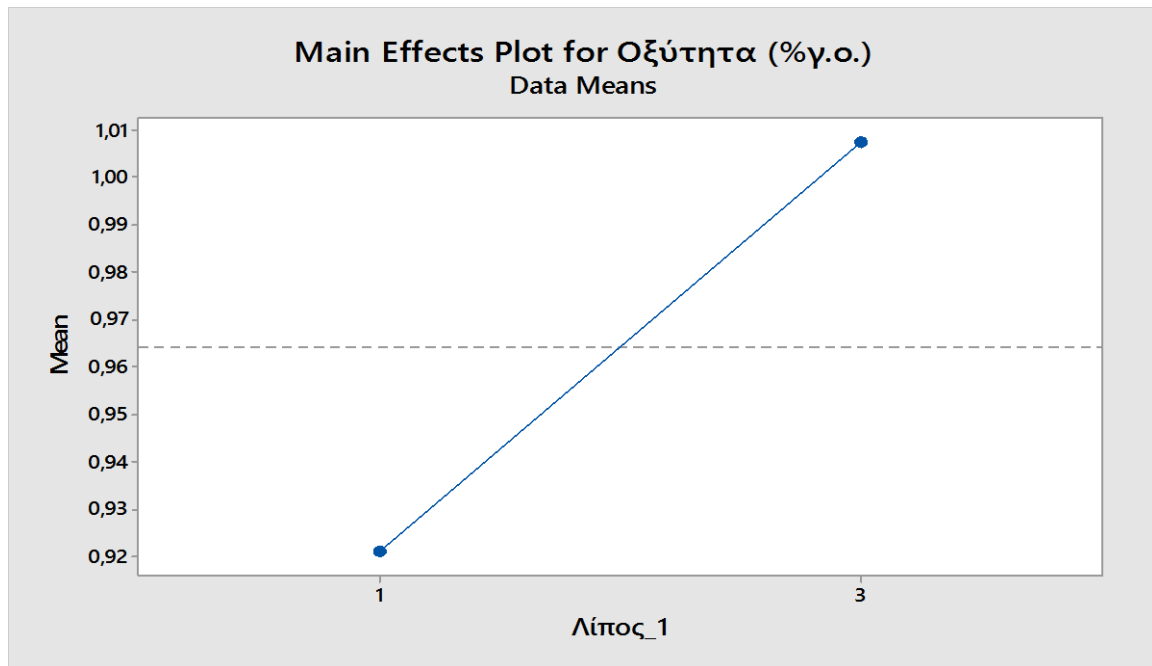
Η θετική επίδραση του λίπους στην οξύτητα φαίνεται από το διάγραμμα κύριας δράσης του λίπους, στο οποίο η αύξηση του ποσοστού προσθήκης από το 1 στο 3%, στο προϊόν, αυξάνει το ποσοστό του γαλακτικού οξέος από το 0,92 στο 1%. Βέβαια, η ατομική δράση της μεταβλητής διεργασίας δεν εξετάζεται, αλλά ενισχύει την υπόνοια του ερευνητή περί της θετικής δράσης του λίπους στην μεταβλητή απόκρισης (Σχήμα 5.11).



Σχήμα 5.9: Η κανονικότητα των τυποποιημένων υπολειμμάτων της ογκομετρούμενης οξύτητας.



Σχήμα 5.10: Η ομοιογένεια των διακυμάνσεων της ογκομετρούμενης οξύτητας.



Σχήμα 5.11: Διάγραμμα κύριας δράσης του λίπους, που αφορά την μεταβλητή της ογκομετρούμενης οξύτητας.

Από την μελέτη των περιγραμμάτων ισοϋψών της οξύτητας, προκύπτουν τα εξής στοιχεία: καταρχήν, στο επίπεδο προσθήκης του λίπους 1%, αποκλειστικά υπεύθυνο για την μεταβολή της οξύτητας καθίσταται το ρόδι, ενώ, αντίθετα, το μέλι και η γιαούρτη δεν επιδρούν καθόλου σε αυτήν. Αυτό το συμπέρασμα εξάγεται από το ότι οι ισοϋψείς γραμμές τείνουν εξ ολοκλήρου της την κορυφή του ροδιού. Συν τοις άλλοις, οι γραμμές είναι παράλληλες και ευθείες, συνεπώς τα στοιχεία της μεταβλητής εμφανίζουν πλήρη γραμμικότητα και το γραμμικό μοντέλο είναι υπεύθυνο για την μεταβολή της οξύτητας (η δράση της αλληλεπίδρασης είναι μηδαμινή σε σχέση με αυτήν του γραμμικού μοντέλου). Της δείχνει το πρώτο σχήμα, η αύξηση της ποσότητας του ροδιού από το 0 % και η μείωση αυτών της γιαούρτης και του μελιού αυξάνει έντονα την οξύτητα των δειγμάτων από το 0,69% στο 0,99%, όταν προστίθενται στο προϊόν 57% γιαούρτη, 18% μέλι και 15% ρόδι (μέγιστη ποσότητα ροδιού) και στο 1,13%, όταν προστίθενται 69% γιαούρτη, 6% μέλι και 15% ρόδι (μέγιστη ποσότητα ροδιού).

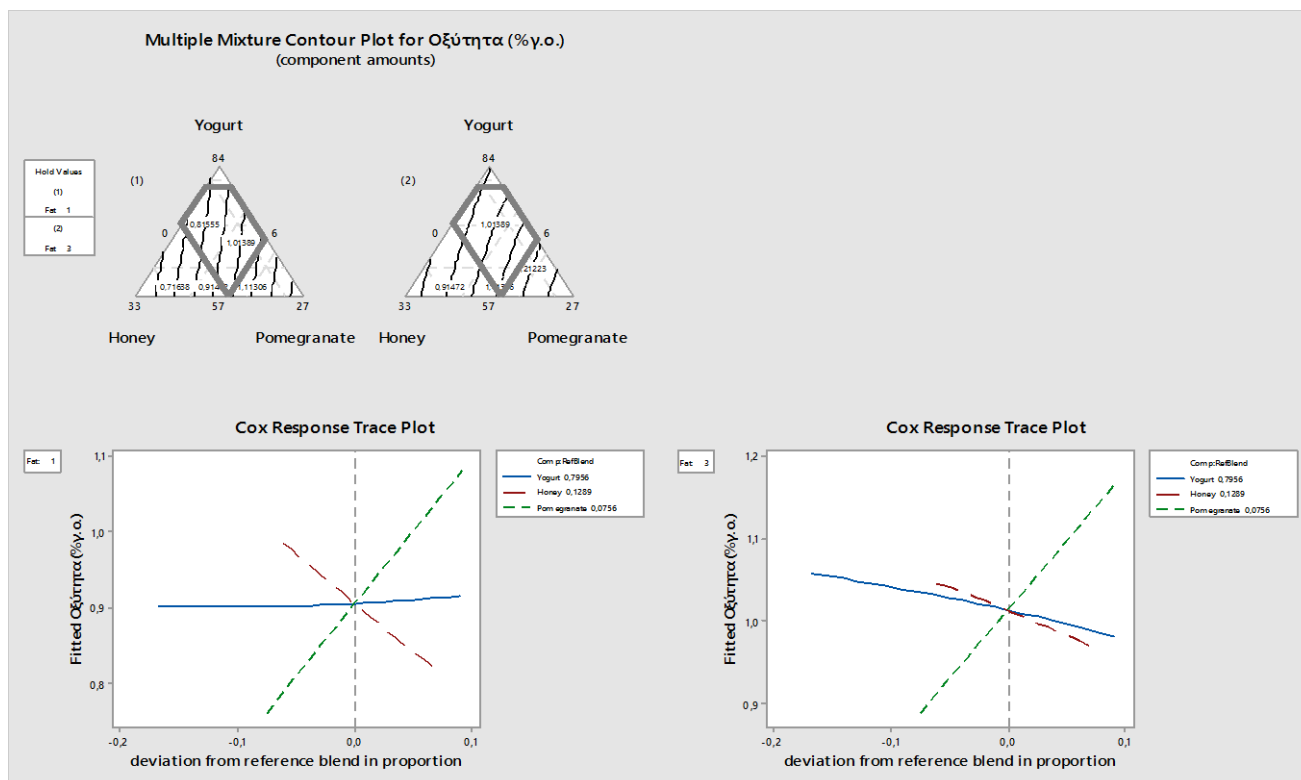
Στο επίπεδο προσθήκης λίπους 3%, είναι ορατή η επίδραση του δευτεροβάθμιου μοντέλου στην οξύτητα, καθώς οι γραμμές δεν είναι ευθείες, αλλά καμπύλες. Ο ρόλος του δευτεροβάθμιου μοντέλου, με την μορφή της αλληλεπίδρασης, είναι αξιόλογος σε σχέση με το πρώτο σχήμα, στην αύξηση της οξύτητας. Παρά ταύτα, οι γραμμές τείνουν, της προηγουμένως, στο ρόδι, οπότε αυτό είναι κυρίως υπεύθυνο για την αύξηση του

ποσοστού του γαλακτικού οξέος. Ειδικότερα, η αύξηση της ποσότητας του ροδιού από το 0 στο 15% αυξάνει την οξύτητα από το 0,86% στο 1,12%, όταν προστίθενται 57% γιαούρτη, 18 % μέλι και 15% ρόδι και στο 1,19%, όταν προστίθενται 69 % γιαούρτη, 6% μέλι και 15 % ρόδι. Στην αύξηση συμβάλλει η αύξηση του ποσοστού του λίπους από το 1 στο 3% και η μείωση των ποσοτήτων της γιαούρτης και του μελιού, συνδυασμός που ασκεί θετική δράση στην οξύτητα.

Σύμφωνα με τα ιχνογραφήματα του Cox, χρήσιμες πληροφορίες παρέχονται για την επίδραση των συστατικών και της αλληλεπίδρασης στην οξύτητα. Όταν προστίθεται 1% λίπους στο δείγμα, η αύξηση της ποσότητας τη γιαούρτης δεν αυξάνει πρακτικά καθόλου την οξύτητα, αφού το ποσοστό του γαλακτικού οξέος αυξάνεται από το 0,90 μόλις στο 0,91%, όταν η γιαούρτη αυξάνεται από το 71,6 στο 80%. Της, η αύξηση δεν πραγματοποιείται πλήρως γραμμικά, στοιχείο που σημειώνει την μικρή δράση της αλληλεπίδρασης της γιαούρτης με το μέλι και το λίπος στην μεταβολή της οξύτητας. Η αύξηση της ποσότητας του μελιού και η μείωση αυτών της γιαούρτης και του ροδιού μειώνει την οξύτητα γραμμικά από το 0,90 στο 0,81%, όταν το μέλι αυξάνεται από το 11,6 στο 18%. Η μοναδική αύξηση της μεταβλητής παρατηρείται λόγω της αύξησης του ποσοστού του ροδιού, το οποίο αυξάνει την οξύτητα με γραμμικό τρόπο, σημαντικά, από το 0,90 στο 1,08%, όταν το ποσοστό του ιδίου αυξάνεται από το 6,8 στο 15%.

Όταν προστίθεται 3% λίπους στο προϊόν, η αύξηση της ποσότητας του ροδιού αυξάνει την οξύτητα από το 1,01 % στο 1,17 %, γραμμικά. Η μεταβολή παρατηρείται, της και πριν, στο εύρος του ποσοστού του ροδιού μεταξύ του 6,8 (κεντρικό σημείο αναφοράς μίξης) και 15% (μέγιστο ποσοστό προσθήκης). Επιπλέον, γίνεται αντιληπτή η θετική δράση της αλληλεπίδρασης, αφενός λόγω της καμπυλόγραμμης μεταβολής που προκαλεί το συστατικό της γιαούρτης και αφετέρου εξ αιτίας της αυξημένης κλίμακας y και της αυξημένης τιμής της οξύτητας στο σημείο αναφοράς μίξης (στην κλίμακα, η ελάχιστη τιμή είναι 0,9 και η μέγιστη 1,20%, ενώ στο πρώτο γράφημα οι τιμές είναι 0,75 και 1,1% αντίστοιχα, επιπρόσθετα η οξύτητα στο σημείο αναφοράς είναι 1,01%, ενώ στο επίπεδο λίπους 3 % είναι 0,90 %). Πέραν αυτού, το μέλι ασκεί αρνητική δράση στην οξύτητα, γραμμικά, μειώνοντας ελαφρά την μεταβλητή από το 1,01 στο 0,97%, όταν το ποσοστό προσθήκης αυξάνεται από το 11,6 στο 18%. Γίνεται κατανοητό, λοιπόν, ότι η μείωση που προκαλεί το μέλι είναι σχετικά ασθενέστερη, όταν προστίθεται 3% λίπους στο προϊόν. Μείωση της μεταβλητής, καμπυλόγραμμης, παρατηρείται και στην περίπτωση της γιαούρτης, η αύξηση της οποίας έναντι των

άλλων συστατικών μειώνει την οξύτητα από το 1,01% στο 0,98%, όταν η ποσότητα αυξάνεται από το 71,6 στο 80%. Η μεταβολή που προκαλεί η γιαούρτη είναι ελάχιστα ισχυρότερη όταν προστίθεται 3% λίπους. Τα περιγράμματα ισοϋψών γραμμών και τα ιχνογραφήματα απόκρισης απεικονίζονται στο Σχήμα 5.12.



Σχήμα 5.12: Περιγράμματα ισοϋψών και ιχνογράφημα απόκρισης της οξύτητας (% γ.ο.), στο 1 % και 3 % προσθήκης του λίπους (κάθε ζεύγος γραφημάτων). **Μπλε:** Δράση γιαούρτης, **Κόκκινο:** Δράση μελιού, **Πράσινο:** Δράση ροδιού.

Από τις πληροφορίες που παρέχουν τα γραφήματα και οι μερικοί συντελεστές παλινδρόμησης, συνάγεται το συμπέρασμα ότι σαφής αύξηση της οξύτητας υφίσταται όταν αυξάνεται η ποσότητα του ροδιού και μειώνονται οι ποσότητες της γιαούρτης και του μελιού. Η μεταβολή που προκαλεί το ρόδι είναι ίδιας έντασης τόσο στο 1 όσο στο 3% του λίπους στο προϊόν. Επιπλέον, η αύξηση του ποσοστού προσθήκης του λίπους από το 1 και 3% και η μείωση των ποσοστών της γιαούρτης και του μελιού είναι συνδυασμός που προκαλεί αύξηση της οξύτητας και, εφόσον συνοδευτεί από αύξηση της ποσότητας του ροδιού, οδηγεί σε αρκετά υψηλά επίπεδα γαλακτικού οξέος. Εκτός των άλλων, η γιαούρτη μειώνει ελάχιστα την οξύτητα όταν το δείγμα περιέχει 3% λίπους, αλλά πρακτικά δεν την μεταβάλλει καθόλου όταν περιέχεται 1% λίπους. Τέλος,

η αύξηση της ποσότητας του μελιού μειώνει την οξύτητα ανεξαρτήτως της λιποπεριεκτικότητας, ωστόσο η μεταβολή είναι σχετικά ισχυρότερη όταν περιέχεται 1% λίπους σε σχέση με την μείωση που προκαλείται στο 3% λίπους. Έτσι, σύμφωνα με τα παραπάνω, το προϊόν θα περιέχει υψηλότερο ποσοστό γαλακτικού οξέος, εάν περιέχει 3% λίπος, αυξημένο ποσοστό ροδιού και μειωμένα ποσοστά γιαούρτης και μελιού. Στην αντίθετη περίπτωση, θα περιέχει μικρότερη ποσότητα γαλακτικού οξέος, εφόσον περιέχει 1 % λίπους, μειωμένη ποσότητα ροδιού και αυξημένες ποσότητες γιαούρτης και μελιού.

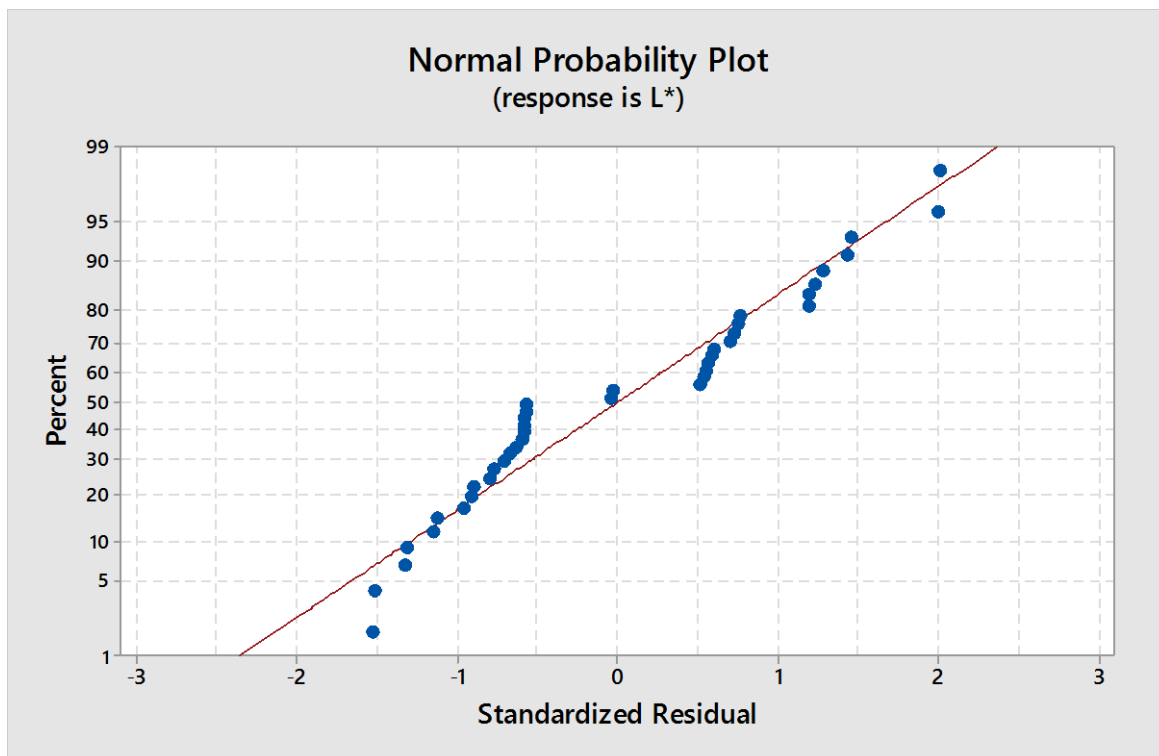
Η οξύτητα των δειγμάτων επηρεάζεται από την τιμή pH που έχουν, η οποία όπως προαναφέρθηκε εξαρτάται από την τιμή pH που είχαν τα συστατικά του μίγματος, από την αναλογία στην οποία βρίσκονταν στο μίγμα και φυσικά από τη συγκέντρωση των υπολοίπων συστατικών που επίσης επηρεάζουν το pH. Επομένως, μειωμένες τιμές pH οδηγούν σε αύξηση των τιμών της οξύτητας. Ωστόσο, επειδή το σύστημα του παγωτού περιέχει πρωτεΐνες γάλακτος, οι οποίες έχουν έντονη ρυθμιστική ικανότητα (Salaün et al., 2005) η δράση των διαφόρων συστατικών στην οξύτητα των δειγμάτων δεν έχει απόλυτη αντιστοιχία με τη δράση στο pH τους.

Χρωματομετρικές μεταβλητές

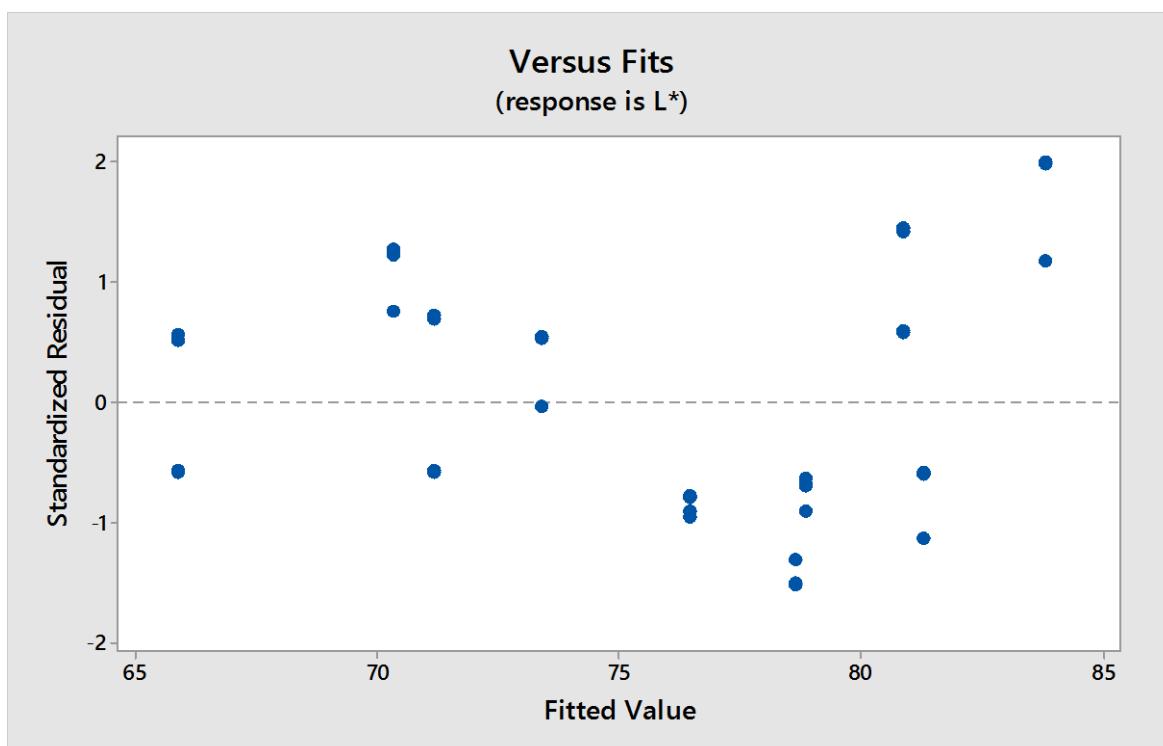
L*

Πριν ελεγχθούν οι τιμές της φωτεινότητας (ή λαμπρότητας) για την πλήρωση των διαγνωστικών κριτηρίων της παλινδρόμησης, διαπιστώθηκε ότι κατά την πρώτη ανασκόπηση του μοντέλου βρέθηκαν όροι της ειδικής κυβικής εξίσωσης με τιμές VIF μεγαλύτερες του 20. Συνεπώς, κατέστη απαραίτητη η διαγραφή των όρων με τις μεγαλύτερες τιμές VIF, ώστε αυτές να μειωθούν κάτω από το 10. Έτσι, αφαιρέθηκαν διαδοχικά η αλληλεπίδραση της γιαούρτης με το ρόδι ($VIF = 6959,15$), η αλληλεπίδραση της γιαούρτης με το μέλι ($9129,54$) και η αλληλεπίδραση της γιαούρτης με το μέλι και το ρόδι ($351,69$).

Εν συνεχεία, τα στοιχεία της μεταβλητής απόκρισης ελέγχθηκαν ως προς την κανονικότητα των υπολειμμάτων και την ομοιογένεια των διακυμάνσεων. Από τα αποτελέσματα των διαγραμμάτων κρίθηκε ότι τα τυποποιημένα υπολείμματα εμφανίζουν κανονικότητα (σημεία κοντά στην ευθεία προσαρμογής) και οι διακυμάνσεις είναι ίσες (διάσπαρτο γράφημα, βλέπε Σχήματα 5.13 και 5.14, αντίστοιχα).



Σχήμα 5.13: Γράφημα κανονικότητας των υπολειμμάτων της λαμπρότητας (L*).



Σχήμα 5.14: Γράφημα ομοιογένειας των διακυμάνσεων της λαμπρότητας (L*).

Έπειτα εφαρμόστηκε η τεχνική της προοδευτικής ένταξης των στατιστικά σημαντικών όρων της ειδικής κυβικής εξίσωσης, η οποία αποπειράθηκε. Ως $p_{ένταξης}$ ορίστηκε η τιμή 0,05. Σύμφωνα με το αποτέλεσμα της εφαρμογής, δεν βρέθηκε κάποιος στατιστικά σημαντικός όρος με $p < p_{ένταξης}$, επομένως μόνο τα συστατικά, τα οποία δεν εξετάζονται με κριτήριο την στατιστική σημαντικότητα, θα μελετηθούν περαιτέρω. Παράλληλα, φαίνεται πως πληρούνται αρκετά διαγνωστικά κριτήρια, καθώς η τιμή του προσδιοριστικού συντελεστή R^2 είναι πολύ υψηλή (85,07% – η ειδική κυβική εξίσωση είναι κατάλληλη για την περιγραφή του μοντέλου), όπως του διορθωμένου R^2 (84,27%), αλλά και του προβλεπτικού R^2 (82,51%), ο οποίος είναι μικρότερος του R^2 σε ποσοστό πολύ μικρότερο του 20%, επισημαίνοντας την υψηλή προβλεπτική ικανότητα του μοντέλου. Επίσης, χαμηλή είναι η τιμή του τυπικού σφάλματος της παλινδρόμησης s (2,35).

Παρατηρώντας τους μερικούς συντελεστές παλινδρόμησης των συστατικών, διαπιστώνεται ότι δύο συστατικά ασκούν θετική δράση στην φωτεινότητα, η γιαούρτη και το μέλι (87,5 και 54,4, αντίστοιχα) και ένα την επηρεάζει αρνητικά, το ρόδι (-2,2), όπως μαρτυρούν τα πρόσημα των συντελεστών. Σχετικά με το μέγεθος της μεταβολής, η αύξηση της ποσότητας της γιαούρτης έναντι των ποσοτήτων του ροδιού και του μελιού οδηγεί στην μεγαλύτερη μεταβολή (αύξηση) της φωτεινότητας των δειγμάτων. Μικρότερη αύξηση στην μεταβλητή προκαλεί η αύξηση της ποσότητας του μελιού και πολύ ασθενέστερη μείωση, σε σύγκριση με την μεταβολή που προκαλούν τα ανωτέρω συστατικά, προκαλεί η αύξηση της ποσότητας του ροδιού στο προϊόν. Πέραν αυτού, οι όροι του γραμμικού μοντέλου δεν συσχετίζονται μεταξύ τους, όπως το βεβαιώνουν οι τιμές VIF, που είναι μικρότερες του 10.

Κατόπιν, πραγματοποιήθηκε η ανάλυση διακύμανσης (ANOVA), η οποία έδειξε ότι μόνο το γραμμικό μοντέλο είναι στατιστικά σημαντικό ($p < 0,001$) και εξ ολοκλήρου υπεύθυνο για την μεταβολή της φωτεινότητας. Επιπλέον, η τιμή p του ελέγχου της έλλειψης προσαρμογής των στοιχείων δεν λαμβάνεται υπόψη.

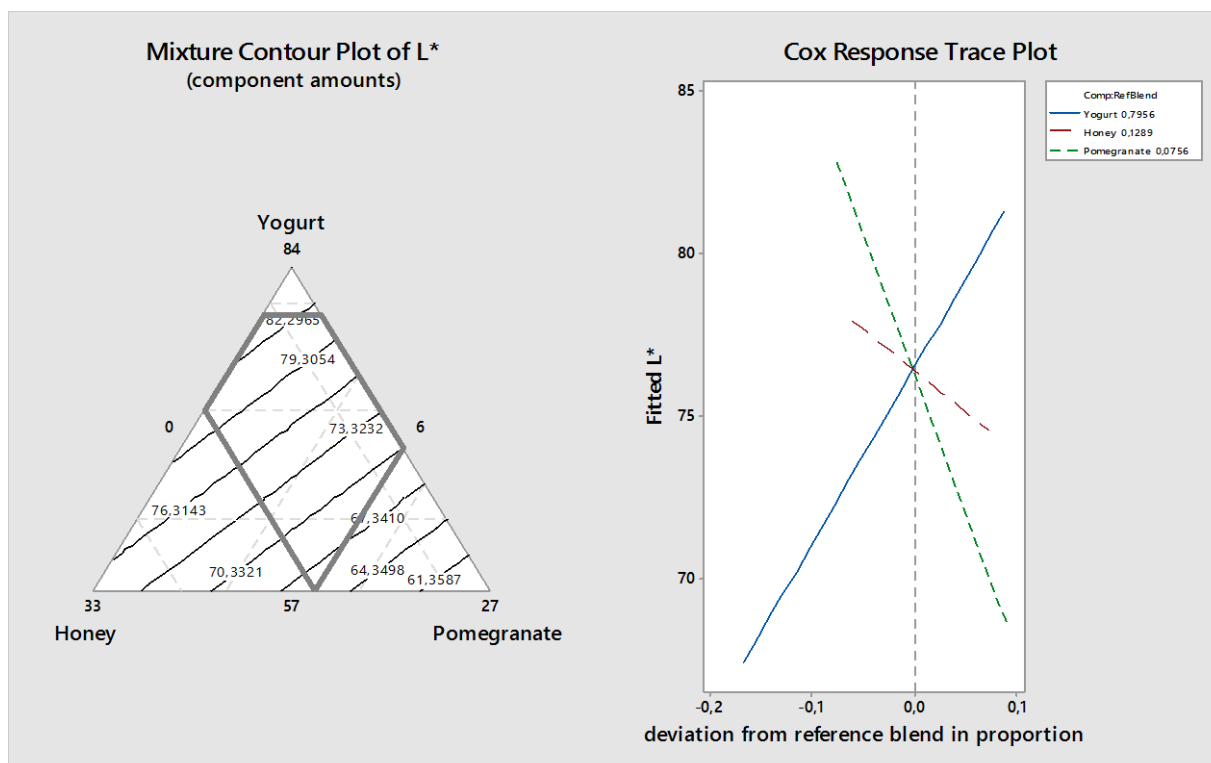
Η εφαρμογή του μοντέλου είχε ως αποτέλεσμα την ανίχνευση μία τιμής της μεταβλητής, που είχε τυποποιημένο υπόλειμμα μεγαλύτερο του ± 2 (ύποπτη).

Ακολουθεί η προβολή του περιγράμματος ισοϋψών της λαμπρότητας (το λίπος δεν επηρεάζει τη μεταβολή της μεταβλητής, οπότε ένα σχήμα προβάλλεται), το οποίο πληροφορεί για τα εξής στοιχεία: η επίδραση της γιαούρτης στην λαμπρότητα είναι ισότιμη με αυτήν του ροδιού, καθώς οι ισοϋψείς γραμμές τείνουν προς τις κορυφές της γιαούρτης και του ροδιού. Από την άλλη, το μέλι δεν επιδρά καθόλου στην

λαμπρότητα. Επίσης, οι ισοϋψείς γραμμές είναι ευθείες και παράλληλες, συνεπώς τα στοιχεία έχουν γραμμικότητα (οι μεταβολές γίνονται γραμμικά) και μόνο το γραμμικό μοντέλο είναι υπεύθυνο για την μεταβολή της λαμπρότητας, όπως άλλωστε έδειξε η ANOVA. Η μεν γιαούρτη, όταν το ποσοστό της αυξάνεται από το 57% στο 80% και μειώνονται τα ποσοστά του μελιού και του ροδιού, οδηγεί σε σημαντική αύξηση της φωτεινότητας από 66,1 σε 81,2, όταν προστίθενται 80% γιαούρτη, 6% μέλι και 4% ρόδι και περαιτέρω μέχρι 83,8, όταν προστίθενται στο δείγμα 80% γιαούρτη, 10% μέλι και 0% ρόδι. Το δε ρόδι, όταν αυξάνεται το ποσοστό προσθήκης από το 0 στο 15% και μειώνονται αντίστοιχα αυτά της γιαούρτης και του μελιού, μειώνει την λαμπρότητα από 83,8 σε 70,3, όταν προστίθενται 69% γιαούρτη, 6% μέλι και 15% ρόδι και περισσότερο σε 66,1, όταν προστίθενται στο δείγμα 57% γιαούρτη, 18% μέλι και 15% ρόδι.

Επιπρόσθετα, ενδιαφέροντα είναι τα στοιχεία που παρουσιάζει το ιχνογράφημα του Coch: από τα τρία συστατικά μόνο η γιαούρτη προκαλεί αύξηση της φωτεινότητας, σε αντίθεση με το μέλι και το ρόδι, τα οποία την μειώνουν. Ειδικότερα, η αύξηση του ποσοστού της γιαούρτης από το 71,6% (κεντρικό σημείο αναφοράς μίξης) στο 80% (μέγιστη ποσότητα) αυξάνει τη μεταβλητή από 76,5 σε 81,3. Αντίστοιχα, η αύξηση του ποσοστού του ροδιού από το 6,8 στο 15% μειώνει την λαμπρότητα από 76,5 σε 68,7, συνεπώς φαίνεται ότι η μεταβολή που προκαλεί το ρόδι είναι ισχυρότερη από την μεταβολή που προκαλεί η γιαούρτη. Ελαφρά μείωση προκαλεί στη λαμπρότητα η αύξηση της ποσότητας του μελιού από το 11,6 στο 18%. Ταυτόχρονα, η μεταβλητή μειώνεται από 76,5 σε 74,6. Προκύπτει, λοιπόν, ότι η μεταβολή που προκαλεί η αύξηση του ποσοστού του μελιού είναι η ασθενέστερη όλων. Το περίγραμμα ισοϋψών και το ιχνογράφημα απόκρισης παρουσιάζονται στο Σχήμα 5.15.

Ως συμπέρασμα από τις πληροφορίες που παρασχέθηκαν από τα ανωτέρω σχήματα, μπορεί να εξαχθεί το γεγονός ότι η αύξηση της ποσότητας της γιαούρτης εις βάρος των ποσοτήτων των άλλων συστατικών αυξάνει σημαντικά τη λαμπρότητα των δειγμάτων, ενώ αντίστροφη μεταβολή ελαφρά μεγαλύτερης έντασης παρατηρείται κατά την αύξηση της ποσότητας του ροδιού και την μείωση αυτών της γιαούρτης και του μελιού. Επιπλέον, το μέλι και το λίπος δεν επηρεάζουν καθόλου την μεταβολή της μεταβλητής απόκρισης. Άρα, δείγματα που περιέχουν αυξημένη ποσότητα γιαούρτης και μειωμένη ποσότητα ροδιού θα εμφανίζουν μεγαλύτερη φωτεινότητα. Αντίθετα, δείγματα με αυξημένη ποσότητα ροδιού και μειωμένη ποσότητα γιαούρτης θα εμφανίζουν μικρότερες τιμές L*.



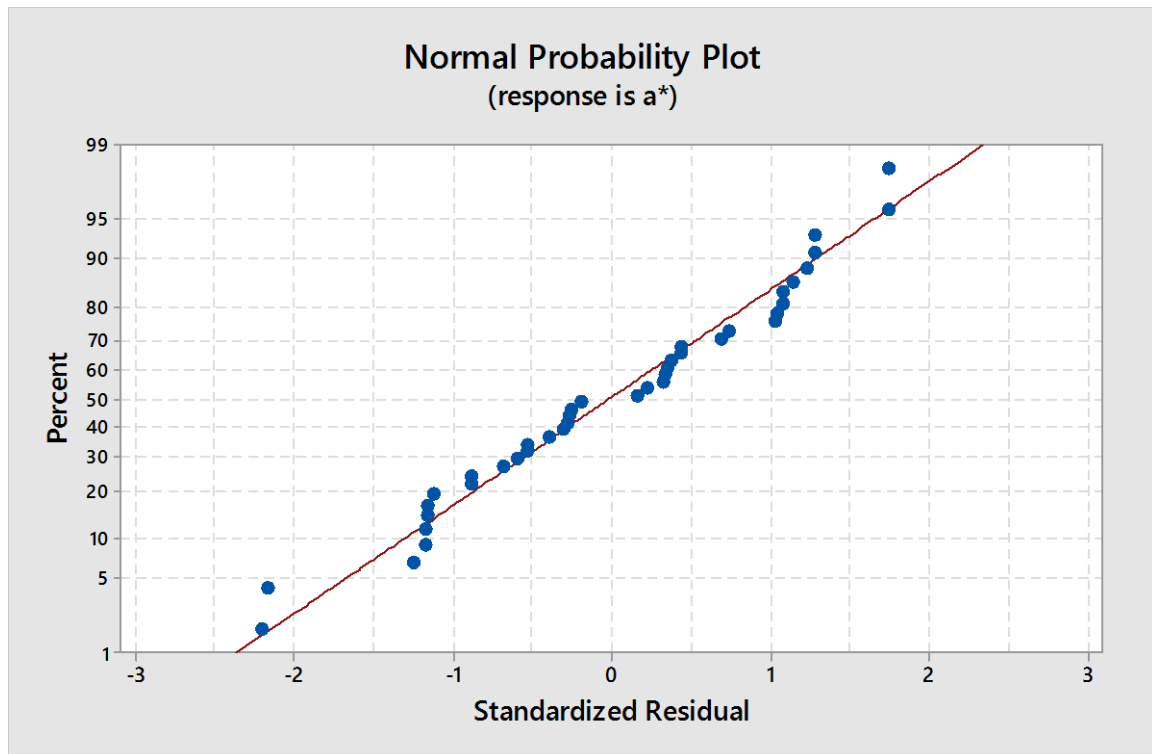
Σχήμα 5.15: Περίγραμμα ισοϋψών και ιχνογράφημα απόκρισης της λαμπρότητας (L^*).
Μπλε: Δράση γιαούρτης, **Κόκκινο:** Δράση μελιού, **Πράσινο:** Δράση ροδιού.

Η αύξηση της λαμπρότητας των δειγμάτων με την αύξηση του ποσοστού προσθήκης της γιαούρτης οφείλεται στην παρουσία των καζεϊνών, οι οποίες υπάρχουν στο σύστημα του παγωτού γιαούρτης υπό τη μορφή καζεϊνικών μικκυλίων. Η αύξηση της συγκέντρωσης των μικκυλίων, αυξάνει την αντανάκλαση του φωτός (Walstra, et al., 2006) με αποτέλεσμα να αυξάνεται η φωτεινότητα των δειγμάτων. Το κόκκινο χρώμα του χυμού από ρόδι ήταν υπεύθυνο για τη μείωση της φωτεινότητας των δειγμάτων.

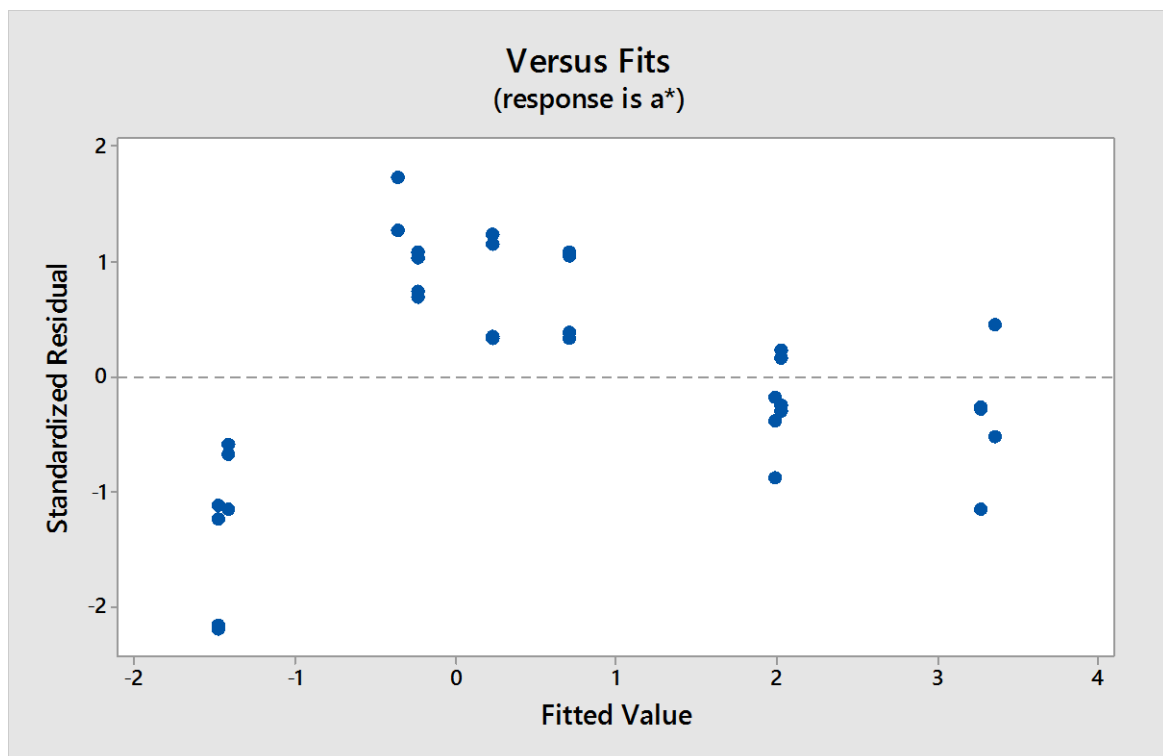
a*

Πριν την αξιολόγηση των στοιχείων της μεταβλητής για την οριστική εφαρμογή του μοντέλου, παρατηρήθηκε πως η μεταβλητή δεν πληροί ένα διαγνωστικό κριτήριο, τον συντελεστή διεύρυνσης της διακύμανσης (VIF). Για τον σκοπό αυτόν αφαιρέθηκαν διαδοχικά όλοι οι όροι που εμφάνισαν τιμές VIF μεγαλύτερες του 20: η αλληλεπίδραση της γιαούρτης με το ρόδι (6959,15), η αλληλεπίδραση της γιαούρτης με το μέλι (9129,54) και έπειτα η αλληλεπίδραση της γιαούρτης με το μέλι και το ρόδι (351,69). Στην συνέχεια, αξιολογήθηκαν οι τιμές της μεταβλητής ως προς την κανονικότητα των υπολειμμάτων και την ομοιογένεια των διακυμάνσεων. Τα αντίστοιχα γραφήματα

έδειξαν ότι οι δύο προϋποθέσεις πληρούνται από την μεταβλητή (Σχήματα 5.16 και 5.17, αντίστοιχα).



Σχήμα 5.16: Η κανονική κατανομή των υπολειμμάτων της μεταβλητής a^* .



Σχήμα 5.17: Η ομοιογένεια των διακυμάνσεων (διασπαρμένα σημεία) της μεταβλητής a^* .

Κατόπιν, αξιοποιήθηκε η ειδική κυβική εξίσωση για την περιγραφή του μοντέλου. Για την εξαγωγή των στατιστικά σημαντικών όρων της εξίσωσης, εφαρμόστηκε η τεχνική της προοδευτικής ένταξης, με $p_{ένταξης}$ ίσο με 0,05. Σύμφωνα με αυτήν, δεν βρέθηκαν όροι με $p < p_{ένταξης}$, επομένως θα μελετηθούν μόνο τα τρία συστατικά ως προς την επίδραση που ασκούν στην μεταβλητή. Πέραν τούτου, ανιχνεύθηκαν: πολύ μικρό τυπικό σφάλμα της πολλαπλής παλινδρόμησης (0,488), πολύ υψηλός συντελεστής R^2 (92,77 %), που υπογραμμίζει την άριστη προσαρμοστική ικανότητα των στοιχείων του a^* στην ειδική κυβική εξίσωση, ελάχιστα μικρότερος R^2_{δ} (92,38%) και πολύ υψηλός R^2_p (91,61 %), μικρότερος του R^2 σε ποσοστό 1,25 % και προσδίδοντας στο μοντέλο πολύ υψηλή προβλεπτική αξία.

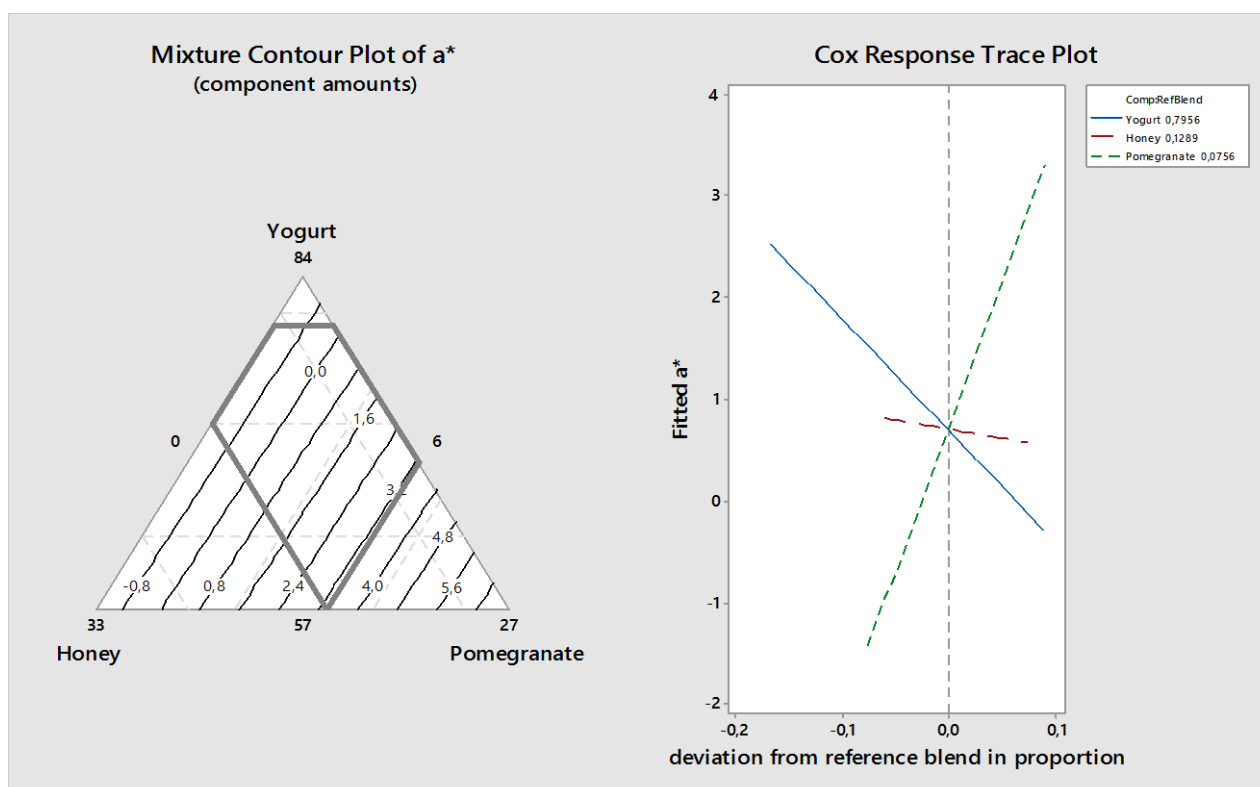
Τα πρόσημα των μερικών συντελεστών παλινδρόμησης των συστατικών δηλώνουν την αρνητική δράση στην μεταβλητή a^* που ασκούν η γιαούρτη και το μέλι (συντελεστές $-1,54$ και $-0,87$ αντίστοιχα) και την θετική δράση που ασκεί το ρόδι σε αυτήν (27,05). Συν τοις άλλοις, οι τιμές των συντελεστών υποδεικνύουν ότι το ρόδι προκαλεί την μεγαλύτερη μεταβολή της μεταβλητής, η οποία είναι έντονη, από όλα τα συστατικά, πολύ ισχυρότερη από αυτές που προκαλούν η γιαούρτη και το μέλι, οι οποίες είναι ελαφρές. Παράλληλα, οι τιμές VIF είναι μικρότερες του 10, οπότε οι όροι του γραμμικού μοντέλου δεν εμφανίζουν συσχέτιση.

Η εφαρμογή της ANOVA επιβεβαίωσε την στατιστική σημαντικότητα του γραμμικού μοντέλου ($p < 0,001$), το οποίο είναι παντελώς υπεύθυνο για την μεταβολή του μεγέθους a^* . Η τιμή p του ελέγχου της έλλειψης προσαρμογής των στοιχείων δε λαμβάνεται υπόψη.

Πέραν αυτού, εντοπίστηκαν δύο τιμές της μεταβλητής με τυποποιημένο υπόλειμμα μεγαλύτερο του ± 2 , που θεωρούνται ύποπτες αλλά δεν διαγράφονται.

Σύμφωνα με το περίγραμμα ισοϋψών της μεταβλητής a^* , μόνο το ρόδι είναι υπεύθυνο για την μεταβολή της μεταβλητής απόκρισης, καθώς οι γραμμές τείνουν αποκλειστικά προς την κορυφή του. Από την άλλη πλευρά, η γιαούρτη και το μέλι δεν επιδρούν καθόλου στην μεταβλητή. Επιπλέον, οι ισοϋψείς γραμμές είναι ευθείες και παράλληλες μεταξύ τους, στοιχείο που υποδηλώνει την γραμμικότητα των τιμών του a^* και την αξία του γραμμικού μοντέλου ως το μοναδικό που επηρεάζει την τιμή της μεταβλητή απόκρισης. Η αύξηση της ποσότητας του ροδιού στο δείγμα από το 0 ως το 15 % οδηγεί σε αύξηση του a^* από το $-1,39$ στο $3,25$, όταν προστίθενται 69 % γιαούρτη, 6 % μέλι και 15% ρόδι και στην τιμή $3,31$, όταν προστίθενται 57 % γιαούρτη, 18% μέλι και 15% ρόδι.

Η διερεύνηση του ιχνογραφήματος του Cox, το οποίο προβάλλει την ατομική δράση καθενός συστατικού, παρουσιάζει την εξής πληροφόρηση: το ρόδι επιδρά θετικά στην μεταβολή του a^* , ενώ η γιαούρτη και το μέλι επιδρούν αρνητικά στην μεταβλητή. Συγκεκριμένα, η αύξηση του ποσοστού προσθήκης του ροδιού από το 6,8 στο 15% αύξησε σημαντικά το a^* από 0,72 σε 3,32. Η αύξηση της ποσότητας του μελιού από το 11,6 στο 18 % μείωσε ελαφρά τη μεταβλητή από 0,72 σε 0,59. Τέλος, η αύξηση του ποσοστού προσθήκης της γιαούρτης από το 71,6 στο μέγιστο 80% προκάλεσε τη μείωση του a^* από το 0,72 στο $-0,26$. Όλες οι μεταβολές πραγματοποιούνται γραμμικά, καθότι καμία αλληλεπίδραση δεν είναι στατιστικά σημαντική και επιπρόσθετα παρατηρείται ότι η μεταβολή που προκαλεί στο a^* η αύξηση της ποσότητας του ροδιού είναι η μεγαλύτερη όλων και πολύ ισχυρότερη από αυτές που προκαλούν η γιαούρτη και το μέλι, γεγονός που αποδεικνύεται από τις τιμές των μερικών συντελεστών παλινδρόμησης (το περίγραμμα ισοϋψών και το ιχνογράφημα απόκρισης φαίνονται στο Σχήμα 5.18.).



Σχήμα 5.18: Περίγραμμα ισοϋψών και ιχνογράφημα απόκρισης, αριστερά και δεξιά αντίστοιχα, της μεταβλητής a^* . **Μπλε:** Δράση γιαούρτης, **Κόκκινο:** Δράση μελιού, **Πράσινο:** Δράση ροδιού.

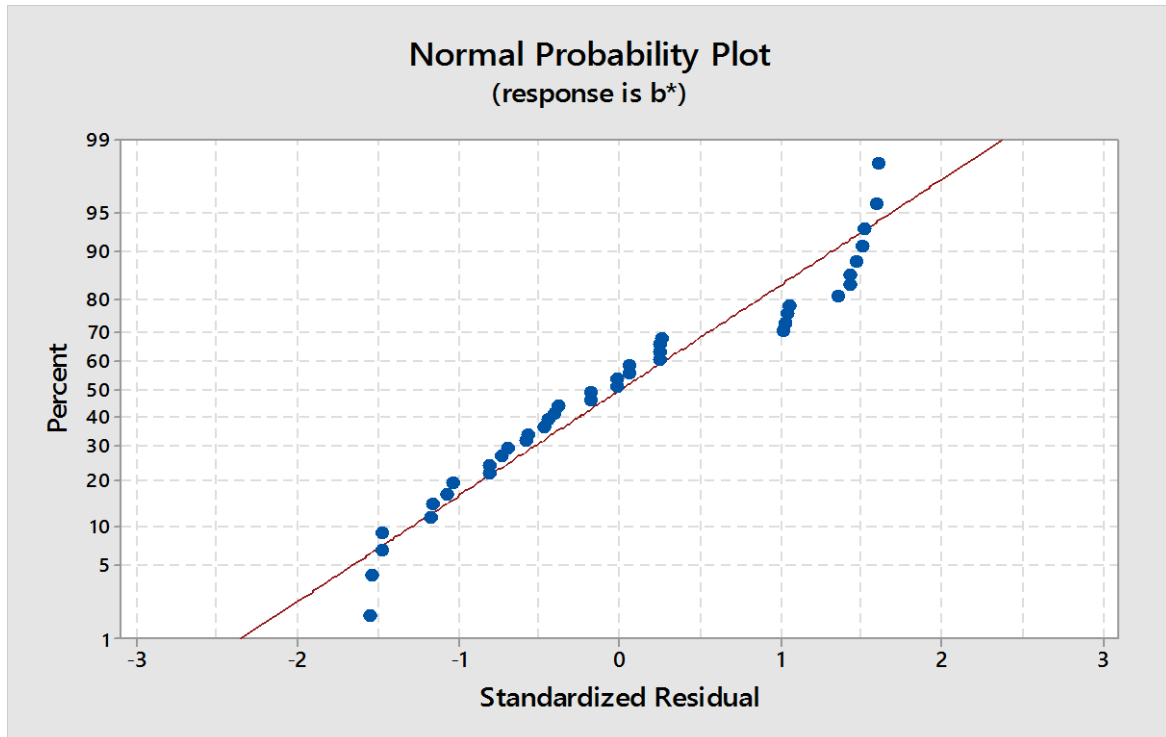
Από τα παραπάνω προκύπτει ότι το ρόδι είναι σχεδόν εξ ολοκλήρου υπεύθυνο για την μεταβολή της μεταβλητής a^* , η αύξηση της ποσότητας του οποίου αυξάνει σημαντικά την μεταβλητή, ενισχύοντας την παρουσία του κόκκινου χρώματος στα δείγματα (θετικές τιμές του a^* δηλώνουν την παρουσία κόκκινου χρώματος, του οποίου η ένταση αυξάνεται όσο αυξάνεται η τιμή της μεταβλητής). Από την άλλη πλευρά, το μέλι δεν επηρεάζει πρακτικά καθόλου τη μεταβλητή απόκρισης, ενώ η αύξηση της ποσότητας της γιαούρτης και η αντίστοιχη μείωση αυτών του ροδιού και του μελιού μειώνει πολύ λίγο την τιμή του a^* , μειώνοντας παράλληλα την ένταση του κόκκινου χρώματος και οδηγώντας τη μεταβλητή σε αρνητικές τιμές, που εξ ορισμού ενισχύουν την παρουσία του πράσινου χρώματος. Οπότε, δείγματα με αυξημένη ποσότητα ροδιού και μειωμένη ποσότητα γιαούρτης θα εμφανίζουν κόκκινο χρώμα, λόγω των υψηλών τιμών της μεταβλητής. Δείγματα με μειωμένη ποσότητα ροδιού και αυξημένη ποσότητα γιαούρτης θα έχουν περιορισμένη ένταση κόκκινου χρώματος ή καθόλου κόκκινο χρώμα.

Το κόκκινο χρώμα του χυμού από ρόδι είναι υπεύθυνο για την αύξηση της έντασης του κόκκινου χρώματος των δειγμάτων παγωτού γιαούρτης. Η μείωση των τιμών του a^* σε αρνητικές τιμές με την αύξηση του ποσοστού προσθήκης της γιαούρτης, οφείλεται στην παρουσία της ριβοφλαβίνης στο γάλα. Η ριβοφλαβίνη είναι μία χρωστική, η οποία έχει κιτρινοπράσινο χρώμα (Walstra et al., 2006).

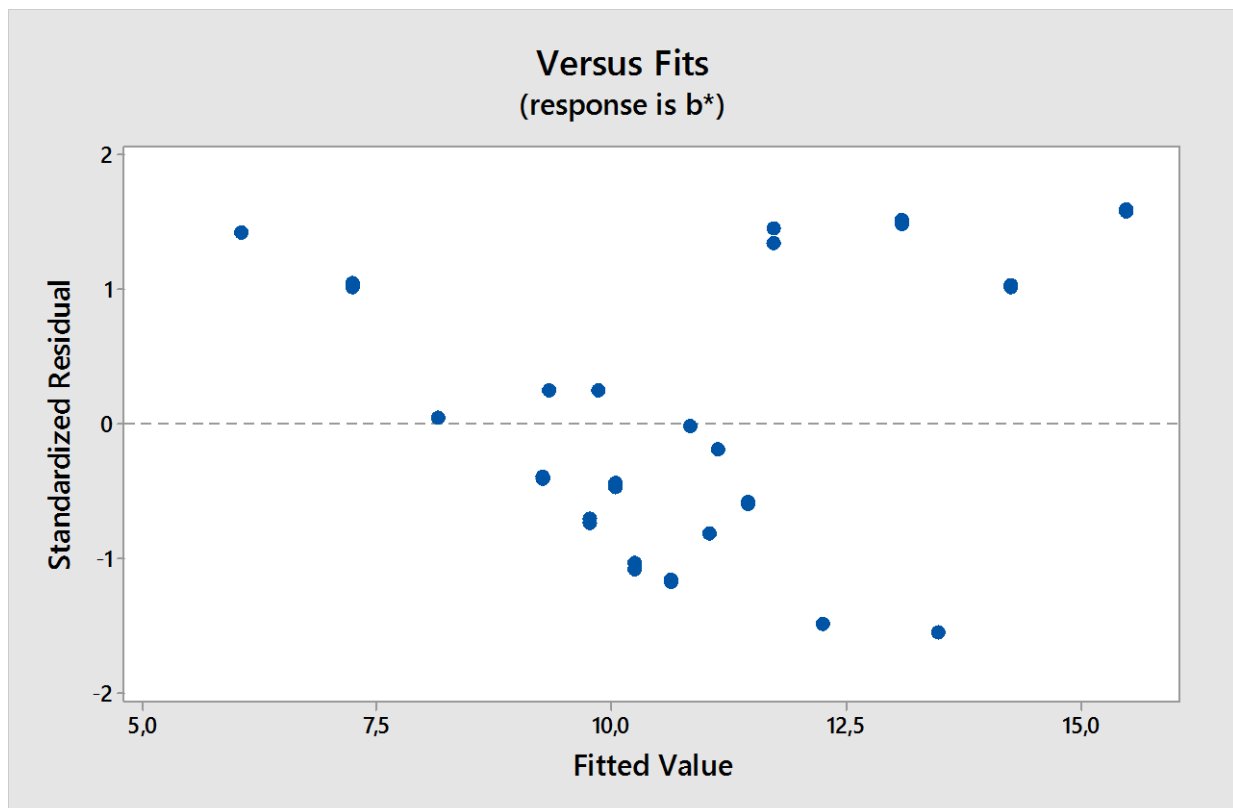
b*

Πριν αξιολογηθούν τα στοιχεία της μεταβλητής ως προς την πλήρωση των διαγνωστικών κριτηρίων της παλινδρόμησης, κατά την προκαταρκτική εφαρμογή του μοντέλου εντοπίστηκαν τιμές VIF πολύ μεγαλύτερες από 20 και έγινε προσπάθεια να μειωθούν σε αριθμούς μικρότερους του 10. Για να γίνει αυτό, αφαιρέθηκαν ένας προς ένας οι όροι με τις μεγαλύτερες τιμές VIF κάθε φορά. Έτσι, αφαιρέθηκε από την ειδική κυβική εξίσωση η αλληλεπίδραση της γιαούρτης με το ρόδι (6959,15), έπειτα η αλληλεπίδραση της γιαούρτης με το μέλι (9129,54), η αλληλεπίδραση των συστατικών (γιαούρτη · μέλι · ρόδι), που εμφάνισε τιμή ίση με 351,687 και εν τέλει η αλληλεπίδραση του μελιού με το ρόδι (18,501).

Στην συνέχεια, τα στοιχεία ελέγχθηκαν ως προς την κανονικότητα των υπολειμμάτων και την ομοιογένεια των διακυμάνσεων. Τα αντίστοιχα διαγράμματα επιβεβαίωσαν το γεγονός ότι τα υπολείμματα ακολουθούν την κανονική κατανομή και ότι οι διακυμάνσεις είναι ίσες (Σχήματα 5.19 και 5.20, αντίστοιχα).



Σχήμα 5.19: Η κανονικότητα των υπολειμμάτων της μεταβλητής b^* .



Σχήμα 5.20: Η ομοιογένεια των διακυμάνσεων της μεταβλητής b^* .

Ακολούθως, αποπειράθηκε για την περιγραφή του στατιστικού μοντέλου η ειδική κυβική εξίσωση και εφαρμόστηκε η τεχνική της προοδευτικής ένταξης των στατιστικά σημαντικών όρων της εξίσωσης, με $p_{ένταξης} = 0,05$.

Το αποτέλεσμα της τεχνικής ήταν η εξαγωγή ενός στατιστικά σημαντικού όρου, της αλληλεπίδρασης της γιαούρτης με το λίπος, ο οποίος είχε τιμή $p < 0,001$ (συνεπώς $p < p_{ένταξης}$). Τα συστατικά δεν ελέγχθηκαν ως προς την στατιστική σημαντικότητα. Εκτός των άλλων, σημαντικά διαγνωστικά κριτήρια της πολλαπλής παλινδρόμησης φαίνεται πως πληρούνται, όπως ο υψηλός προσδιοριστικός συντελεστής R^2 (84,97%), που φανερώνει την πολύ καλή προσαρμοστική ικανότητα των στοιχείων της εξαρτημένης μεταβλητής στην ειδική κυβική εξίσωση, ο διορθωμένος R^2_{δ} (83,72%), που είναι ελάχιστα μικρότερος του R^2 και ο προβλεπτικός R^2_p (81,20%), ο οποίος είναι μικρότερος του R^2 σε ποσοστό μικρότερο του 20%, στοιχείο που επισημαίνει την υψηλή προβλεπτική αξία του μοντέλου. Παράλληλα, μικρό, όπως επιθυμείται, είναι το τυπικό σφάλμα της παλινδρόμησης s (0,988).

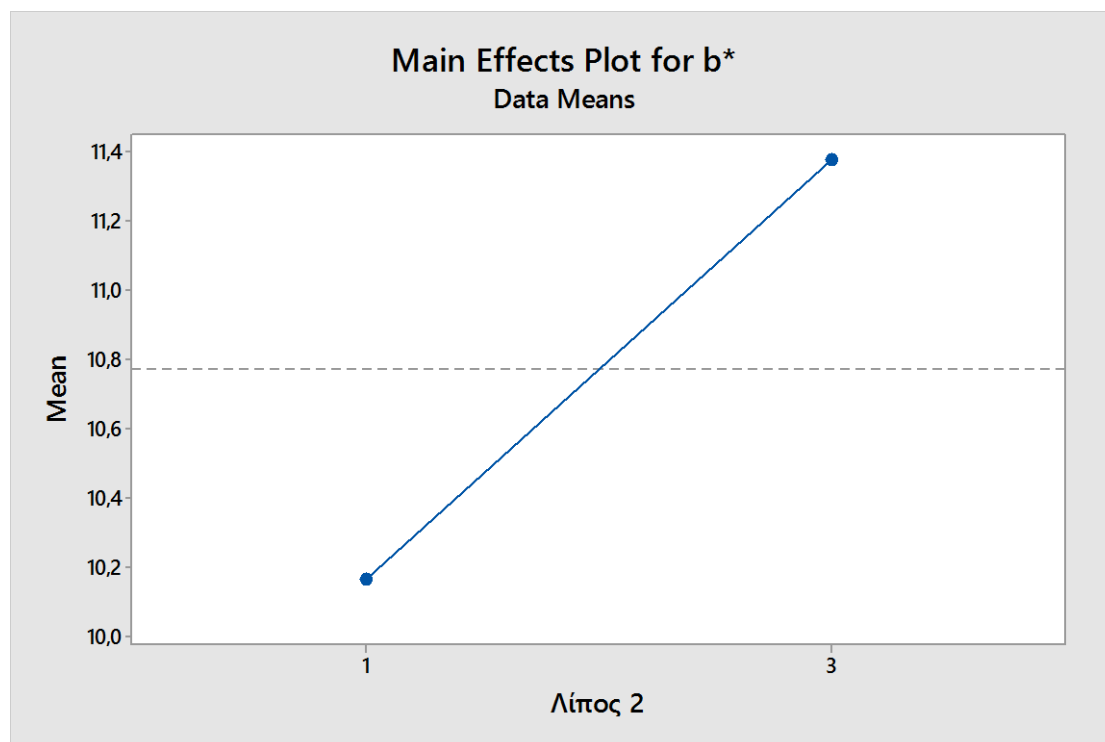
Παρατηρώντας τους μερικούς συντελεστές παλινδρόμησης των τεσσάρων όρων (συστατικά και αλληλεπίδραση), φαίνεται πως μόνο το ρόδι ασκεί αρνητική δράση στην μεταβλητή b^* , ενώ η γιαούρτη, το μέλι και η αλληλεπίδραση της γιαούρτης με το λίπος ασκούν θετική δράση σε αυτήν. Ειδικότερα, την μεγαλύτερη δράση όλων ασκεί το μέλι, η αύξηση του ποσοστού προσθήκης του οποίου αυξάνει σημαντικά το b^* (37,12). Αρκετά ασθενέστερη είναι, σε σχέση με την δράση του μελιού, και θετική η δράση της γιαούρτης στην μεταβλητή απόκρισης (9,32) και μηδαμινή είναι η θετική επίδραση της αλληλεπίδρασης της γιαούρτης με το λίπος (0,77). Από την άλλη, ισχυρή και αρνητική είναι η επίδραση του μελιού στο b^* , δηλ. η αύξηση του ποσοστού προσθήκης του και η μείωση αυτών των λοιπών συστατικών μειώνει αρκετά την μεταβλητή (- 17,81). Οι τιμές VIF όλων των όρων είναι μικρότερες του 10, εξ αιτίας της διορθωτικής ενέργειας που αναφέρθηκε ανωτέρω, επομένως οι ανεξάρτητες μεταβλητές δεν συσχετίζονται μεταξύ τους.

Η εφαρμογή της ANOVA υπογράμμισε την στατιστική σημαντικότητα του γραμμικού μοντέλου, το οποίο είναι αποκλειστικά υπεύθυνο για την μεταβολή του μεγέθους b^* ($p < 0,001$). Η τιμή p του ελέγχου της έλλειψης προσαρμογής των στοιχείων της μεταβλητής (Lack – of – Fit test) δε λαμβάνεται υπόψη. Κατά την εφαρμογή του μοντέλου δεν βρέθηκαν ύποπτες τιμές.

Επειδή το λίπος, ως μεταβλητή διεργασίας, συνδράμει στην μεταβολή του b^* , αλληλεπιδρώντας με την γιαούρτη (της οποίας την ατομική δράση επηρεάζει),

παρακάτω προβάλλεται το διάγραμμα κύριας δράσης του λίπους, για να παρασχεθούν ορισμένες χρήσιμες πληροφορίες.

Σύμφωνα, λοιπόν, με το διάγραμμα που απεικονίζει την ατομική δράση του λίπους, είναι ορατή η θετική δράση αυτού στην μεταβλητή b^* , με τέτοιον τρόπο ώστε η αύξηση της λιποπερικεκτικότητας από το 1 στο 3% να προκαλεί αύξηση του b^* από 10,16 σε 11,38 (Σχήμα 5.21).



Σχήμα 5.21: Η ατομική δράση του λίπους στην μεταβλητή b^* .

Σύμφωνα με τα περιγράμματα ισοϋψών, ένα για κάθε επίπεδο προσθήκης του λίπους, παρατηρούνται αφενός η μηδαμινή επίδραση της γιαούρτης στην μεταβλητή απόκρισης και αφετέρου η ισότιμη δράση του ροδιού και του μελιού που ασκούν στο b^* , καθώς οι ισοϋψείς γραμμές τείνουν προς αμφοτέρες τις κορυφές του τριγώνου, με σημείο εκκίνησης την γραμμή που αντιστοιχεί στην τιμή 10,3015 της μεταβλητής στο πρώτο περίγραμμα και την γραμμή που αντιστοιχεί στην τιμή 12,2402 στο δεύτερο περίγραμμα. Από τα δύο συστατικά, το μέλι επηρεάζει θετικά την μεταβλητή και το ρόδι αρνητικά, ανεξαρτήτως του επιπέδου της μεταβλητής διεργασίας. Συγκεκριμένα, όταν το δείγμα περιέχει 1% λίπος, η αύξηση του ποσοστού του μελιού (και η μείωση αυτών της γιαούρτης και του ροδιού) από το 6 στο 18% οδηγεί σε αύξηση της μεταβλητής b^* από 6,13 σε 9,81, όταν στο δείγμα προστίθενται 18% μέλι, 57%

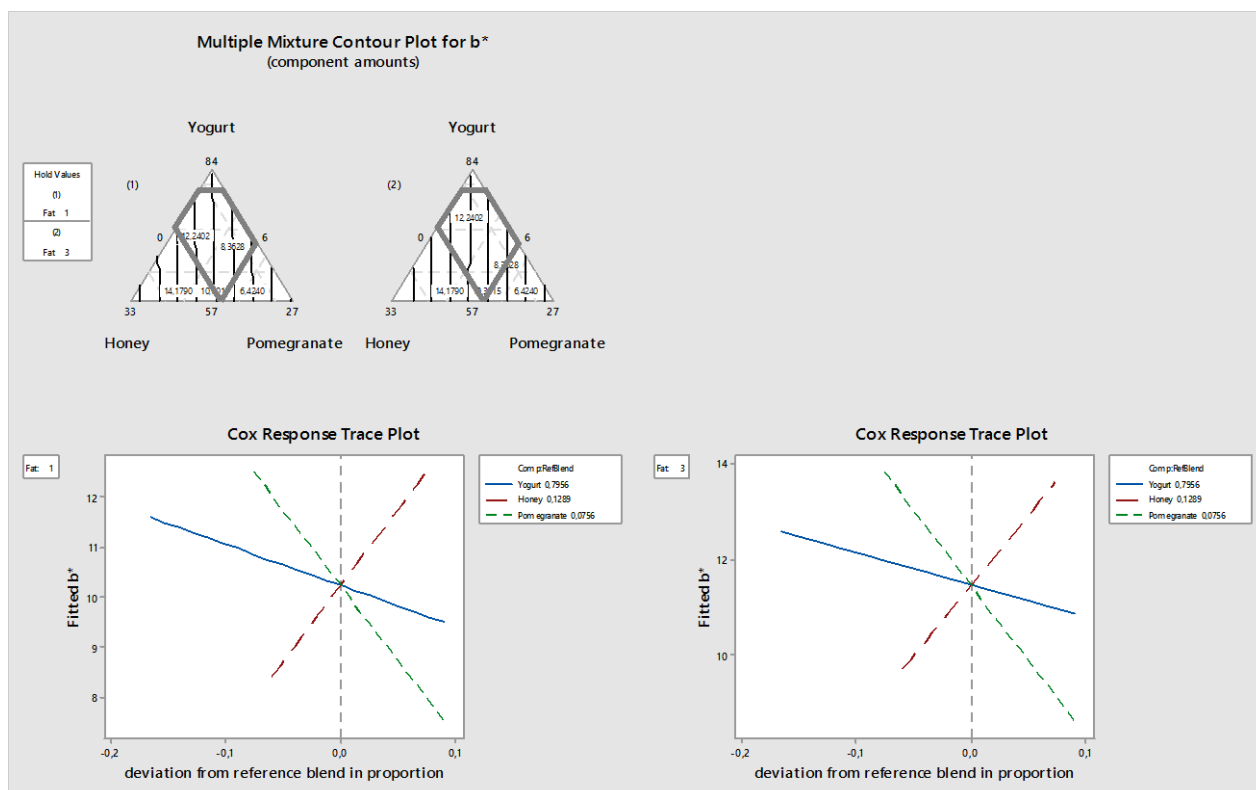
γιαούρτη και 15% ρόδι και αυξάνεται περαιτέρω στο 14,25, όταν προστίθενται 18% μέλι, 72 % γιαούρτη και 0% ρόδι. Από την άλλη πλευρά, η αύξηση της ποσότητας του ροδιού (έναντι των ποσοτήτων των άλλων συστατικών) από το 0 στο 15% οδηγεί σε μείωση της μεταβλητής από 14,25 σε 9,81, όταν προστίθενται 57% γιαούρτη, 18% μέλι και 15% ρόδι και περαιτέρω σε 6,13, όταν προστίθενται στο δείγμα 69% γιαούρτη, 6% μέλι και 15% ρόδι.

Όταν στο δείγμα περιέχεται 3% λίπος, σημειώνεται μία αύξηση της μεταβλητής απόκρισης, που οφείλεται στην θετική δράση της αλληλεπίδρασης της γιαούρτης με το λίπος στο μέγεθος b^* . Παράλληλα, η αύξηση της ποσότητας του μελιού από το 6 στο 18% αυξάνει την μεταβλητή b^* από 7,27 σε 10,90, όταν συνδυάζονται 57% γιαούρτης, 18% μελιού και 15% ροδιού και σε 15,52, όταν συνδυάζονται 72% γιαούρτη, 18% μέλι και 0% ρόδι. Απεναντίας, η αύξηση της ποσότητας του ροδιού από το 0 στο 15% μειώνει την μεταβλητή από 15,52 σε 10,90, όταν προστίθενται 57% γιαούρτη, 18% μελιού και 15% ροδιού στο δείγμα και σε 7,27, όταν προστίθενται 69% γιαούρτης, 6% μελιού και 15% ροδιού. Συμπεραίνεται, λοιπόν, ότι η αύξηση της λιποπεριεκτικότητας στο δείγμα από το 1 στο 3% αυξάνει την μεταβλητή κατά τουλάχιστον μία μονάδα. Αξίζει να τονιστεί πως οι ισοϋψείς γραμμές είναι παράλληλες και ευθείες, στοιχείο που δηλώνει την γραμμική τάση των στοιχείων της μεταβλητής και την σημαντικότητα του γραμμικού μοντέλου ως το αποκλειστικά υπεύθυνο για την μεταβολή του b^* .

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του ιχνογραφήματος Cox, ένα για κάθε επίπεδο προσθήκης του λίπους, προκύπτουν τα εξής στοιχεία: Αρχικά, στο επίπεδο του λίπους 1%, μόνο το μέλι ασκεί θετική δράση στην μεταβλητή, ενώ η γιαούρτη και το ρόδι αρνητική. Ειδικότερα, η αύξηση της ποσότητας του μελιού από το 11,6 στο 18% αυξάνει το b^* από 10,25 σε 12,52. Η αύξηση του ποσοστού του ροδιού από το 6,8 στο μέγιστο 15% μειώνει αρκετά την μεταβλητή από 10,25 σε 7,47 και η αύξηση του ποσοστού της γιαούρτης από το 71,6 στο 80% μειώνει ελαφρά την μεταβλητή απόκρισης από 10,25 σε 9,50.

Στο επίπεδο λίπους 3%, φαίνεται η αύξηση της κλίμακας y (b^*) κατά μία μονάδα, όπως και της τιμής του b^* στο κεντρικό σημείο αναφοράς μίξης, επίσης κατά τουλάχιστον μία μονάδα (11,45 έναντι της προηγούμενης τιμή 10,25). Όπως προηγουμένως, θετική είναι η επίδραση του μελιού, ενώ αρνητική είναι αυτή της γιαούρτης και του ροδιού στην μεταβλητή. Συγκεκριμένα, η αύξηση της ποσότητας του μελιού από το 11,6 στο 18% αυξάνει την μεταβλητή από 11,45 σε 13,61, μία μεταβολή ομοιάς έντασης με την προηγούμενη (1% λίπους / μέλι). Όμως, η αύξηση της ποσότητας του ροδιού από το

6,8 στο 15% μειώνει το b^* από 11,45 σε 8,55 και η αύξηση του ποσοστού της γιαούρτης από το 71,6 στο μέγιστο 80% μειώνει την μεταβλητή από 11,45 σε 10,87. Συμπεραίνεται, λοιπόν ότι η μεταβολή που προκαλούν το ρόδι και η γιαούρτη στο b^* είναι ίδιου ρυθμού ανεξάρτητα από το ποσοστό του λίπους στο προϊόν. Ακολουθώντας (Σχήμα 5.22), διακρίνονται τα περιγράμματα ισοϋψών και τα ιχνογραφήματα απόκρισης.



Σχήμα 5.22: Περιγράμματα ισοϋψών και ιχνογραφήματα απόκρισης της μεταβλητής b^* στο άνω και κάτω σκέλος αντίστοιχα, για τα επίπεδα προσθήκης λίπους 1 % και 3 % (κάθε ζεύγος γραφημάτων). **Μπλε:** Δράση γιαούρτης, **Κόκκινο:** Δράση μελιού, **Πράσινο:** Δράση ροδιού.

Ως συμπέρασμα από την πληροφόρηση που παρέχει το ιχνογράφημα Cox και το περίγραμμα ισοϋψών μπορεί να λεχθεί ότι καταρχήν η αλληλεπίδραση της γιαούρτης με το λίπος επηρεάζει θετικά την μεταβλητή b^* , όπως τονίζεται από τον μερικό συντελεστή παλινδρόμησης, ήτοι η αύξηση του ποσοστού του λίπους από το 1 στο 3% σε συνδυασμό με την γιαούρτη αυξάνει την μεταβλητή b^* , ενισχύοντας την παρουσία του κίτρινου χρώματος στο προϊόν. Το κίτρινο χρώμα ενισχύεται κι από την αύξηση της ποσότητας του μελιού και την παράλληλη μείωση των ποσοστών των λοιπών

συστατικών. Αντιθέτως, η αύξηση της ποσότητας του ροδιού στα δείγματα οδηγεί σε μειωμένες τιμές b^* , αποδυναμώνοντας την ένταση του κίτρινου χρώματος και η ίδια μεταβολή, μικρότερης έντασης, παρατηρείται κατά την αύξηση του ποσοστού της γιαούρτης. Άρα, δείγματα με λίπος 3%, αυξημένη ποσότητα μελιού και μειωμένες ποσότητες ροδιού και γιαούρτης παρουσιάζουν αυξημένη τιμή του b^* (εντονότερο κίτρινο), ενώ δείγματα με λίπος 1%, αυξημένα ποσοστά γιαούρτης και ροδιού (κυρίως του τελευταίου) και μειωμένη ποσότητα μελιού εμφανίζουν μειωμένη τιμή b^* (ασθενέστερη ένταση του κίτρινου).

Η αύξηση της έντασης του κίτρινου χρώματος με την αλληλεπίδραση λίπους και της γιαούρτης μπορεί να αποδοθεί στην ύπαρξη των χρωστικών του γάλακτος καροτενίων, τα οποία έχουν κίτρινο χρώμα και βρίσκονται στα λιποσφαίρια. Επομένως, η κρέμα γάλακτος, η οποία αυξάνει τη λιποπεριεκτικότητα των δειγμάτων περιέχει μεγαλύτερη συγκέντρωση καροτενίων σε σχέση με το γάλα και επομένως επηρεάζει σε σημαντικότερο βαθμό την ένταση του κίτρινου χρώματος των δειγμάτων θετικά σε σχέση με τη γιαούρτη. Αυτός είναι και ο λόγος που η μείωση του ποσοστού προσθήκης γιαούρτης σε συνδυασμό με τη μείωση του ποσοστού προσθήκης του χυμού από ρόδι (ο οποίος επίσης επηρεάζει αρνητικά την ένταση του κίτρινου χρώματος) και την αύξηση του ποσοστού μελιού (το οποίο έχει κίτρινο χρώμα) αυξάνουν την ένταση του κίτρινου χρώματος.

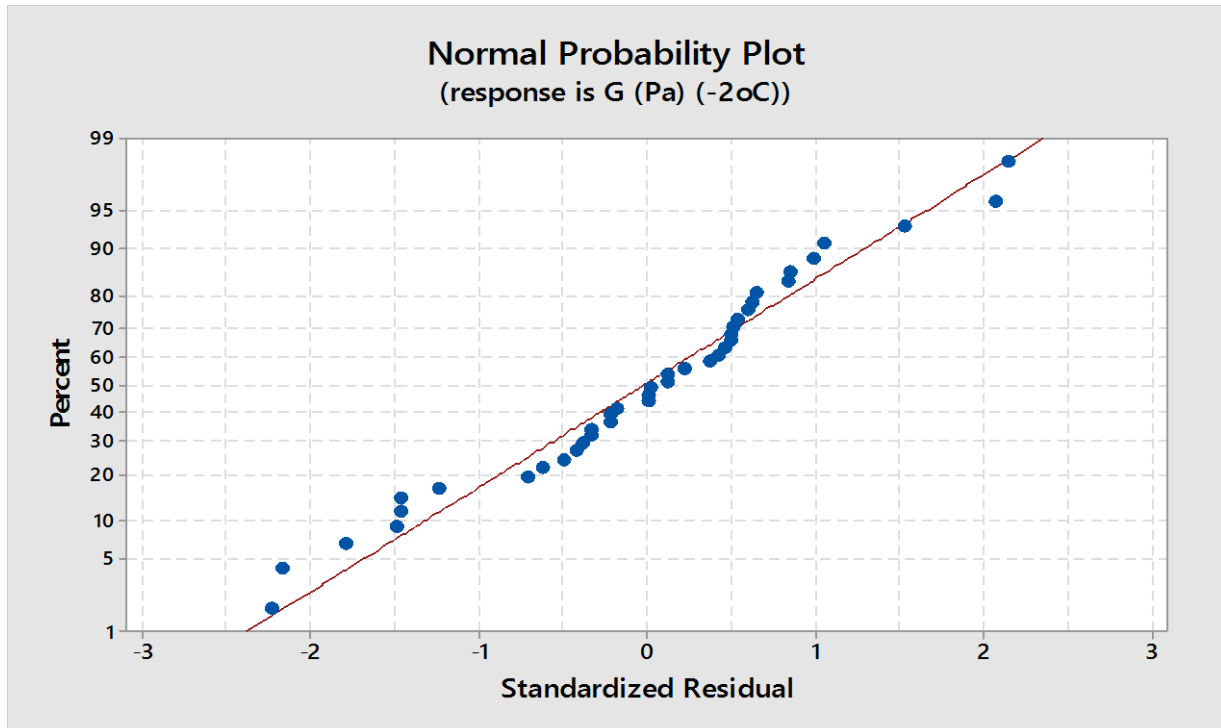
Ρεολογικές μεταβλητές

$G' (-2^\circ\text{C})$

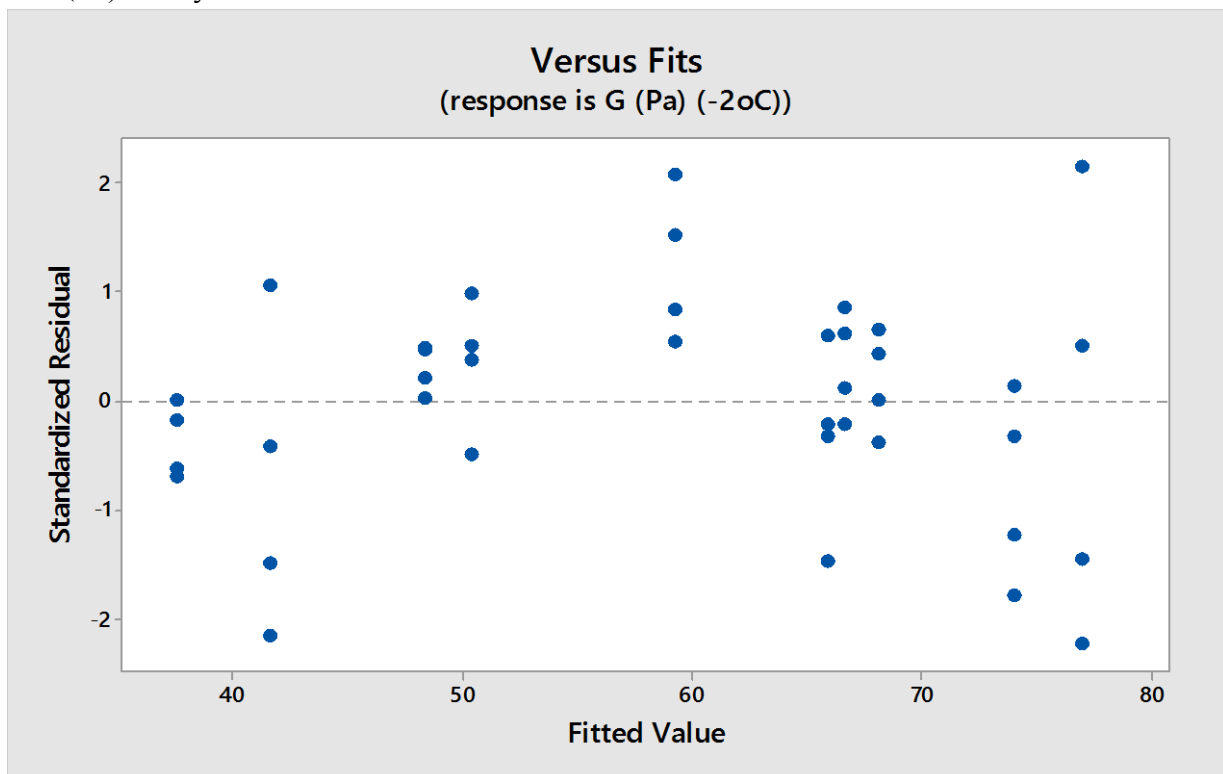
Τα στοιχεία της μεταβλητής ελέγχθηκαν για την κανονικότητα των τυποποιημένων υπολειμμάτων και την ομοιογένεια των διακυμάνσεων. Τα γραφήματα έδειξαν πως τα υπολείμματα έχουν κανονικότητα (σημεία κοντά στην ευθεία προσαρμογής) και οι διακυμάνσεις είναι ίσες (διάσπαρτο διάγραμμα, βλέπε Σχήματα 5.23 και 5.24, αντιστοίχως).

Για την περιγραφή του μοντέλου προτάθηκε η ειδική κυβική εξίσωση και εφαρμόστηκε η τεχνική της προοδευτικής ένταξης των στατιστικά σημαντικών όρων, με $p_{\text{ένταξης}} = 0,05$. Το αποτέλεσμα της εφαρμογής ήταν η απουσία κάποιου όρου της εξίσωσης, πέραν των τριών συστατικών, τα οποία δεν εξετάζονται ως προς την σημαντικότητά τους. Πέραν αυτού, ανιχνεύθηκε η τιμή του τυπικού σφάλματος παλινδρόμησης s (3,67) και βρέθηκε ότι η ποιότητα της ειδικής κυβικής εξίσωσης είναι άριστη ($R^2 =$

93,11 %) και το μοντέλο έχει υψηλή προβλεπτική αξία ($R^2_p = 91,85$: μικρότερο του R^2 σε ποσοστό μικρότερο του 20 %). Ακόμη, βρέθηκε πολύ υψηλή τιμή του R^2_δ , ο οποίος είναι ελάχιστα μικρότερος του R^2 (92,73 %).



Σχήμα 5.23: Διάγραμμα κανονικότητας των υπολειμμάτων του μέτρου ελαστικότητας (G') στους -2°C .



Σχήμα 5.24: Διάγραμμα ομοιογένειας των διακυμάνσεων του μέτρου ελαστικότητας (G') στους -2°C .

Με βάση τους μερικούς συντελεστές παλινδρόμησης των όρων του γραμμικού μοντέλου, παρατηρείται πως το μέλι ασκεί πολύ μεγάλη αρνητική δράση (την μεγαλύτερη όλων) στο μέτρο ελαστικότητας G' , ενώ η γιαούρτη και το ρόδι επιδρούν θετικά στην μεταβλητή, σε μικρότερο όμως βαθμό. Ειδικότερα, η αύξηση της ποσότητας του μελιού προκαλεί δραστική μείωση του G' , εξ αιτίας της μεγάλης τιμής και του προσήμου του συντελεστή (-177,1). Απεναντίας, η αύξηση της ποσότητας της γιαούρτης προκαλεί μεγάλη αύξηση του G' (συντελεστής 96,3) και η ίδια μεταβολή, αλλά ασθενέστερη, υφίσταται λόγω της αύξησης της ποσότητας του ροδιού στο προϊόν (συντελεστής 71,9). Φυσικά, η αύξηση της ποσότητας ενός συστατικού συνεπάγεται την μείωση αυτής των υπολοίπων, ώστε το τελικό άθροισμα των ποσοστών να ισούται με 90%.

Παράλληλα, οι τιμές του συντελεστή διεύρυνσης της διακύμανσης, VIF, είναι μικρότερες του 10, συνεπώς δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών.

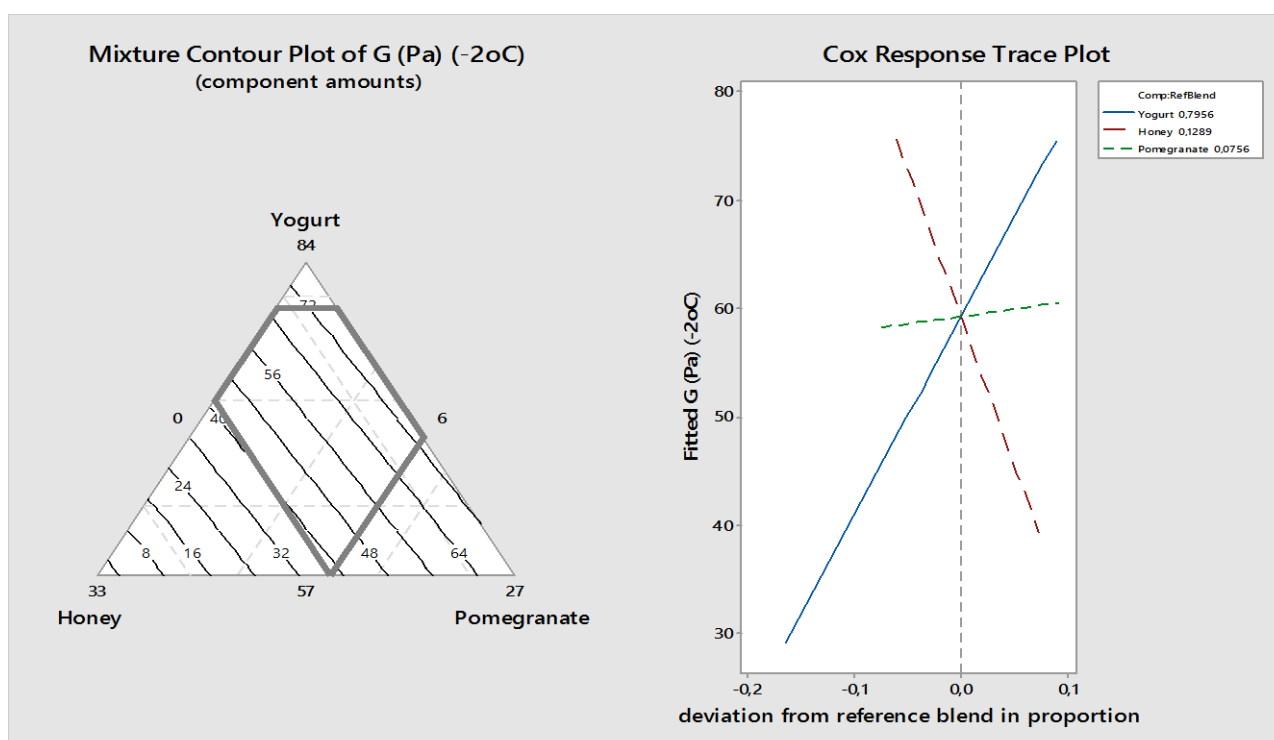
Η ανάλυση της διακύμανσης παρουσίασε ως στατιστικά σημαντικό το γραμμικό μοντέλο ($p < 0,001$), το οποίο επιπρόσθετα είναι αποκλειστικά υπεύθυνο για την μεταβολή του μέτρου της ελαστικής συμπεριφοράς. Η τιμή p του ελέγχου της έλλειψης προσαρμογής των στοιχείων σε μη γραμμική τάση δεν λαμβάνεται υπόψη.

Επιπλέον, ανιχνεύθηκαν τέσσερις τιμές του G' με τυποποιημένο υπόλειμμα μεγαλύτερο του ± 2 , που θεωρούνται ύποπτες.

Τα περιγράμματα ισοϋψών της μεταβλητής του G' (-2°C) αφενός επισημαίνουν την μηδαμινή επίδραση του λίπους στην μεταβολή της μεταβλητής, καθώς τα σχήματα είναι όμοια και στα δύο επίπεδα προσθήκης της μεταβλητής διεργασίας, αφετέρου την κυρίαρχη επίδραση του μελιού, σε σχέση με αυτήν των άλλων συστατικών, στην μεταβολή της μεταβλητής. Συγκεκριμένα, οι ισοϋψείς ευθείες τείνουν αποκλειστικά προς την κορυφή του μελιού, καθιστώντας την δράση της γιαούρτης περιορισμένη και του ροδιού αμελητέα στην μεταβλητή απόκρισης. Επίσης, οι γραμμές είναι παράλληλες και ευθείες, στοιχείο που υπογραμμίζει την γραμμικότητα των στοιχείων του G' και την αξία του γραμμικού μοντέλου, ως ο μοναδικός παράγοντας που επηρεάζει την μεταβολή της μεταβλητής. Πρακτικά, η αύξηση της ποσότητας του μελιού και η μείωση αυτών της γιαούρτης και του ροδιού, στα δείγματα, οδηγεί σε σημαντική μείωση του G' από τιμές μικρότερες των 72 Pa στα 41,8 Pa, όταν περιέχονται 18% μέλι, 72% γιαούρτη και 0% ρόδι και στα 37,6 Pa, όταν περιέχονται 18% μέλι, 57%

γιαούρτη και 15% ρόδι. Η μείωση επιτυγχάνεται ανεξαρτήτως της λιποπερικεκτικότητας των δειγμάτων.

Παρόμοια είναι τα αποτελέσματα που προβάλλει το ιχνογράφημα του Cox (εδώ θα προβληθεί το ένα εκ των δύο, γιατί είναι όμοια στα διαφορετικά ποσοστά του λίπους). Σύμφωνα με αυτό, η αύξηση του ποσοστού της γιαούρτης και η μείωση αυτών του μελιού και του ροδιού προκαλεί σημαντική αύξηση του G' από τα 59,2 Pa στα 75,6 Pa, όταν το ποσοστό αυξάνεται από το 71,6 στο 80% (μέγιστο ποσοστό προσθήκης). Από την άλλη πλευρά, η αύξηση του ποσοστού του μελιού από το 11,6 στο 18% προκαλεί έντονη μείωση του μέτρου ελαστικότητας από τα 59,2 στα 39,3 Pa. Η μεταβολή που προκαλεί το μέλι στην μεταβλητή απόκρισης είναι ισχυρότερη από αυτήν που προκαλεί η αύξηση της γιαούρτης, όπως φαίνεται επίσης από την σύγκριση των μερικών συντελεστών παλινδρόμησης. Τέλος, πρακτικά ανεπαίσθητη αύξηση του G' προκαλεί η αύξηση της ποσότητας του ροδιού από το 6,8 στο 15%, διότι η μεταβλητή αυξάνεται ελάχιστα από τα 59,2 στα 60,5 Pa. Το περίγραμμα ισοϋψών και το ιχνογράφημα απόκρισης διακρίνονται παρακάτω (Σχήμα 5.25).



Σχήμα 5.25: **Αριστερά:** Περίγραμμα ισοϋψών του μέτρου ελαστικότητας (-2°C). **Δεξιά:** Ιχνογράφημα απόκρισης του μέτρου ελαστικότητας G' (-2°C). Με μπλε χρώμα σημαίνεται η ατομική δράση της γιαούρτης, με κόκκινο η δράση του μελιού και με πράσινο η δράση του ροδιού.

Από τις πληροφορίες που παρέχει το περίγραμμα ισοϋψών, οι συντελεστές παλινδρόμησης και το ιχνογράφημα του Cox, φαίνεται ότι το σημαντικότερο ρόλο στην μεταβολή του G' , στην θερμοκρασία των $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$, παίζει το μέλι, του οποίου η αύξηση της ποσότητας οδηγεί σε έντονη μείωση της μεταβλητής απόκρισης. Μικρότερη είναι η επίδραση της γιαούρτης, η οποία αυξάνει το G' , όταν η ποσότητα αυτής αυξάνεται εις βάρος των ποσοτήτων των άλλων συστατικών. Αμελητέα δράση, σε σχέση με την γιαούρτη και το μέλι, ασκεί στην μεταβολή του G' η αύξηση του ποσοστού του ροδιού στο προϊόν, επειδή δεν την αυξάνει πρακτικά καθόλου. Τέλος, το λίπος, ως μεταβλητή διεργασίας, δεν επηρεάζει καθόλου την μεταβολή του G' , αφού άλλωστε καμία αλληλεπίδραση αυτού με κάποιο από τα συστατικά δεν βρέθηκε στατιστικά σημαντική. Επομένως, η παραγωγή δειγμάτων με μικρότερο μέτρο ελαστικότητας οφείλεται εξ ολοκλήρου σε αυξημένο ποσοστό του μελιού και μειωμένο ποσοστό γιαούρτης. Αντιθέτως, η παραγωγή δειγμάτων με όσο το δυνατόν μεγαλύτερο G' , όταν βρίσκονται στους $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (αρχική θερμοκρασία μέτρησης της μεταβλητής) οφείλεται σε αυξημένη ποσότητα γιαούρτης και μειωμένη ποσότητα μελιού.

Η αύξηση του ποσοστού προσθήκης του μελιού είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση του σημείου πήξεως του μίγματος του παγωτού με αποτέλεσμα το σχηματισμό μικρού αριθμού παγοκρυστάλλων. Το παγωτό σε αυτήν την περίπτωση εμφανίζεται μαλακό με μειωμένη σκληρότητα-συνεκτικότητα (Walstra et al., 2006). Ο σχηματισμός μεγάλου αριθμού παγοκρυστάλλων συντελεί σε αύξηση της σκληρότητας-συνεκτικότητας των δειγμάτων. Αντίθετα η αύξηση της συνεκτικότητας που προκαλείται με την αύξηση του ποσοστού γιαούρτης μπορεί να αποδοθεί σε μείωση της συγκέντρωσης του μελιού, το οποίο όπως προαναφέρθηκε παίζει το σημαντικότερο ρόλο στην μεταβολή του G' .

G' (28 $^{\circ}\text{C}$)

Κατά την ανασκόπηση του μοντέλου, ο προσδιοριστικός συντελεστής R^2 βρέθηκε ίσος με 21,82 %. Η τιμή επισημαίνει την χαμηλή ποιότητα της ειδικής κυβικής εξίσωσης, η οποία αποπειράθηκε, και την μικρή προσαρμογή των στοιχείων της μεταβλητής σε αυτήν (σημειώνεται ότι για να ταιριάζει στα στοιχεία μίας εξαρτημένης μεταβλητής η ειδική κυβική εξίσωση, πρέπει το R^2 να είναι κατ' ελάχιστον 40%). Αυτό σημαίνει πως το προς ανάλυση μοντέλο δεν είναι αξιόπιστο και δεν δύναται να αναλυθεί.

tanδ (− 2 °C)

Όπως προηγουμένως, το στατιστικό μοντέλο, αναφορικά με αυτήν την μεταβλητή, δεν μπορεί να περιγραφεί και αναλυθεί περαιτέρω, καθώς ο προσδιοριστικός συντελεστής R^2 ισούται με 20,17 %, αναδεικνύοντας την ακαταλληλότητα της ειδικής κυβικής εξίσωσης.

tanδ (28 °C)

Η μεταβλητή απόκρισης της tanδ, στους 28 °C, δεν δύναται να μελετηθεί, διότι ο προσδιοριστικός συντελεστής R^2 βρέθηκε ίσος με 9,85%. Επομένως, το στατιστικό μοντέλο που στηρίζεται στην ειδική κυβική εξίσωση για να αναλύσει την μεταβλητή, δεν είναι αξιόπιστο.

Ιξώδες (− 2 °C)

Κατά την πρώτη εφαρμογή των εντολών, όλοι οι στατιστικά σημαντικοί όροι βρέθηκαν με τιμές VIF πολύ μεγαλύτερες από 20, κάτι που αποτελεί ισχυρή ένδειξη για συσχέτιση των ανεξάρτητων μεταβλητών μεταξύ τους. Προκειμένου οι τιμές να μειωθούν στο επιθυμητό επίπεδο, αφαιρέθηκε ο όρος με την μεγαλύτερη τιμή VIF (αλληλεπίδραση γιαούρτης με το μέλι: $VIF = 5531,59$). Κατά την δεύτερη ανασκόπηση του μοντέλου, οι τιμές VIF όλων των όρων βρέθηκαν μικρότερες από 10, όπως επιθυμείται, ωστόσο ο συντελεστής R^2 δεν ήταν μεγάλος (24,96%), συνεπώς το μοντέλο που αφορά την μεταβλητή του ιξώδους, στους − 2°C, δεν είναι αξιόπιστο και η ανάλυσή του δεν μπορεί να συνεχιστεί.

Ιξώδες (28 °C)

Ο προσδιοριστικός συντελεστής R^2 που βρέθηκε από την εφαρμογή του μοντέλου είναι πολύ μικρός (23,97 %), συνεπώς η ειδική κυβική εξίσωση δεν είναι κατάλληλη για αυτήν την μεταβλητή και η ανάλυση του μοντέλου τερματίζεται.

Οργανοληπτικές μεταβλητές

Χρώμα

Πρώτο βήμα για την περιγραφή του στατιστικού μοντέλου, που αφορά την μεταβλητή του χρώματος, αποτελεί ο έλεγχος της κανονικότητας των τυποποιημένων υπολειμμάτων και της ομοιογένειας των διακυμάνσεων.

Όπως φαίνεται από τα διαγράμματα, τα υπολείμματα εμφανίζουν κανονικότητα, καθώς βρίσκονται κοντά στην ευθεία προσαρμογής και οι διακυμάνσεις είναι ίσες, καθότι δεν παρατηρείται σπορά των τιμών προς μία κατεύθυνση (δέσμη), στο διάγραμμα με άξονες τα τυποποιημένα υπολείμματα και τις προσαρμοσμένες τιμές (Σχήματα 5.26 και 5.27, αντίστοιχα).

Οι στατιστικά σημαντικοί όροι, που θα περιληφθούν στο αναγωγικό μοντέλο, θα βρεθούν με την τεχνική της προοδευτικής ένταξης, με την συνθήκη το επίπεδο σημαντικότητας λάθους να ισούται με 0,05. Ως βασική εξίσωση που αποπειράται ορίζεται η ειδική κυβική.

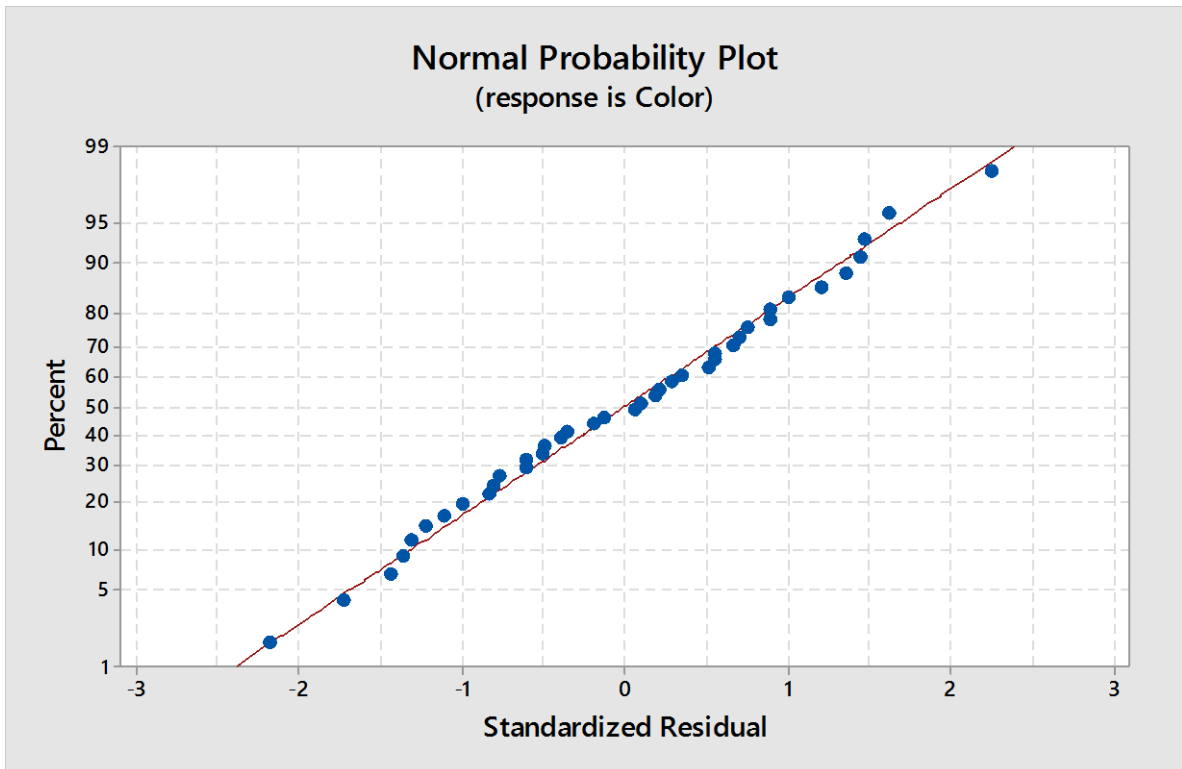
Τα αποτελέσματα της τεχνικής όρισαν ως στατιστικά σημαντικό όρο την αλληλεπίδραση του μελιού με το ρόδι και το λίπος ($x_2 \cdot x_3 \cdot V$), με $p = 0,017 < 0,05$. Οι όροι του γραμμικού μοντέλου δεν εξετάστηκαν ως προς την σημαντικότητά τους.

Ωστόσο, παρά το μικρό μέγεθος του τυπικού σφάλματος παλινδρόμησης που βρέθηκε ($s = 1,27$), τα στοιχεία δεν προσαρμόζονται στον επιθυμητό βαθμό στην εξίσωση παλινδρόμησης ($R^2 = 41,51\%$, $R^2_{\delta} = 36,64\%$). Παράλληλα, το R^2_p είναι μικρότερο από τον συντελεστή R^2 σε ποσοστό $44\% > 2\%$, στοιχείο που εμφανώς δηλώνει την μικρή προβλεπτική ικανότητα του μοντέλου.

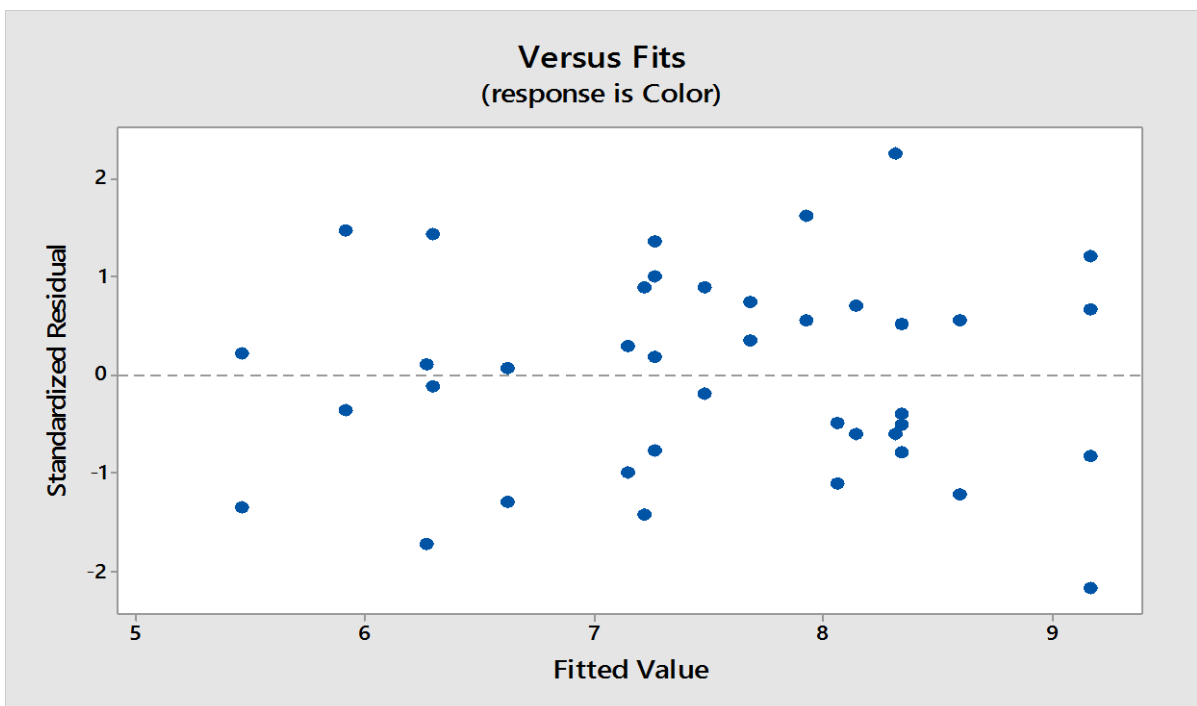
Από τους όρους του γραμμικού μοντέλου, το γιαούρτι και το μέλι ασκούν θετική δράση στο χρώμα του προϊόντος (το μέλι εντονότερα από το γιαούρτι, διότι $16,654 > 7,302$). Αντίθετα, το ρόδι μειώνει το χρώμα του προϊόντος, όπως δείχνει το πρόσημο του μερικού συντελεστή παλινδρόμησης ($-5,022$). Όσον αφορά τον όρο της αλληλεπίδρασης, ο συνδυασμός ποσοτήτων μελιού, ροδιού και λίπους αυξάνει δραστικά το χρώμα, περισσότερο από όλους τους όρους του αναγωγικού μοντέλου (ο αντίστοιχος μερικός συντελεστής, $36,054$, έχει το μεγαλύτερο μέγεθος και θετικό πρόσημο). Αυτό σημαίνει πως το λίπος επηρεάζει την μεταβολή του χρώματος και την δράση του μελιού και του ροδιού σε αυτό.

Πέραν των συντελεστών παλινδρόμησης που απεικονίζονται ξανά, παρουσιάζονται οι τιμές VIF όλων των όρων, οι οποίες είναι μικρότερες από 10 και υποδεικνύουν την έλλειψη συσχέτισης μεταξύ των όρων της ειδικής κυβικής εξίσωσης.

Η ακόλουθη ανάλυση διακύμανσης (ANOVA) αναγνώρισε ως στατιστικά σημαντικό το γραμμικό μοντέλο ($p < 0,001$) και μέρος του δευτεροβάθμιου, συγκεκριμένα την αλληλεπίδραση δύο συστατικών με την μεταβλητή διεργασίας, με $p = 0,017 < 0,05$, για την αξιολόγηση της επίδρασης αυτών στην μεταβλητή απόκρισης του χρώματος.



Σχήμα 5.26: Η κανονικότητα των υπολειμμάτων του χρώματος, που δηλώνεται με την εγγύτητα των σημείων σε σχέση με την ευθεία προσαρμογής.



Σχήμα 5.27: Γράφημα ομοιογένειας των διακυμάνσεων για τη μεταβλητή του χρώματος.

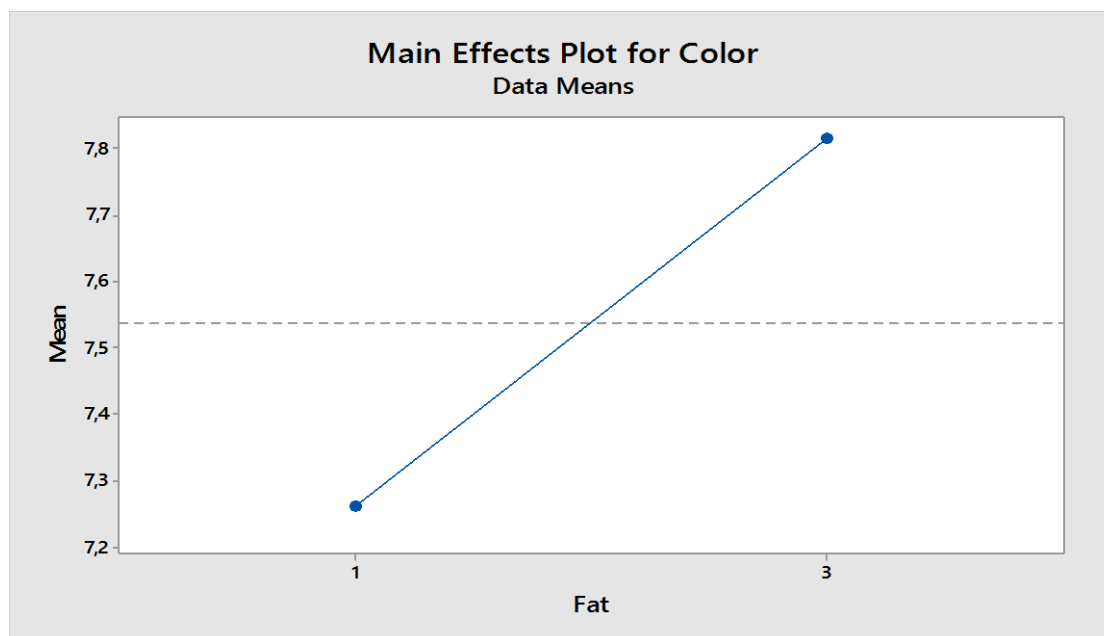
Εκτός αυτού, ο έλεγχος της έλλειψης προσαρμογής των στοιχείων κρίθηκε ως μη στατιστικά σημαντικός ($p = 0,821 > 0,05$), συνθήκη που είναι απαραίτητη για την εγκυρότητα του μοντέλου και την απόδειξη μερικής γραμμικότητας των στοιχείων, επειδή ως έναν βαθμό αυτά εμφανίζουν καμπύλη και όχι γραμμική τάση.

Ακολούθως, ανιχνεύθηκαν δύο τιμές του χρώματος με τυποποιημένο υπόλειμμα μεγαλύτερο του ± 2 .

Όπως αναφέρθηκε, τα διαφορετικά επίπεδα προσθήκης του λίπους επιδρούν στην μεταβολή του χρώματος και συγκεκριμένα αυξάνουν την τιμή της. Η αυτόνομη δράση του λίπους, η οποία δεν εξετάζεται στο πλαίσιο της ανάλυσης του μοντέλου, δεν προσφέρει πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με την αύξηση του χρώματος, καθώς η αύξηση του ποσοστού του λίπους από το 1 στο 3% αυξάνει ελαφρά την τιμή από τις 7,26 στις 7,81 μονάδες ή cm της αδιαβάθμητης κλίμακας. Πρακτικά, το γεγονός αυτό συνεπάγεται πως το χρώμα των δειγμάτων παραμένει λευκό ή ενδεχομένως να ρέπει στον ελάχιστο βαθμό προς το ροζ, στο 1% προσθήκης λίπους και στον ίδιο βαθμό προς το καφέ, όταν προστίθεται 3% λίπους. Στο σημείο αυτό, προς αποσαφήνιση των πληροφοριών, αναφέρεται πως στην μέση της αδιαβάθμητης κλίμακας των 15 cm (7,5 cm) τυχόν χρώμα δείγματος αντιστοιχεί στο «λευκό» (ή άχρωμο), ενώ στα άκρα της γραμμής τυχούσες τιμές χρώματος αντιστοιχούν στο «πολύ ροζ» (0,0 cm) και στο «πολύ καφέ» (15,0 cm). Επιπλέον, μόνο στην περίπτωση του χρώματος η μεσαία τιμή της κλίμακας αντιστοιχεί στην απουσία χρώματος και όχι στο μέσο μέγεθος μίας μεταβλητής απόκρισης, όπως συμβαίνει στις υπόλοιπες (δηλ. στις άλλες μεταβλητές, η μεσαία τιμή προσδιορίζει τον όρο «μέτρια» και οι ακραίες τιμές τους όρους «καθόλου» και «πολύ», από τα αριστερά προς τα δεξιά). Η ατομική δράση του λίπους στο χρώμα διακρίνεται στο Σχήμα 5.28.

Η ανάλυση των περιγραμμάτων ισοϋψών της μεταβολής του χρώματος φαίνεται πως επαληθεύει την υπόνοια του ερευνητή για την δράση του λίπους. Πράγματι, όταν προστίθεται 1 % λίπους στο παγωτό γιαούρτη, το ρόδι καθορίζει περισσότερο από τα άλλα συστατικά την μεταβολή του χρώματος, όπου εν προκειμένω το μειώνει. Στην μέγιστη ποσότητα προσθήκης ροδιού (15%) και σε συνδυασμό με την προσθήκη 69% γιαούρτης, το χρώμα μειώνεται σχεδόν στις 5,5 μονάδες, ενώ όταν προστίθενται 15% ρόδι και 57% γιαούρτη, το χρώμα μειώνεται στις 6,0 μονάδες της κλίμακας αξιολόγησης, «παροτρύνοντας» τους δοκιμαστές να αξιολογήσουν τα δείγματα ως «ροζ». Παράλληλα, οι ισοϋψείς γραμμές είναι στην αρχή παράλληλες και ευθείες και στην συνέχεια καμπυλώνουν ελαφρώς στην αρχή, από την τιμή 8,0 του χρώματος και

με προοδευτικά αυξανόμενη τάση έως το τέλος, στοιχείο που μαρτυρά την ύπαρξη αλληλεπίδρασης των όρων και την επιρροή του δευτεροβάθμιου μοντέλου στην ανάλυση.



Σχήμα 5.28: Διάγραμμα κύριας (ατομικής) δράσης του λίπους στην μεταβλητή του χρώματος.

Εντούτοις, όταν προστίθεται στο προϊόν 3 % λίπους, το μέλι παίζει καθοριστικό ρόλο στην μεταβολή του χρώματος, εν προκειμένω στην αύξησή του. Κι εδώ εμφανίζονται παράλληλες και καμπύλες ισοϋψείς γραμμές, συνεπώς η αλληλεπίδραση του μελιού και του ροδιού με το λίπος επιδρά στην αύξηση του χρώματος, που τείνει προς το «καφέ». Στις μέγιστες ποσότητες προσθήκης του μελιού (18%), το χρώμα έχει τιμή περίπου 8,3 cm όταν προστίθεται 57% γιαούρτης και 15 % ροδιού και 9,1 cm όταν προστίθενται 72% γιαούρτης και δεν προστίθεται ρόδι (η τιμή του χρώματος είναι αυξημένη, όταν προστίθεται 72% γιαούρτης, γιατί αυξημένη ποσότητα γιαούρτης αυξάνει περαιτέρω το χρώμα). Στην πρώτη περίπτωση, το δείγμα αξιολογείται ως «λευκό» και στην δεύτερη ως «καφέ». Στην πραγματικότητα, όμως, το δείγμα που χαρακτηρίστηκε ως «λευκό» έχει ορατή απόχρωση απαλού καφέ χρώματος.

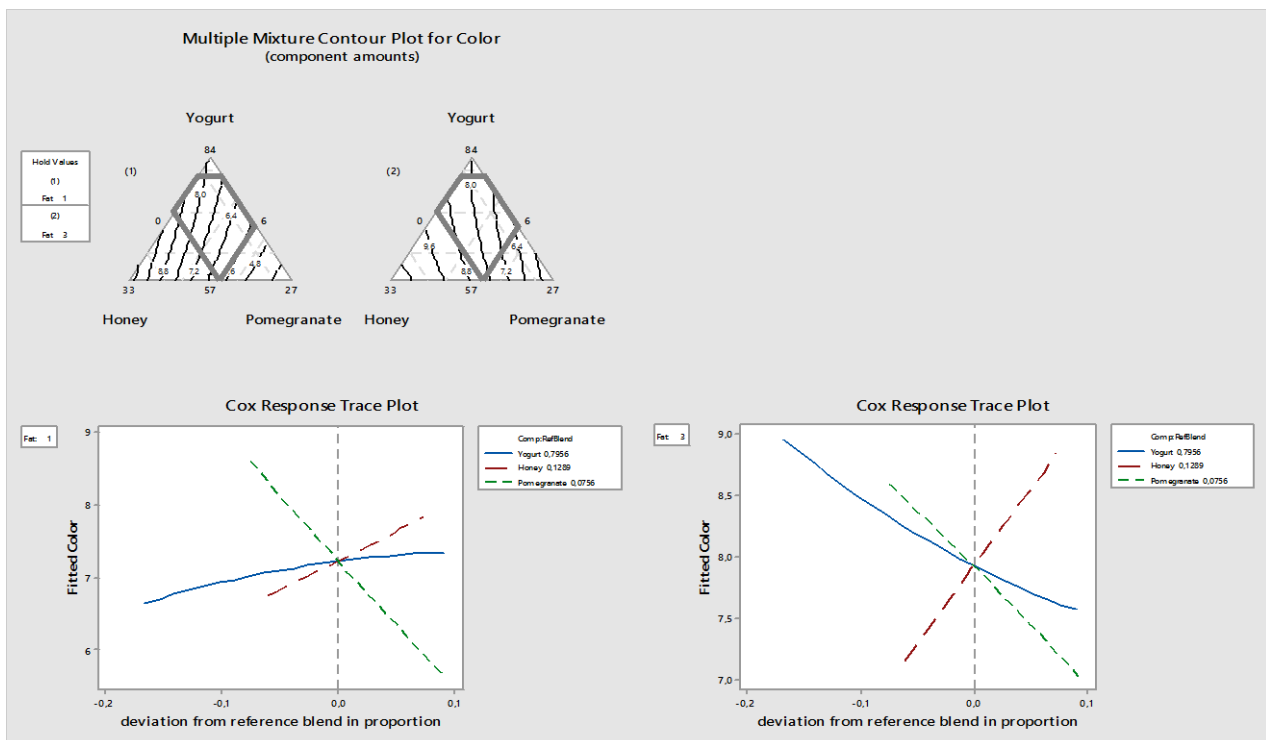
Ενδιαφέροντα αποτελέσματα προβάλλουν τα ιχνογραφήματα του Cox, σχετικά με την δράση καθενός συστατικού και του λίπους στο χρώμα. Στο κατώτερο επίπεδο προσθήκης του λίπους, το μέλι, όσο αυξάνεται η ποσότητα αυτού και μειώνεται αυτή της γιαούρτης και του ροδιού, αυξάνει το χρώμα των δειγμάτων, γραμμικά, από τις 7,2

στις 7,9 μονάδες της αδιαβάθμητης κλίμακας (στο μέγιστο ποσοστό που είναι 18%). Η αύξηση της ποσότητας του ροδιού μειώνει το χρώμα, επίσης γραμμικά αλλά με μεγαλύτερο βήμα, από τις 7,2 στις 5,6 μονάδες, όταν έχει αυξηθεί κατά 10 % σε σχέση με το σημείο αναφοράς της μίξης. Τέλος, η αύξηση της ποσότητας της γιαούρτης αυξάνει πολύ λίγο το χρώμα από τις 7,2 στις 7,35 μονάδες (στο μέγιστο ποσοστό 80%), όχι γραμμικά αλλά καμπυλόγραμμα και με μειωμένο ρυθμό σε σχέση με τα λοιπά συστατικά.

Στο ανώτερο επίπεδο προσθήκης του λίπους, η αύξηση της ποσότητας του μελιού εις βάρος των άλλων συστατικών οδηγεί σε αύξηση του χρώματος, γραμμικά και με μεγαλύτερο βαθμό απ' ό,τι στο κατώτερο, από τις 7,9 στις 8,8 μονάδες της κλίμακας. Η μείωση του χρώματος λόγω της αύξησης της ποσότητας του ροδιού επιτυγχάνεται από τις 7,9 μονάδες (ποσοστό ροδιού 6,8%) σχεδόν στις 7,0 μονάδες (ποσοστό ροδιού 15 %), επομένως με μικρότερο ρυθμό σε σχέση με πριν και με γραμμικό τρόπο. Τέλος, η αύξηση της ποσότητας προσθήκης γιαούρτης (πραγματοποιείται καμπυλόγραμμα), ενώ στο επίπεδο λίπους 1 % αυξάνει το χρώμα του προϊόντος, στο επίπεδο λίπους 3 % μειώνει το χρώμα στις 7,6 μονάδες (μέγιστο ποσοστό γιαούρτης: 80%) από την αρχική τιμή των 7,9 μονάδων (ποσοστό γιαούρτης: 71,6%). Επιπρόσθετα, επισημαίνεται ότι το λίπος επιδρά στην μεταβολή του χρώματος, όπως δείχνει η διαφορετική κλίμακα y του δεύτερου ιχνογραφήματος, στην οποία το κεντρικό σημείο αναφοράς μίξης αντιστοιχεί σε τιμή χρώματος 7,9 cm, ενώ στο πρώτο σχήμα αντιστοιχεί στην τιμή των 7,2 μονάδων, δηλ. η τιμή «αναφοράς» του χρώματος είναι αυξημένη. Η αιτία για αυτό οφείλεται στην αλληλεπίδραση του λίπους με το ρόδι και το μέλι, η οποία ασκεί θετική δράση στο χρώμα (συντελεστής + 36,054) και το αυξάνει όταν αυξάνεται το ποσοστό του λίπους στο προϊόν. Στο Σχήμα 5.29. απεικονίζονται τα περιγράμματα ισοϋψών και τα ιχνογραφήματα απόκρισης της μεταβλητής του χρώματος.

Συμπεραίνοντας, αναφορικά με την ατομική δράση των συστατικών και αυτήν της αλληλεπίδρασης στο χρώμα των δειγμάτων, το μέλι αυξάνει το χρώμα και η αύξηση της ποσότητάς του προσδίδει καφετιά απόχρωση στα δείγματα, ενώ το ρόδι το μειώνει και η αύξηση της δικής του ποσότητας προσθήκης προσδίδει ροζ απόχρωση στα δείγματα. Η γιαούρτη ασκεί περιορισμένη δράση, σε σχέση με το ρόδι και το μέλι, στην μεταβολή του χρώματος, και στο κατώτερο επίπεδο προσθήκης του λίπους αυξάνει ελαφρά το χρώμα, ενώ στο ανώτερο επίπεδο προσθήκης το μειώνει περισσότερο έντονα. Το μέλι, όταν το δείγμα έχει 3% λίπος, αυξάνει ταχύτερα το χρώμα απ' όταν υπάρχει 1% λίπος. Από την άλλη πλευρά, η επίδραση της αύξησης της ποσότητας του

ροδιού είναι στην πράξη όμοια ανάμεσα στα δύο επίπεδα του λίπους, μειώνοντας το χρώμα με μεγάλο βήμα. Εκτός των άλλων, η μεταβολή της ποσότητας του λίπους επηρεάζει την μεταβολή του χρώματος και, όταν αλληλεπιδρά με το μέλι και το ρόδι, το αυξάνει. Επιπλέον, επηρεάζει την δράση του μελιού και του ροδιού, καθώς, όταν προστίθεται σε ποσοστό 1% στο δείγμα, το μέλι καθορίζει κατά κύριο λόγο την μεταβολή του χρώματος, ενώ όταν προστίθεται σε ποσοστό 3%, τον ρόλο αυτό αναλαμβάνει το ρόδι. Συν τοις άλλοις, η θετική δράση της αλληλεπίδρασης οδηγεί σε αυξημένες τιμές χρώματος, τόσο στο περίγραμμα ισοϋψών όσο στο ιχνογράφημα Cox, ιδίως στην μέγιστη ποσότητα προσθήκης του μελιού και του ροδιού στο frozen yogurt. Η δράση αυτή είναι τόσο σημαντική, ώστε είναι ικανή να δώσει την εντύπωση στους δοκιμαστές πως π.χ. δύο δείγματα με 15% ρόδι και λίπος 1 και 3% θα αξιολογηθούν αντίστοιχα ως «ροζ» και «λευκό» αντίστοιχα ή δύο δείγματα με μέλι 18% και λίπος 1 και 3% ενδέχεται να αξιολογηθούν ως «λευκό» και «καφέ», αντίστοιχως.



Σχήμα 5.29: Τα περιγράμματα ισοϋψών του στο άνω σκέλος (1 % και 3 % λίπους) και τα ιχνογραφήματα απόκρισης (1 % και 3 % λίπους) στο κάτω σκέλος για την μεταβλητή του χρώματος. Με μπλε χρώμα σημαίνεται η δράση της γιαούρτης, με πράσινο η δράση του ροδιού και με κόκκινο η ατομική δράση του μελιού.

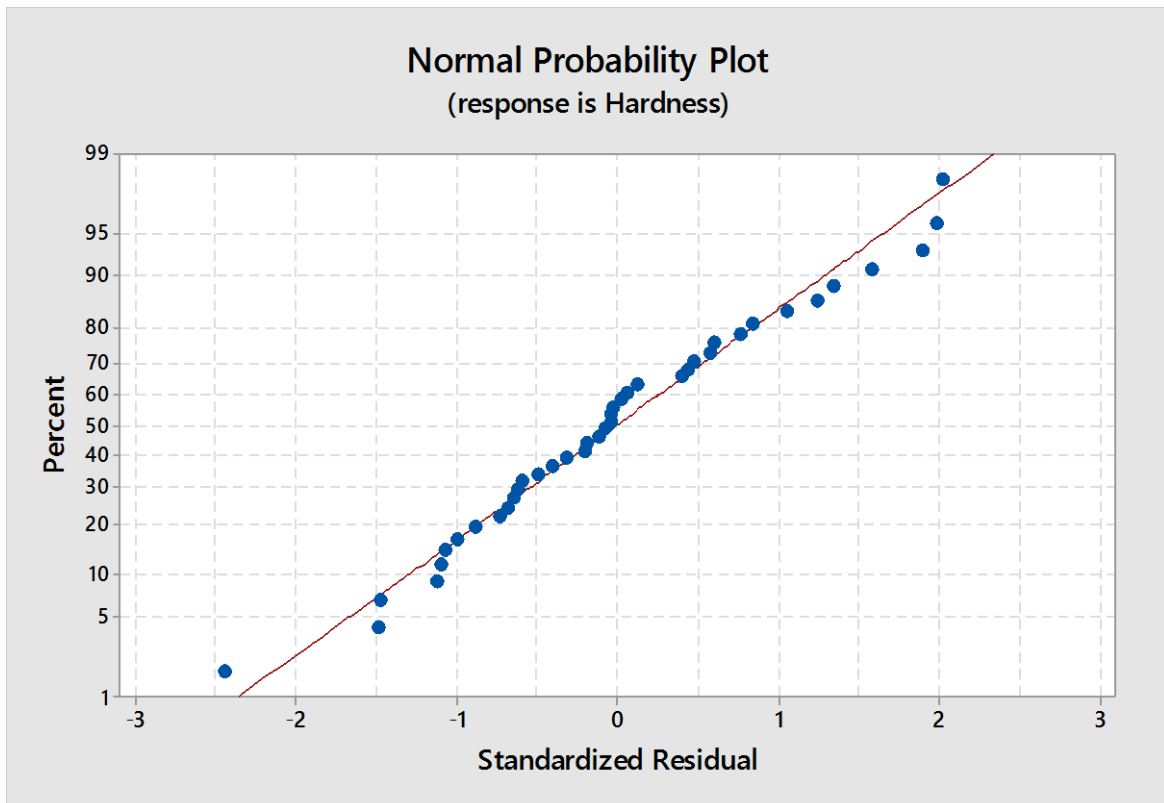
Τα αποτελέσματα της οργανοληπτικής αξιολόγησης του χρώματος έρχονται σε συμφωνία με τα αντίστοιχα από τη μέτρηση του χρώματος, όσον αφορά τη μεμονωμένη δράση των επιμέρους συστατικών. Η αλληλεπίδραση του λίπους με το ρόδι ή/και το μέλι υποδεικνύει τον σημαντικό ρόλο του λίπος στο χρώμα. Συγκεκριμένα, όταν το λίπος βρίσκεται σε υψηλή συγκέντρωση παρουσία μελιού, τα καροτένια που περιέχει θα αυξήσουν την ένταση του κίτρινου χρώματος. Αντίθετα, όταν το λίπος βρίσκεται σε υψηλή συγκέντρωση παρουσία ροδιού (όπου έχει κόκκινο χρώμα) θα αυξήσει τη λαμπρότητα των δειγμάτων λόγω αυξημένης αντανάκλασης του φωτός που προκαλείται από τα λιποσφαίρια του. Τα λιποσφαίρια αντανακλούν το φως με αποτέλεσμα να αυξάνουν την ένταση του λευκού χρώματος (Walstra, et al., 2006)

Σκληρότητα

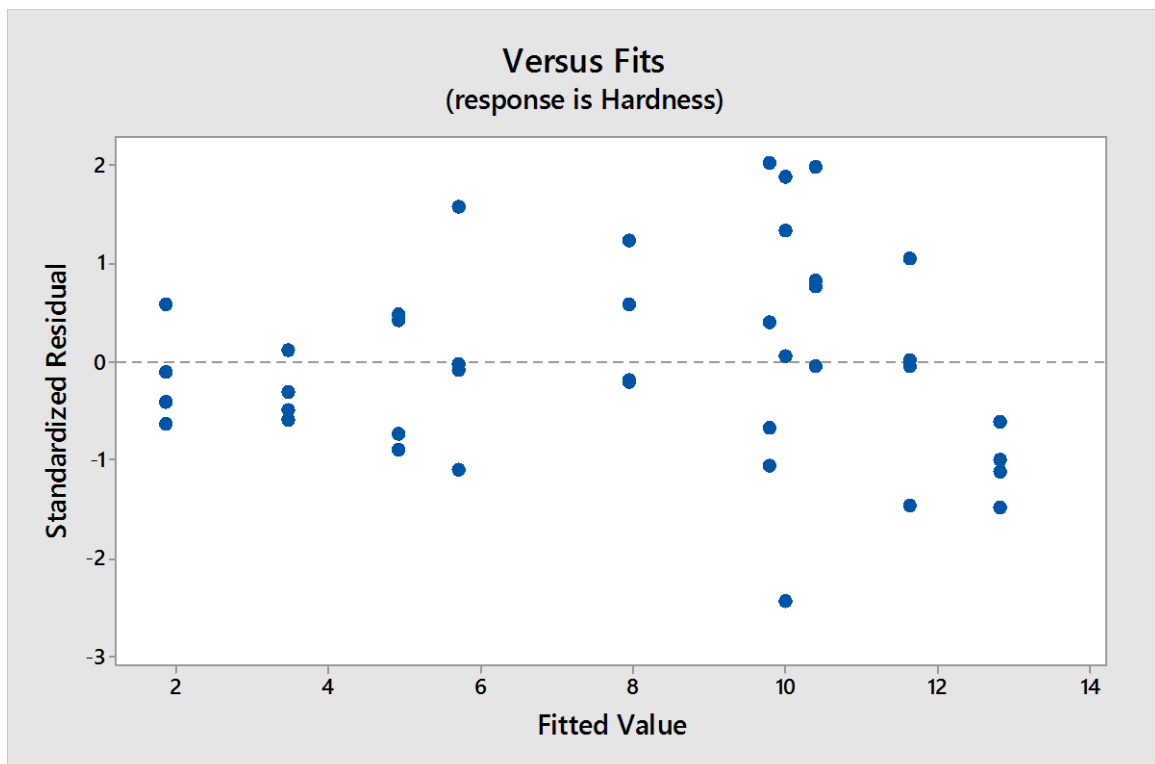
Αρχικά, τα στοιχεία (οι διορθωμένοι μέσοι) της πρώτης μεταβλητής απόκρισης ελέγχθηκαν για την κανονικότητα των τυποποιημένων υπολειμμάτων τους και την ομοιογένεια των διακυμάνσεων, ώστε να διαπιστωθεί η αξιοπιστία του στατιστικού μοντέλου που προτάθηκε (ειδική κυβική).

Αναφορικά με την κανονικότητα των υπολειμμάτων, τα στοιχεία ακολουθούν την κανονική κατανομή, διότι βρίσκονται πάνω και πλησίον της ευθείας προσαρμογής. Παράλληλα, το διάγραμμα με άξονες τα τυποποιημένα υπολείμματα και τις προσαρμοσμένες τιμές φέρει τιμές που είναι διασκορπισμένες (διάσπαρτο), επομένως η ομοιογένεια των διακυμάνσεων υφίσταται (Σχήματα 5.30 και 5.31, αντίστοιχα).

Στο μοντέλο εφαρμόστηκε η τεχνική της προοδευτικής ένταξης όλων των όρων, της ειδικής κυβικής εξίσωσης, που είναι στατιστικά σημαντικοί, ώστε μόνο αυτοί να αναλυθούν περαιτέρω για την επίδρασή τους στην σκληρότητα. Είναι σημαντικό να τονιστεί πως οι όροι του γραμμικού μοντέλου (γιαούρτι, μέλι και ρόδι) δεν εξετάζονται για την σημαντικότητά τους, αφού δεν έχει νόημα η ανάλυση του πειράματος μίξης χωρίς την περίληψή τους στο μοντέλο. Δεδομένου του επιπέδου σημαντικότητας λάθους, $\alpha = 0,05$, οι μόνοι όροι που κρίθηκαν απαραίτητοι είναι τα κύρια συστατικά, με τους υπόλοιπους όρους να μην κρίνονται στατιστικά σημαντικοί. Το τυπικό σφάλμα της πολλαπλής παλινδρόμησης, s , είναι μικρό (1,52), ο προσδιοριστικός συντελεστής R^2 είναι υψηλός (85,10%) και ο διορθωμένος R^2_a τείνει προς τον πρώτο (84,29%). Τέλος, ο προβλεπτικός συντελεστής R^2_p είναι ίσος με 82,86 %, μικρότερος του R^2 σε ποσοστό μικρότερο του 20 %, συνεπώς το μοντέλο που αναλύεται έχει υψηλή προβλεπτική αξία.



Σχήμα 5.30: Το διάγραμμα της κανονικότητας των τυποποιημένων υπολειμμάτων για την μεταβλητή απόκρισης της σκληρότητας.



Σχήμα 5.31: Διάγραμμα που δηλώνει την ύπαρξη της ομοιογένειας των διακυμάνσεων για την μεταβλητή απόκρισης της σκληρότητας.

Η μεταβλητή της σκληρότητας πληροί όλα τα διαγνωστικά κριτήρια, καθώς οι τιμές του συντελεστή διεύρυνσης της διακύμανσης VIF είναι μικρότερες από 10 και οι τιμές των μεγεθών που προβλήθηκαν παραπάνω κρίνονται επαρκείς. Βέβαια, ο έλεγχος της έλλειψης προσαρμογής των στοιχείων έχει τιμή $p < 0,05$ ($p = 0,043$), ωστόσο θεωρείται πως οριακά είναι μη στατιστικά σημαντικός και πως το μοντέλο είναι έγκυρο.

Οι υπολογισμένοι μερικοί συντελεστές παλινδρόμησης των συστατικών μαρτυρούν ότι το γιαούρτι και το ρόδι επηρεάζουν θετικά, δηλ. αυξάνουν την σκληρότητα του προϊόντος (το γιαούρτι σε μεγαλύτερο βαθμό από το ρόδι, διότι $18,14 > 8,50$), όταν αυξάνεται η ποσότητα προσθήκης αυτών. Από την άλλη πλευρά, η αύξηση της ποσότητας προσθήκης του μελιού μειώνει δραστικά την σκληρότητα, γεγονός που εξηγείται από το αρνητικό πρόσημο και το μέγεθος του συντελεστή, ο οποίος είναι ο μεγαλύτερος όλων ($-55,08$). Παρακάτω αναγράφονται οι μερικοί συντελεστές παλινδρόμησης των συστατικών, συνοδευόμενοι από τις χαμηλές τιμές VIF και τους συντελεστές R^2 .

Η ανάλυση διακύμανσης έδειξε πως το γραμμικό μοντέλο είναι στατιστικά σημαντικό ($p < 0,001$) και μπορεί να αξιοποιηθεί για την δημιουργία του περιγράμματος ισοϋψών και του ιχνογραφήματος Cox.

Η ANOVA προβάλλει ταυτόχρονα την τιμή p του ελέγχου έλλειψης προσαρμογής των στοιχείων.

Επίσης, προβάλλονται δύο ασυνήθεις παρατηρήσεις που έχουν τυποποιημένο υπόλειμμα με τιμή μεγαλύτερη από ± 2 (δεν διαγράφονται).

Παρατηρώντας το περίγραμμα ισοϋψών απόκρισης της σκληρότητας, ένα για κάθε επίπεδο προσθήκης του λίπους, φαίνεται πως το λίπος δεν επιδρά στην μεταβολή την σκληρότητας, καθότι και στα δύο επίπεδα 1 και 3% το περίγραμμα έχει την ίδια όψη. Εξάλλου, τα συστατικά δεν αλληλεπιδρούν με το λίπος, όπως φάνηκε στην ανάλυση διακύμανσης, οπότε η απουσία της μεταβλητής διεργασίας, αναφορικά με την επίδραση στην σκληρότητα, είναι δικαιολογημένη. Αυτό που καταφαίνεται στο περίγραμμα είναι το γεγονός ότι οι ισοϋψείς ευθείες είναι παράλληλες, στοιχείο που ερμηνεύει την γραμμικότητα του μοντέλου και εμφανίζουν γραμμική μειωτική τάση, τείνοντας προς το μέλι. Στην μέγιστη ποσότητα προσθήκης του μελιού (18%) και όταν προστίθεται 72% γιαούρτης, η τιμή της σκληρότητας είναι λίγο μεγαλύτερη από 3 μονάδες ή cm της κλίμακας αξιολόγησης (οριακά «λίγο σκληρό» δείγμα). Όταν προστίθεται η μέγιστη ποσότητα μελιού και η ελάχιστη ποσότητα γιαούρτης (57%), η σκληρότητα του δείγματος μειώνεται έτι περισσότερο και αγγίζει τις 2 μονάδες της

κλίμακας. Το αποτέλεσμα είναι το αντίστοιχο δείγμα να αξιολογείται από τους δοκιμαστές ως «καθόλου σκληρό».

Αναφορικά με τα λοιπά συστατικά του περιγράμματος, η επίδρασή τους στην σκληρότητα είναι περιορισμένη σε σύγκριση με αυτήν του μελιού, συνεπώς δεν είναι απαραίτητο να περιγραφεί.

Παρόμοια αποτελέσματα, με εξαίρεση την επίδραση της γιαούρτης, προβάλλει το ιχνογράφημα του Cox. Σε αυτό, το κεντρικό σημείο αναφοράς μίξης αντιστοιχεί στην τιμή απόκλισης 0,0 και στην αναλογία των εξής ποσοστών των συστατικών: 71,6 % γιαούρτι, 11,6% μέλι και 6,8% ρόδι. Η τελευταία αναλογία προέκυψε από τον συνδυασμό των γινομένων των επιμέρους τιμών της κεντρικής αναλογίας μίξης (0,7956 για το γιαούρτι, 0,1289 για το μέλι και 0,0756 για το ρόδι) με το άθροισμα των ποσοστών, που είναι σταθερό και ίσο με 90%.

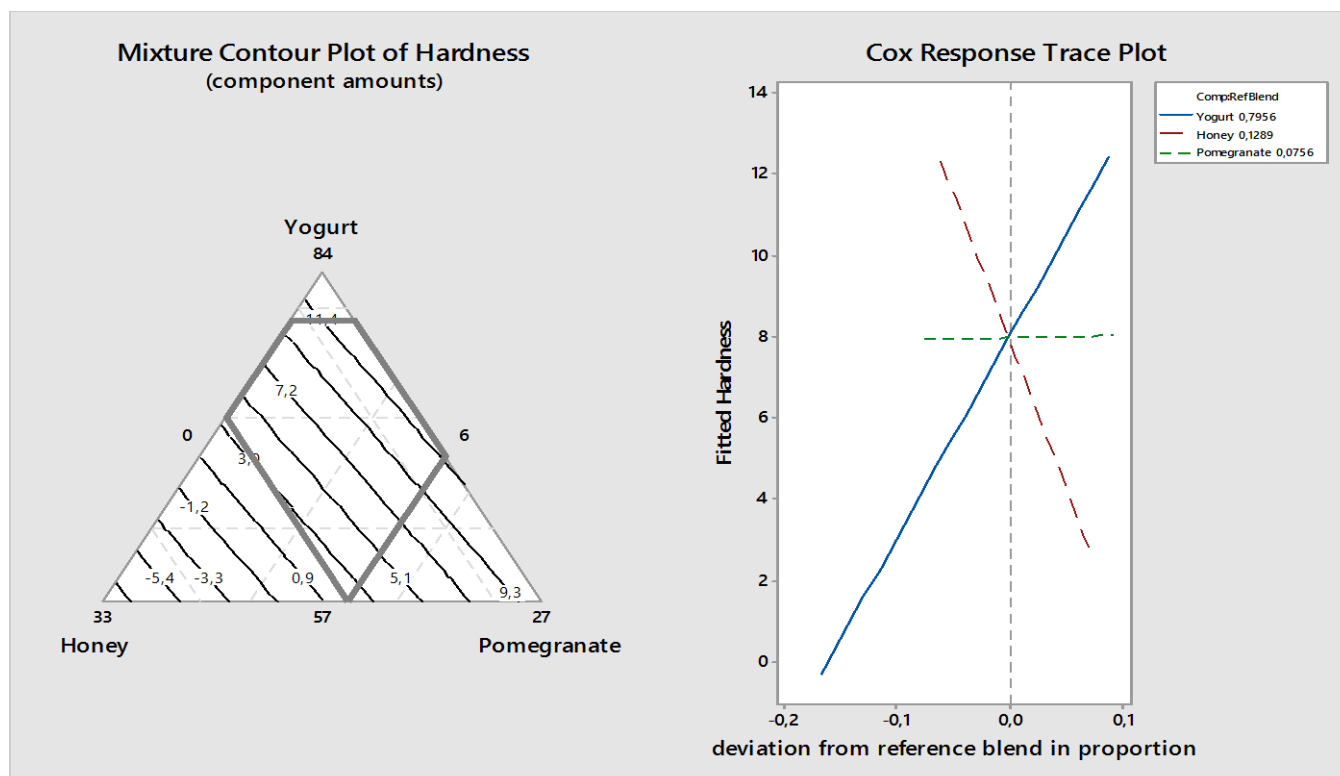
Επιπρόσθετα, μαρτυρείται η μηδαμινή επίδραση του λίπους στην μεταβολή της σκληρότητας από το γεγονός ότι τα δύο ιχνογραφήματα (ένα για κάθε επίπεδο του λίπους) έχουν την ίδια εμφάνιση. Για τον λόγο αυτόν, ένα ιχνογράφημα αρκεί για να περιγράψει την ατομική δράση των συστατικών στην σκληρότητα.

Η αύξηση της σκληρότητας, με την παράλληλη αύξηση της ποσότητας προσθήκης της γιαούρτης από το κεντρικό σημείο αναφοράς έως το ποσοστό προσθήκης $(0,7956 + 0,09) \cdot 90 = 80\%$ (μέγιστο ποσοστό γιαούρτης), πραγματοποιείται με γραμμικό τρόπο και αυξάνεται από τις 8 στις 12,5 μονάδες της αδιαβάθμητης κλίμακας. Το ρόδι φαίνεται πως ασκεί αμελητέα δράση στην σκληρότητα (η μεταβλητή είναι πρακτικά σταθερή), στοιχείο που περιγράφεται από την ευθεία που διαγράφεται παράλληλα προς τον άξονα x. Τέλος, το μέλι ασκεί αρνητική δράση στην σκληρότητα, μειώνοντάς την από τις 8 στις 2,5 μονάδες της κλίμακας, όταν το ποσοστό προσθήκης είναι το μέγιστο $\{(0,1289 + 0,07) \cdot 90 = 18\%$ και η μείωση αυτή επιτυγχάνεται γραμμικά. Το περίγραμμα ισοϋψών γραμμών και το ιχνογράφημα απόκρισης της σκληρότητας παρουσιάζονται στο Σχήμα 5.32.

Συμπεραίνοντας με την ολοκλήρωση της ανάλυσης του στατιστικού μοντέλου, γίνεται φανερό ότι ένα συστατικό αυξάνει την σκληρότητα του προϊόντος, όταν αυξάνεται το ποσοστό προσθήκης του, η γιαούρτη. Το μέλι αποδεικνύεται πως μειώνει έντονα την σκληρότητα, όταν αυξάνεται η ποσότητα αυτού και μειώνονται αυτές της γιαούρτης και του ροδιού, ωθώντας τους δοκιμαστές να αξιολογούν διαφορετικά τα δείγματα, ανάλογα με το ποσοστό του μελιού και της γιαούρτης σε αυτά. Το ρόδι, παρά το μέγεθος του μερικού συντελεστή παλινδρόμησης, έχει αμελητέα επίδραση στην

σκληρότητα. Τέλος, το λίπος, ως μεταβλητή διεργασίας, δεν επηρεάζει τη μεταβολή της μεταβλητής απόκρισης, αφού δεν αλληλεπιδρά με κάποιο από τα συστατικά του γραμμικού μοντέλου.

Τα αποτελέσματα του οργανοληπτικού ελέγχου όσον αφορά την επίδραση των συστατικών του μίγματος του παγωτού στην σκληρότητα των δειγμάτων παγωτού γιαούρτης έρχονται σε συμφωνία με τα αντίστοιχα από τον προσδιορισμό του G' .

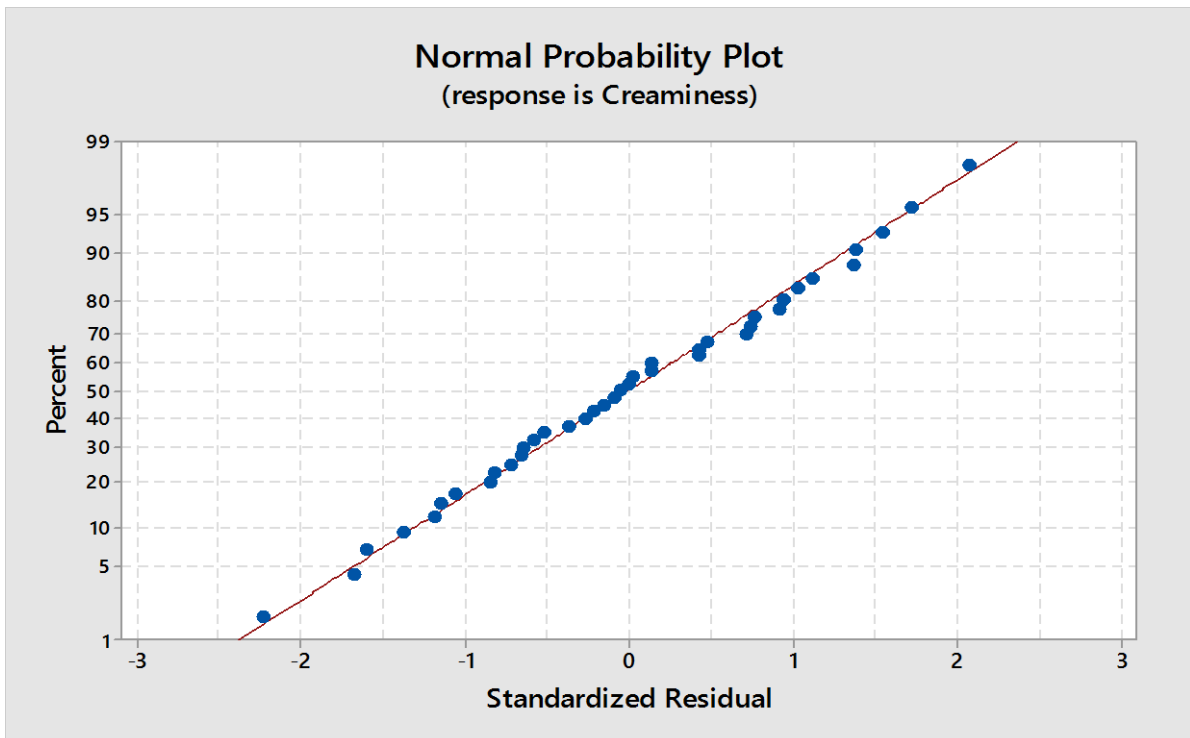


Σχήμα 5.32: Το περίγραμμα ισοϋψών της σκληρότητας στο αριστερό τμήμα και το ιχνογράφημα απόκρισης της σκληρότητας στο δεξιό τμήμα. Με μπλε χρώμα σημαίνεται η ατομική δράση της γιαούρτης, με πράσινο η δράση του ροδιού και με κόκκινο η δράση του μελιού.

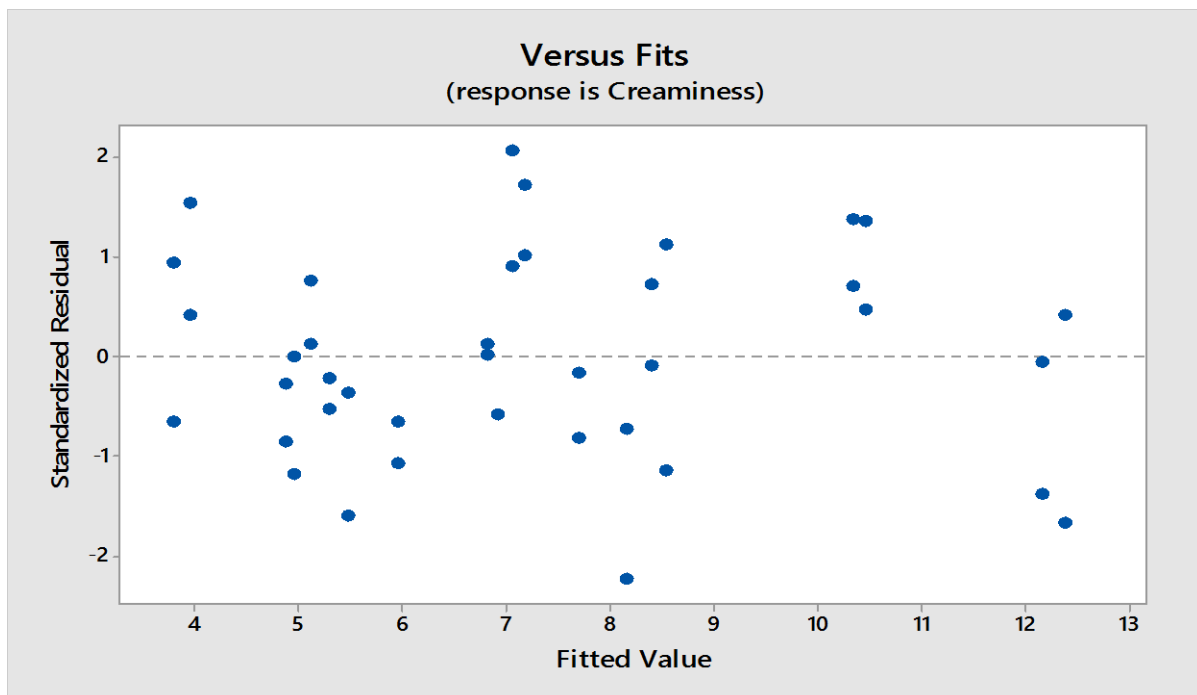
Κρεμώδες

Πρώτη ενέργεια για την ανάλυση του μοντέλου, που αφορά την μεταβλητή του κρεμώδους, είναι ο έλεγχος των τιμών της μεταβλητής για την κανονικότητα των τυποποιημένων υπολειμμάτων και την ομοιογένεια των διακυμάνσεων. Από το διάγραμμα των υπολειμμάτων διαπιστώνεται ότι τα σημεία βρίσκονται πλησίον της ευθείας προσαρμογής, συνεπώς ακολουθούν την κανονική κατανομή, ενώ οι

διακυμάνσεις είναι ίσες, όπως αποδεικνύει το διάγραμμα με άξονες τα τυποποιημένα υπολείμματα και τις προσαρμοσμένες τιμές, το οποίο είναι διάσπαρτο (Σχήματα 5.33 και 5.34, αντίστοιχα).



Σχήμα 5.33: Διάγραμμα κανονικότητας των υπολειμμάτων της μεταβλητής του κρεμώδους.



Σχήμα 5.34: Η ομοιογένεια των διακυμάνσεων του κρεμώδους, που δηλώνεται από το διάσπαρτο γράφημα.

Η εξίσωση που εφαρμόζεται για την ερμηνεία του μοντέλου είναι η ειδική κυβική και χρησιμοποιείται η τεχνική της προοδευτικής ένταξης, με σκοπό την ανίχνευση των στατιστικά σημαντικών όρων της εξίσωσης.

Στα αποτελέσματα της προοδευτικής ένταξης περιλαμβάνονται το μικρό τυπικό σφάλμα της πολλαπλής παλινδρόμησης s (1,60), ο αρκετά υψηλός προσδιοριστικός συντελεστής R^2 (73,03), που υποδηλώνει καλή προσαρμοστική ικανότητα των στοιχείων στην εξίσωση, ο διορθωμένος R^2_{δ} (70,72%), που είναι πάντοτε (όπως κι εδώ) ελαφρά μικρότερος του R^2 και ο προβλεπτικός συντελεστής R^2_p (65,72%), που είναι μικρότερος του R^2 σε ποσοστό χαμηλότερο του 20% και συνακόλουθα υποδεικνύει την υψηλή προβλεπτική αξία του μοντέλου.

Από τους όρους που κρίνονται ως στατιστικά σημαντικοί, μόνο η αλληλεπίδραση του μελιού με το λίπος περιλαμβάνεται στο μοντέλο, καθώς η τιμή p είναι μικρότερη από 0,05 ($p < 0,001$). Οι όροι του γραμμικού μοντέλου περιλαμβάνονται χωρίς την ανάγκη να εξεταστούν ως προς την σημαντικότητά τους.

Παρατηρώντας τους μερικούς συντελεστές παλινδρόμησης των στατιστικά σημαντικών όρων, φαίνεται πως όλα τα κύρια συστατικά (γραμμικό μοντέλο) επιδρούν θετικά στο κρεμώδες. Μεταξύ των όρων, το γιαούρτι βελτιώνει ελαφρά το κρεμώδες και το ρόδι ασκεί πολύ ασθενή, αμελητέα, θετική δράση στο κρεμώδες, όταν οι ποσότητες προσθήκης αυτών αυξάνονται (1,851 για το γιαούρτι και 0,465 για το ρόδι). Το μέλι βελτιώνει δραστικά το κρεμώδες, όταν αυξάνεται η ποσότητά του στο προϊόν frozen yogurt, καθότι ο μερικός συντελεστής είναι πολύ υψηλός (44,578), υψηλότερος όλων. Τουναντίον, η αλληλεπίδραση του μελιού με το λίπος ελαττώνει την μεταβλητή του κρεμώδους σε μεγάλο βαθμό (- 9,983). Επιπλέον, οι τιμές VIF είναι μικρότερες από το 10, στοιχείο που δηλώνει πως κανένας από τους όρους δεν συσχετίζεται με κάποιον άλλον.

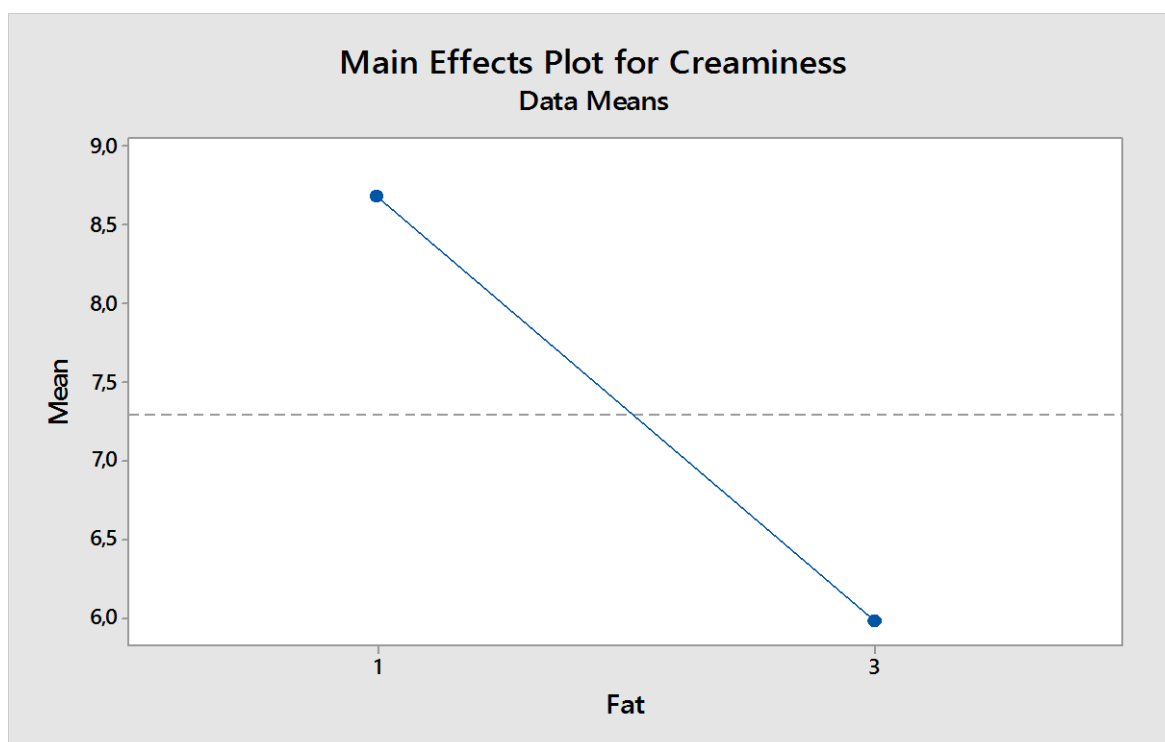
Στο σημείο αυτό είναι αναγκαίο να σημειωθεί ότι οι τιμές VIF που παρουσιάζονται κατωτέρω δεν είναι οι αρχικές, αλλά προέκυψαν από την αφαίρεση ενός στατιστικά σημαντικού όρου από την ειδική κυβική εξίσωση (συγκεκριμένα της αλληλεπίδρασης της γιαούρτης με το ρόδι). Όταν πραγματοποιήθηκε για πρώτη φορά η τεχνική της προοδευτικής ένταξης, εμφανίστηκαν δύο στατιστικά σημαντικοί όροι με τιμές VIF μεγαλύτερες από 20 (ειδικότερα το συστατικό του ροδιού και η αλληλεπίδραση γιαούρτης – ροδιού), γεγονός που δημιουργεί προβλήματα στην εξέταση του μοντέλου, επειδή οι ανωτέρω όροι συσχετίζονται ισχυρά με άλλους όρους της εξίσωσης. Για αυτόν τον λόγο, αφαιρέθηκε από την εξίσωση ο όρος με το μεγαλύτερο VIF, δηλ. η

αλληλεπίδραση, πραγματοποιήθηκε για δεύτερη φορά η τεχνική της προοδευτικής ένταξης και όλοι οι όροι βρέθηκε να έχουν χαμηλές τιμές VIF, όπως προβάλλονται παρακάτω.

Η ανάλυση διακύμανσης παρουσιάζει ως στατιστικά σημαντικό το γραμμικό μοντέλο, που σχετίζεται τόσο με τα κύρια συστατικά όσο με την αλληλεπίδραση ενός εξ αυτών (μέλι) με το λίπος ($p < 0,001$ και στις δύο περιπτώσεις). Ο έλεγχος της έλλειψης προσαρμογής των στοιχείων θεωρείται μη στατιστικά σημαντικός, παρόλο που η τιμή p είναι μικρότερη από 0,05 ($0,029 < 0,05$), άρα το μοντέλο που εφαρμόζεται είναι έγκυρο.

Πέραν αυτού, βρέθηκαν δύο τιμές της μεταβλητής απόκρισης με τυποποιημένο υπόλειμμα μεγαλύτερο του ± 2 , οι οποίες δεν διαγράφονται από το φύλλο εργασίας.

Πέραν του αρνητικού μερικού συντελεστή της αλληλεπίδρασης με το μέλι, η αρνητική αυτόνομη δράση του λίπους στο κρεμώδες του προϊόντος γίνεται εύκολα ορατή από την κατασκευή του διαγράμματος κυρίων δράσεων και ειδικότερα αυτού της δράσης της μεταβλητής διεργασίας. Όπως παρατηρείται από το σχήμα, η μετάβαση (αύξηση) από το κατώτερο στο ανώτερο επίπεδο προσθήκης του λίπους προκαλεί σημαντική πτώση του κρεμώδους από τις 8,7 στις 6 μονάδες ή cm της αδιαβάθμητης κλίμακας (Σχήμα 5.35.).



Σχήμα 5.35: Διάγραμμα κύριας δράσης του λίπους. Είναι ορατή η επίδρασή του στην μεταβολή του κρεμώδους, όταν δρα αυτόνομα.

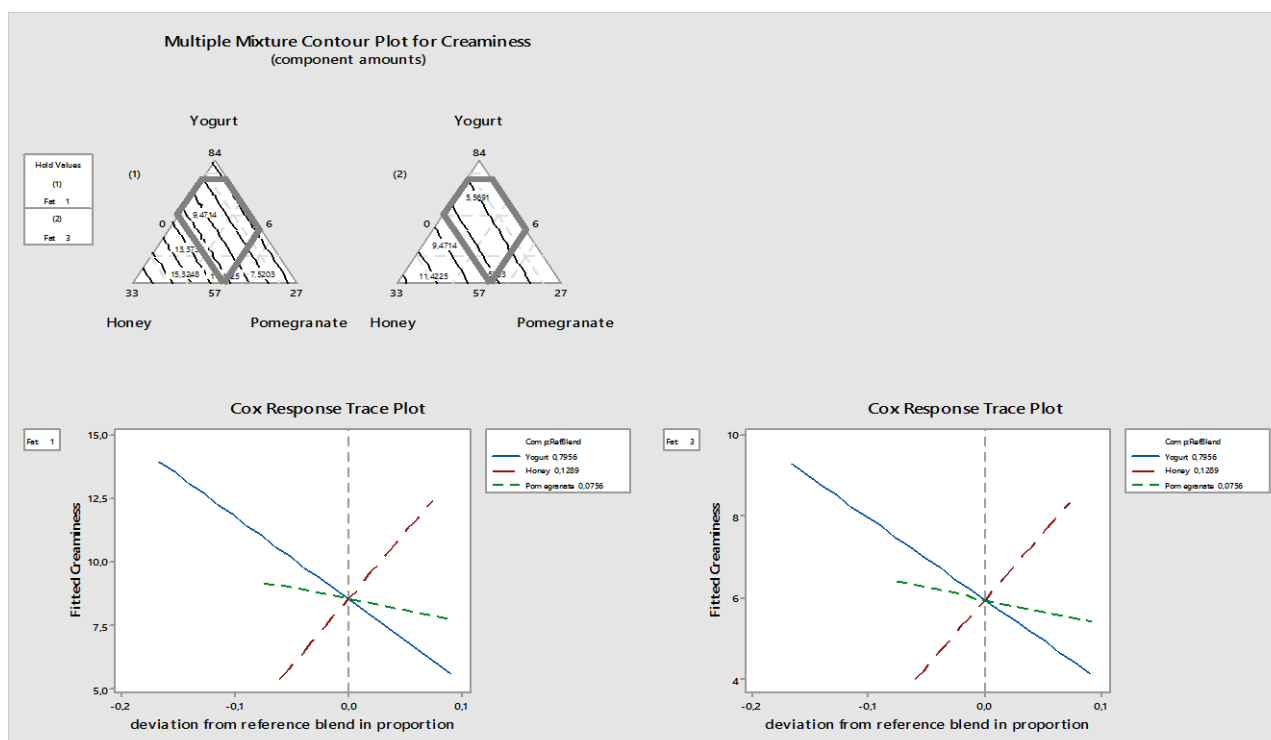
Από το περίγραμμα ισοϋψών απόκρισης του κρεμώδους, εξάγεται το συμπέρασμα ότι οι ευθείες της επιφάνειας απόκρισης τείνουν αποκλειστικά προς το μέλι. Το γιαούρτι και το ρόδι ασκούν πολύ περιορισμένη αρνητική δράση στο κρεμώδες, ενώ όσο αυξάνεται η ποσότητα προσθήκης του μελιού, το κρεμώδες αυξάνεται ταχέως και με μεγάλο βήμα. Η βελτίωση του κρεμώδους γίνεται με γραμμικό τρόπο και οι ισοϋψείς ευθείες είναι παράλληλες, στοιχείο που συνδράμει στο πόρισμα ότι το γραμμικό μοντέλο είναι κατά κύριο λόγο υπεύθυνο για την μεταβολή του κρεμώδους.

Επιπλέον, το λίπος επιδρά στην μεταβολή του κρεμώδους, καθότι τα περιγράμματα που αντιστοιχούν στα επίπεδα προσθήκης της μεταβλητής διεργασίας είναι διαφορετικά. Ειδικότερα, όταν το λίπος προστίθεται στο δείγμα σε ποσοστό 1%, στην μέγιστη ποσότητα προσθήκης του μελιού (ποσοστό 18%) το κρεμώδες υπερβαίνει τις 12 μονάδες της αδιαβάθμητης κλίμακας, καθιστώντας το προϊόν «πολύ κρεμώδες». Από την άλλη πλευρά, όταν προστίθεται λίπος σε ποσοστό 3%, η τιμή του κρεμώδους στην μέγιστη ποσότητα του μελιού είναι αρκετά μικρότερη, ήτοι περίπου 8,7 μονάδες, καθιστώντας το δείγμα «αρκετά κρεμώδες», σύμφωνα με την κρίση των δοκιμαστών. Η ελαττωμένη τιμή του κρεμώδους στο δεύτερο περίγραμμα οφείλεται στην αλληλεπίδραση του μελιού με το λίπος, η οποία επιδρά αρνητικά στην μεταβλητή απόκριση, σε αρκετά μεγάλο βαθμό (συντελεστής – 9,983).

Όσον αφορά το ιχνογράφημα του Cox, το οποίο προβάλλει την ατομική δράση καθενός συστατικού στην μεταβλητή του κρεμώδους, τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται είναι διαφορετικά σε σχέση με πριν. Στο επίπεδο προσθήκης λίπους 1 %, το γιαούρτι, όταν αυξάνεται η ποσότητά του και μειώνεται αυτή του μελιού και του ροδιού, μειώνει έντονα την τιμή του κρεμώδους από τις 8,5 μονάδες (ποσοστό γιαούρτης 71,6%) στις περίπου 5,6 μονάδες, όταν βρίσκεται σε ποσοστό 80%. Με τον ίδιο τρόπο, γραμμικά, αλλά με αρκετά μικρότερο ρυθμό, η αύξηση της ποσότητας του ροδιού από 6,8 στο 15% μειώνει το κρεμώδες από τα 9,2 cm στα 7,8 cm της κλίμακας αξιολόγησης των δειγμάτων. Τέλος, η αύξηση της ποσότητας του μελιού και η μείωση αυτής των λοιπών συστατικών αυξάνει δραστικά το κρεμώδες. Συγκεκριμένα, όταν το μέλι βρίσκεται σε ποσοστό 11,6%, το δείγμα αξιολογείται ως «αρκετά κρεμώδες» (8,5 cm) , αλλά όταν το ποσοστό προσθήκης αυξάνεται και φτάνει το μέγιστο (18%), το δείγμα αξιολογείται ως «πολύ κρεμώδες» (12,7 cm). Όλα τα συστατικά προκαλούν γραμμική μεταβολή του κρεμώδους.

Στο επίπεδο προσθήκης λίπους 3%, το μέγεθος της κλίμακας y μειώνεται (μέγιστη τιμή κρεμώδους οι 10 μονάδες, ενώ προηγουμένως ήταν 14 μονάδες), ως αποτέλεσμα της

αλληλεπίδρασης του μελιού με το λίπος. Το γιαούρτι και το ρόδι ελαττώνουν το κρεμώδες, το μεν από τις 6 στις 4,2 μονάδες και το δε από 6 στις 5,4 μονάδες της κλίμακας αξιολόγησης, γεγονός που δηλώνει μικρότερο ρυθμό μείωσης της μεταβλητής σε σχέση με πριν. Επίσης με μικρότερο βήμα αλλά αυξητικά μεταβάλλεται το κρεμώδες, όταν αυξάνεται η ποσότητα του μελιού από 11,6% στο 18%, από τις 6 στις 8,5 μονάδες της κλίμακας. Ακολουθώντας, στο Σχήμα 5.36. προβάλλονται τα περιγράμματα ισοϋψών και τα ιχνογραφήματα απόκρισης για τα δύο επίπεδα προσθήκης του λίπους.



Σχήμα 5.36: Το περίγραμμα ισοϋψών, ένα για κάθε επίπεδο του λίπους (1% και 3% αντίστοιχα) και το ιχνογράφημα απόκρισης κατά αντίστοιχο τρόπο (1% και 3% λίπους). Η μεταβλητή απόκρισης που επηρεάζεται είναι το κρεμώδες των δειγμάτων.

Μπλε: Δράση γιαούρτης, **Κόκκινο:** Δράση μελιού, **Πράσινο:** Δράση ροδιού.

Εξετάζοντας και περιγράφοντας το μοντέλο που εστιάζει στην μεταβλητή του κρεμώδους, συμπεραίνει κανείς πως το μέλι αυξάνει έντονα την μεταβλητή, όταν αυξάνεται η ποσότητα αυτού και μειώνονται αυτές του ροδιού και της γιαούρτης στο δείγμα. Το ρόδι και το γιαούρτι (το ρόδι με μικρότερο ρυθμό) μειώνουν το κρεμώδες και μάλιστα με μεγαλύτερο ρυθμό στο επίπεδο προσθήκης λίπους 1% απ' ότι όταν προστίθεται λίπος 3 % στο δείγμα. Συν τοις άλλοις, όταν το λίπος προστίθεται στο

δείγμα σε ποσοστό 3 %, το μέλι αυξάνει το κρεμώδες με μικρότερο ρυθμό απ' ό τι όταν προστίθεται λίπος 1 %.

Τέλος, το λίπος επιδρά σημαντικά στην μεταβολή του κρεμώδους, καθώς σε επίπεδο προσθήκης 3% η μέγιστη τιμή του κρεμώδους (όταν έχει προστεθεί 18% μέλι) είναι σημαντικά μειωμένη (8,5 μονάδες) σε σχέση με την μέγιστη τιμή που αντιστοιχεί σε λίπος 1% του δείγματος (12,7 μονάδες), ωθώντας τους δοκιμαστές να αξιολογήσουν τα δείγματα διαφορετικά, το ένα ως «αρκετά» και το άλλο ως «πολύ κρεμώδες».

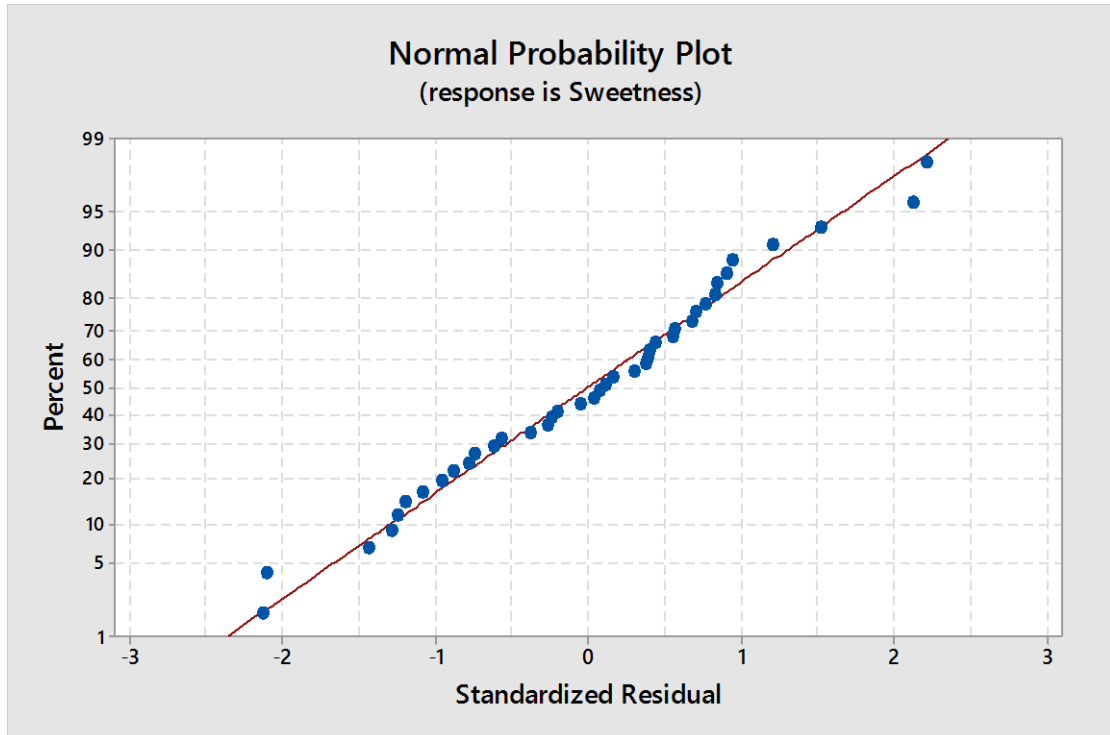
Σύμφωνα με τους Walstra et al. (2006), η αυξημένη περιεκτικότητα σε λίπος έχει ως αποτέλεσμα την εμφάνιση κοκκώδους υφής στο παγωτό. Αντίθετα, χαμηλά ποσοστά λίπους συμβάλουν σε μία ομοιόμορφη κρεμώδη υφή. Όσον αφορά τη δράση του μελιού, δεδομένου ότι η μείωση του ποσοστού προσθήκης του οδηγεί στο σχηματισμό μεγάλου αριθμού κρυστάλλων, αυξάνεται η πιθανότητα δημιουργίας αμμόδους υφής (την οποία οι δοκιμαστές διέκριναν ως έλλειψη κρεμώδους υφής), κυρίως στην περίπτωση όπου σχηματίζεται μεγάλο σχετικά μέγεθος κρυστάλλων (ως αποτέλεσμα αργού ρυθμού κατάψυξης). Η μείωση του κρεμώδους με την αύξηση του ποσοστού προσθήκης γιαούρτης οφείλεται στην ενδεχόμενη μείωση της συγκέντρωσης του μελιού.

Χαρακτηριστική γεύση γιαούρτης

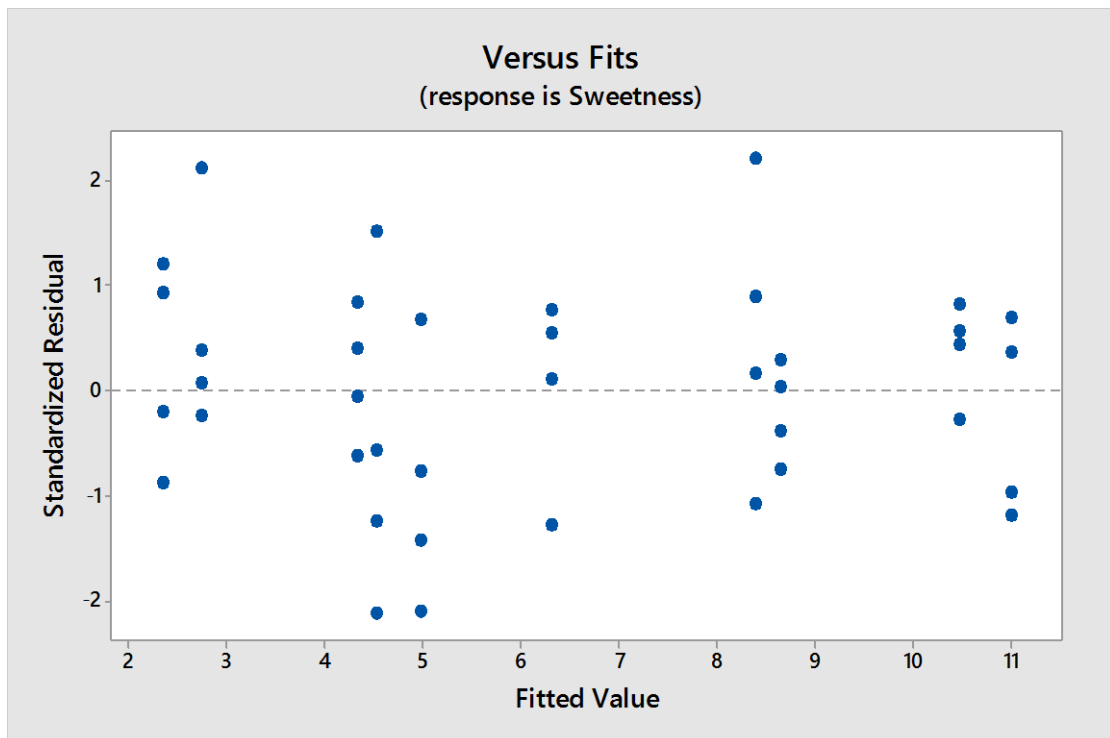
Εξ αιτίας των πολύ μικρών τιμών του R^2 (8,22 %), R^2_s (3,25 %) και R^2_p (0,00 %), καθώς και της μεγάλης διαφοράς (μεγαλύτερη από 20 %) μεταξύ του προσδιοριστικού και προβλεπτικού συντελεστή R^2 , δύο εκ των σημαντικότερων κριτηρίων της παλινδρόμησης δεν πληρούνται (η ειδική κυβική εξίσωση που αποπειράθηκε δεν μπορεί να ερμηνεύσει το μοντέλο και υφίσταται χαμηλή προβλεπτική ικανότητα του μοντέλου) και κατά συνέπεια είναι αδύνατη οποιαδήποτε στατιστική ανάλυση που αφορά την μεταβλητή απόκρισης.

Γλυκύτητα

Αρχικά οι τιμές της οργανοληπτικής γλυκύτητας ελέγχθηκαν για την κανονικότητα των τυποποιημένων υπολειμμάτων και την ομοιογένεια των διακυμάνσεων. Τα αντίστοιχα διαγράμματα έδειξαν πως τα υπολείμματα εμφανίζουν κανονικότητα και οι διακυμάνσεις είναι ίσες, καθώς τα σημεία (ζεύγη τυποποιημένου υπολείμματος – προσαρμοσμένης τιμής) είναι διεσπαρμένα κατά τρόπο ώστε να μην εμφανίζεται δέσμη προς κάποια κατεύθυνση (Σχήματα 5.37 και 5.38, αντίστοιχα).



Σχήμα 5.37: Γράφημα κανονικότητας των υπολειμμάτων της γλυκύτητας.



Σχήμα 5.38: Γράφημα ομοιογένειας των διακυμάνσεων της γλυκύτητας. Οι διακυμάνσεις της μεταβλητής είναι ίσες, καθώς τα σημεία είναι διεσπαρμένα.

Εφαρμόζοντας την τεχνική της προοδευτικής ένταξης, στο μοντέλο, των στατιστικά σημαντικών όρων, αποδείχθηκε πως κανένας όρος της ειδικής κυβικής εξίσωσης που χρησιμοποιήθηκε δεν κρίθηκε ως στατιστικά σημαντικός πλην των όρων του γραμμικού μοντέλου, ήτοι της γιαούρτης, του μελιού και του ροδιού, οι οποίοι δεν ξεετάζονται ως προς την σημαντικότητά τους. Τα περισσότερα εκ των διαγνωστικών κριτηρίων παλινδρόμησης πληρούνται από το στατιστικό μοντέλο, όπως το R^2 , που είναι ίσο με 86,9% (πολύ καλή προσαρμοστικότητα των στοιχείων της γλυκύτητας στην εξίσωση παλινδρόμησης), το R^2_{δ} (86,2%), που είναι ελάχιστα μικρότερο από το R^2 και το R^2_p (84,78%), το οποίο είναι ελαφρά μικρότερο του R^2 σε ποσοστό 2,4% << 20 %, στοιχείο που δηλώνει την υψηλή προβλεπτική ικανότητα του μοντέλου. Πέραν αυτού, το τυπικό σφάλμα της παλινδρόμησης $s(1,19)$ είναι αρκούντως μικρό.

Όσον αφορά τους μερικούς συντελεστές παλινδρόμησης των τριών συστατικών, το μέλι και το ρόδι ασκούν θετική δράση στην γλυκύτητα, ενώ η γιαούρτη αρνητική. Σε σχέση με το μέλι, το ρόδι αυξάνει σε πολύ μικρό βαθμό την γλυκύτητα (συντελεστής 1,211), όταν η ποσότητα αυτού αυξάνεται, αλλά το μέλι την αυξάνει δραματικά (συντελεστής 59,971), επειδή ο αντίστοιχος συντελεστής έχει πολύ μεγαλύτερη τιμή από τους λοιπούς. Στον αντίποδα, η αύξηση της ποσότητας της γιαούρτης και η ταυτόχρονη μείωση των ποσοτήτων του μελιού και του ροδιού μειώνει ελαφρά την μεταβλητή απόκρισης της γλυκύτητας (συντελεστής - 1,901).

Παράλληλα, οι τιμές VIF των συστατικών είναι μικρότερες του 10, συνεπώς οι όροι του γραμμικού μοντέλου δεν συσχετίζονται μεταξύ τους.

Στη συνέχεια, η ανάλυση της διακύμανσης που λαμβάνει χώρα παρουσιάζει, όπως ήταν επιθυμητό, ως στατιστικά σημαντικό το γραμμικό μοντέλο ($p < 0,001$). Κατ' αυτόν τον τρόπο, μόνο το γραμμικό μοντέλο είναι υπεύθυνο για την μεταβολή που προκαλεί στην τιμή της γλυκύτητας. Ακόμη, ένα σημαντικό στοιχείο που προβάλλεται είναι η τιμή p του ελέγχου έλλειψης προσαρμογής των στοιχείων της μεταβλητής απόκρισης (lack-of-fit test), που είναι μεγαλύτερη του 0,05 ($p = 0,062$). Η αξία του ελέγχου αυτού κρίνεται από το γεγονός ότι, όταν τα στοιχεία της μεταβλητής απόκρισης έχουν γραμμική τάση, πρέπει οπωσδήποτε η έλλειψη προσαρμογής στην γραμμική τάση να είναι μη στατιστικά σημαντική.

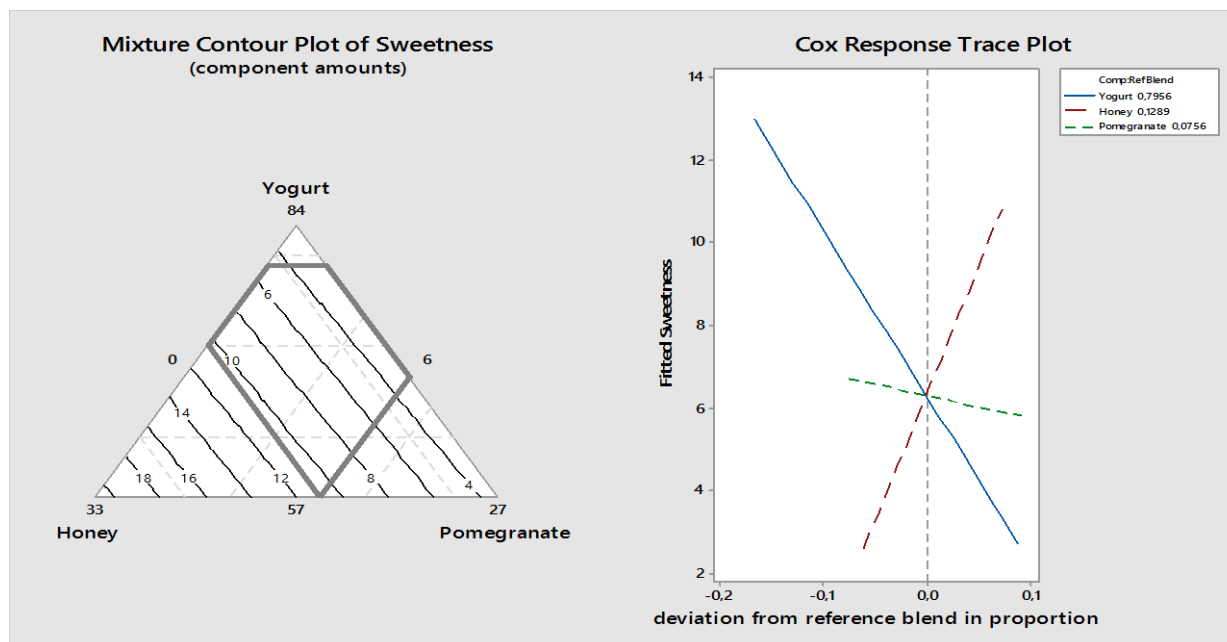
Πριν την περαιτέρω περιγραφή του στατιστικού μοντέλου, το πρόγραμμα ανίχνευσε τέσσερεις τιμές της γλυκύτητας που έχουν τυποποιημένο υπόλειμμα μεγαλύτερο του ± 2 .

Τα περιγράμματα ισοϋψών της γλυκύτητας που αντιστοιχούν στα επίπεδα προσθήκης του λίπους (1 και 3%) είναι όμοια, όπως αναμενόταν, αφού το λίπος, ως μεταβλητή διεργασίας, δεν περιλήφθηκε στους στατιστικά σημαντικούς όρους και δεν επιδρά στην γλυκύτητα. Οι ισοϋψείς γραμμές είναι ευθείες και παράλληλες μεταξύ τους, γεγονός που εξηγείται από την γραμμικότητα των στοιχείων της μεταβλητής και τον ορισμό των όρων του γραμμικού μοντέλου ως οι καταλληλότεροι για την αξιολόγηση της γλυκύτητας.

Πέραν αυτού, οι γραμμές τείνουν αποκλειστικά προς το μέλι, τονίζοντας την σημασία του συστατικού ως προς την μεταβολή της γλυκύτητας. Πράγματι, το μέλι ασκεί την μεγαλύτερη δράση από όλα τα συστατικά και, επειδή είναι θετική, όσο αυξάνεται η ποσότητά του εις βάρος των ποσοτήτων της γιαούρτης και του ροδιού η γλυκύτητα αυξάνει ταχέως. Στο μικρότερο ποσοστό προσθήκης του μελιού (6%), η γλυκύτητα φτάνει τις 3 μονάδες της αδιαβάθμητης κλίμακας αξιολόγησης, ενώ στο μέγιστο ποσοστό προσθήκης (18%) υπερβαίνει τις 10 μονάδες. Ειδικότερα, όταν προστίθενται 18% μέλι, 72% γιαούρτι και 0% ρόδι, η γλυκύτητα αγγίζει τις 10,2 μονάδες και όταν προστίθενται 18% γιαούρτι, 57% γιαούρτι και 15% ρόδι, η γλυκύτητα φτάνει τις 11 μονάδες της κλίμακας (η τελευταία τιμή είναι μεγαλύτερη γιατί στον συνδυασμό αυτόν η ποσότητα προσθήκης της γιαούρτης, που ελαττώνει την γλυκύτητα, μειώνεται και αυτή του ροδιού, που την αυξάνει, αυξάνεται). Από την άλλη πλευρά, το γιαούρτι και το ρόδι δεν επηρεάζουν καθόλου την γλυκύτητα, σε σύγκριση με το μέλι.

Όπως προηγουμένως, τα ιχνογραφήματα Cox που αντιστοιχούν στα ποσοστά προσθήκης λίπους 1 και 3% στα δείγματα είναι όμοια, οπότε για την ανάλυση της επίδρασης των συστατικών θα χρησιμοποιηθεί μόνο το ένα εξ αυτών. Από τα αποτελέσματα του διαγράμματος φαίνεται πως το μέλι αυξάνει γραμμικά την γλυκύτητα, όταν η ποσότητά του αυξάνεται και αυτήν των λοιπών συστατικών μειώνεται, από τις 6,3 μονάδες (ποσοστό 11,6%) στις 11,1 μονάδες της κλίμακας (ποσοστό 18%). Συνεπώς, εκτιμάται ότι η επίδρασή του στην αύξηση της γλυκύτητας είναι πολύ σημαντική. Το ρόδι φαίνεται πως μειώνει πολύ λίγο την γλυκύτητα, όταν αυξάνεται η ποσότητα προσθήκης αυτού, από τις 6,3 μονάδες (ποσοστό 6,8%) στις 6,0 μονάδες της κλίμακας αξιολόγησης (ποσοστό 15%). Τέλος, η αύξηση της ποσότητας της γιαούρτης και η ταυτόχρονη μείωση των ποσοτήτων του μελιού και του ροδιού στο προϊόν μειώνει την τιμή της γλυκύτητας από τις 6,3 μονάδες (κεντρικό σημείο αναφοράς μίξης – ποσοστό γιαούρτης 71,6%) στις 2,5 μονάδες (αύξηση της ποσότητας κατά 8,4% έως το μέγιστο ποσοστό προσθήκης 80%). Η ελάττωση της γλυκύτητας

λόγω της γιαούρτης πραγματοποιείται με γραμμικό τρόπο και είναι σημαντική. Στο Σχήμα 5.39. προβάλλονται το περίγραμμα ισοϋψών και το ιχνογράφημα απόκρισης.



Σχήμα 5.39: Περίγραμμα ισοϋψών της γλυκύτητας στο αριστερό τμήμα και ιχνογράφημα απόκρισης της μεταβλητής στο δεξιό τμήμα. **Μπλε:** Δράση γιαούρτης, **Κόκκινο:** Δράση μελιού, **Πράσινο:** Δράση ροδιού.

Από τα αποτελέσματα του ιχνογραφήματος, του περιγράμματος ισοϋψών της γλυκύτητας και των μερικών συντελεστών παλινδρόμησης, διαφαίνεται ότι το μέλι αναλαμβάνει κυρίαρχο ρόλο στην μεταβολή και δη την αύξηση της γλυκύτητας του προϊόντος, ενώ η δράση που ασκούν το γιαούρτι (αρνητική) και το ρόδι (θετική) σε αυτήν είναι μικρή έως ελάχιστη, σε σύγκριση με αυτήν του μελιού. Η μεταβλητή διεργασίας του λίπους (πρακτικά τα επίπεδα προσθήκης του λίπους) δεν επηρεάζει καθόλου ούτε την μεταβολή της γλυκύτητας ούτε την δράση των όρων του γραμμικού μοντέλου, καθότι δεν αλληλεπιδρά με αυτούς και δεν είναι στατιστικά σημαντική. Σύμφωνα με τα παραπάνω, οι δοκιμαστές αντιλαμβάνονται σχεδόν πλήρως την μεταβολή της γλυκύτητας σε συνάρτηση με την ποσότητα του μελιού στα δείγματα και τα αξιολογούν ως «αρκετά γλυκά», όταν περιέχουν 18% μέλι και ως «μετρίως γλυκά» και «λίγο γλυκά», όταν προστίθενται μέτριες ή μικρές ποσότητες μελιού (ποσοστά από 11,6 έως 6 %). Αντίθετα, δεν αντιλαμβάνονται την επίδραση της προσθήκης του ροδιού στην γλυκύτητα των δειγμάτων, ενώ δύνανται να αντιληφθούν την μικρή επίδραση που προκαλεί στην γλυκύτητα η προσθήκη γιαούρτης, συγκεκριμένα την μικρή μείωση αυτής.

Η γλυκιά γεύση των δειγμάτων παγωτού γιαούρτης οφείλεται κυρίως στην παρουσία του μελιού. Η μικρή μείωση της έντασης της γλυκύτητας των δειγμάτων με την αύξηση της συγκέντρωσης της γιαούρτης μπορεί να αποδοθεί στην όξινη γεύση της.

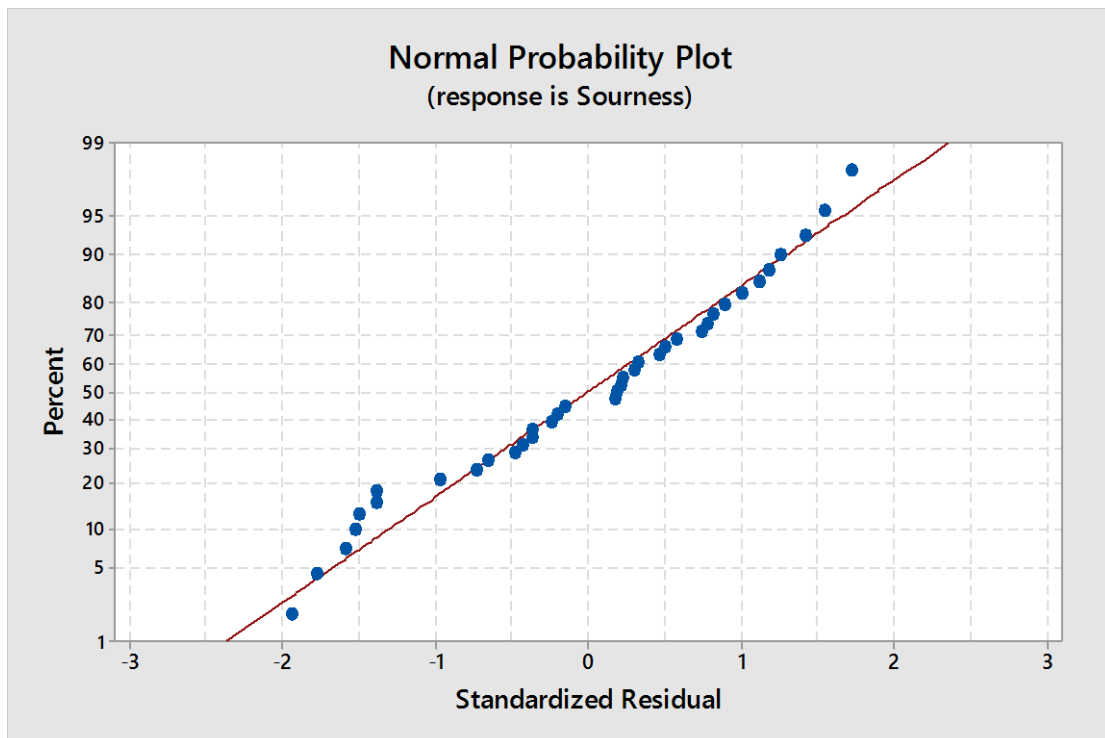
Οργανοληπτική οξύτητα

Πριν τον έλεγχο των στοιχείων της οξύτητας ως προς την πλήρωση των διαγνωστικών κριτηρίων της παλινδρόμησης, αφαιρέθηκε μία τιμή της μεταβλητής (σειρά 22, τιμή 7,3281), επειδή ο έλεγχος της έλλειψης προσαρμογής των στοιχείων εμφάνισε τιμή p πολύ μικρότερη του 0,05 ($p = 0,016$), συνεπώς κρίθηκε στατιστικά σημαντικός. Η αφαίρεση της τιμής έγινε κατόπιν αφαίρεσης του αντίστοιχου ζεύγους τυποποιημένου υπολείμματος – προσαρμοσμένης τιμής (σημείο απομακρυσμένο από τα υπόλοιπα), στο διάγραμμα που κρίνει την ομοιογένεια των διακυμάνσεων. Ύστερα από την διορθωτική ενέργεια που αναφέρθηκε ανωτέρω, τα στοιχεία της οξύτητας ελέγχθηκαν ως προς την κανονικότητα των υπολειμμάτων και την ομοιογένεια των διακυμάνσεων και τα αποτελέσματα έδειξαν πως τα δύο διαγνωστικά κριτήρια πληρούνται (τα περισσότερα εκ των σημείων βρίσκονται πλησίον της ευθείας προσαρμογής και στο ακόλουθο διάγραμμα τα σημεία δεν εμφανίζουν σπορά προς κάποια κατεύθυνση, δηλ. το διάγραμμα είναι διάσπαρτο (Σχήματα 5.40 και 5.41, αντιστοίχως).

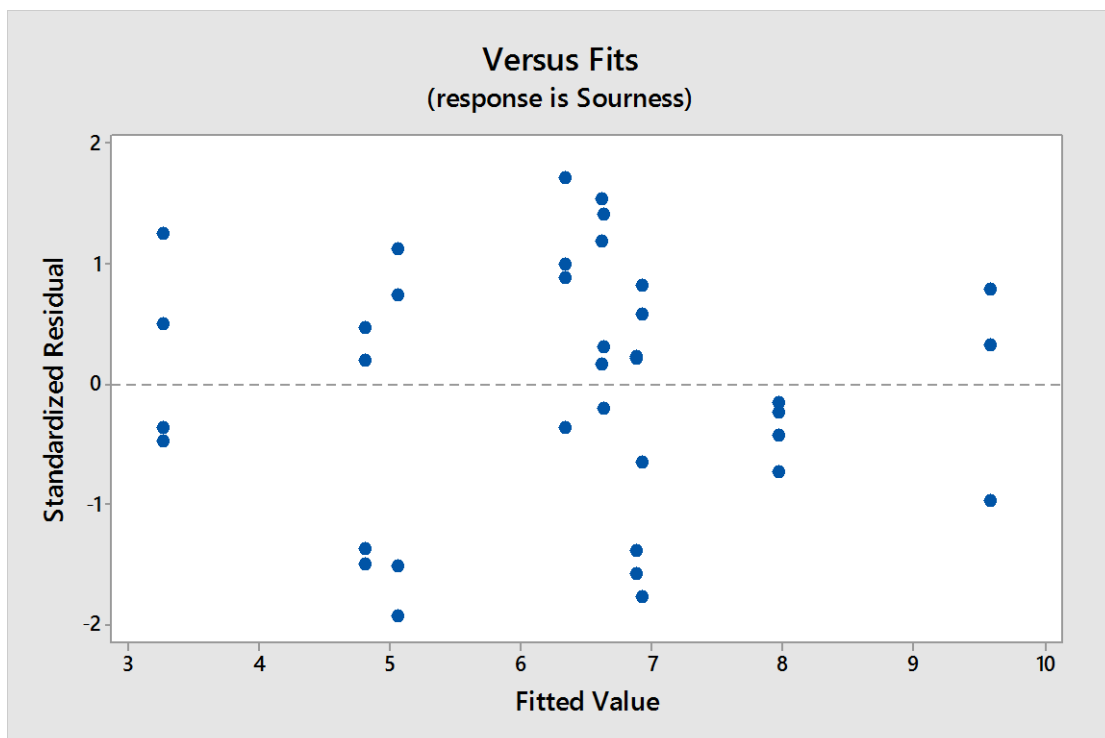
Στην συνέχεια, η τεχνική της προοδευτικής ένταξης των στατιστικά σημαντικών όρων (p ένταξης ίσο με 0,05) δεν έκρινε κανέναν όρο της ειδικής κυβικής εξίσωσης ως στατιστικά σημαντικό, ούτε την μεταβλητή διεργασίας. Άρα οι μόνοι όροι που θα εξεταστούν περαιτέρω ως προς την σημαντικότητά τους στην μεταβολή της οξύτητας είναι αυτοί του γραμμικού μοντέλου, δηλ. η γιαούρτη, το μέλι και το ρόδι. Το τυπικό σφάλμα παλινδρόμησης βρέθηκε να ισούται με 1,35, ο προσδιοριστικός συντελεστής R^2 με 61,52%, δηλώνοντας πως η ειδική κυβική είναι αρκετά αξιόλογη ώστε να ερμηνεύσει το στατιστικό μοντέλο, ο διορθωμένος R^2 με 59,26% και ο προβλεπτικός R^2_p να ισούται με 54,58%, μικρότερος του R^2 σε ποσοστό $11,3\% < 20\%$, στοιχείο που υπογραμμίζει την υψηλή προβλεπτική ικανότητα του μοντέλου.

Σύμφωνα με τις τιμές των μερικών συντελεστών παλινδρόμησης των συστατικών, το ρόδι και η γιαούρτη επηρεάζουν θετικά την οργανοληπτική οξύτητα, ενώ το μέλι την επηρεάζει αρνητικά. Το ρόδι ασκεί την ισχυρότερη δράση από όλα τα συστατικά (συντελεστής 28,99), ακολουθεί το μέλι ασκώντας αρκετά ασθενέστερη δράση, σε σύγκριση με το ρόδι (συντελεστής – 12,92) και τελευταίο έπεται το γιαούρτι, το οποίο

επιδρά, στον μικρότερο βαθμό από όλα τα συστατικά, στην μεταβολή της οξύτητας (συντελεστής 7,32).



Σχήμα 5.40: Διάγραμμα κανονικότητας των υπολειμμάτων της οργανοληπτικής οξύτητας.



Σχήμα 5.41: Διάγραμμα ομοιογένειας των διακυμάνσεων της οργανοληπτικής οξύτητας.

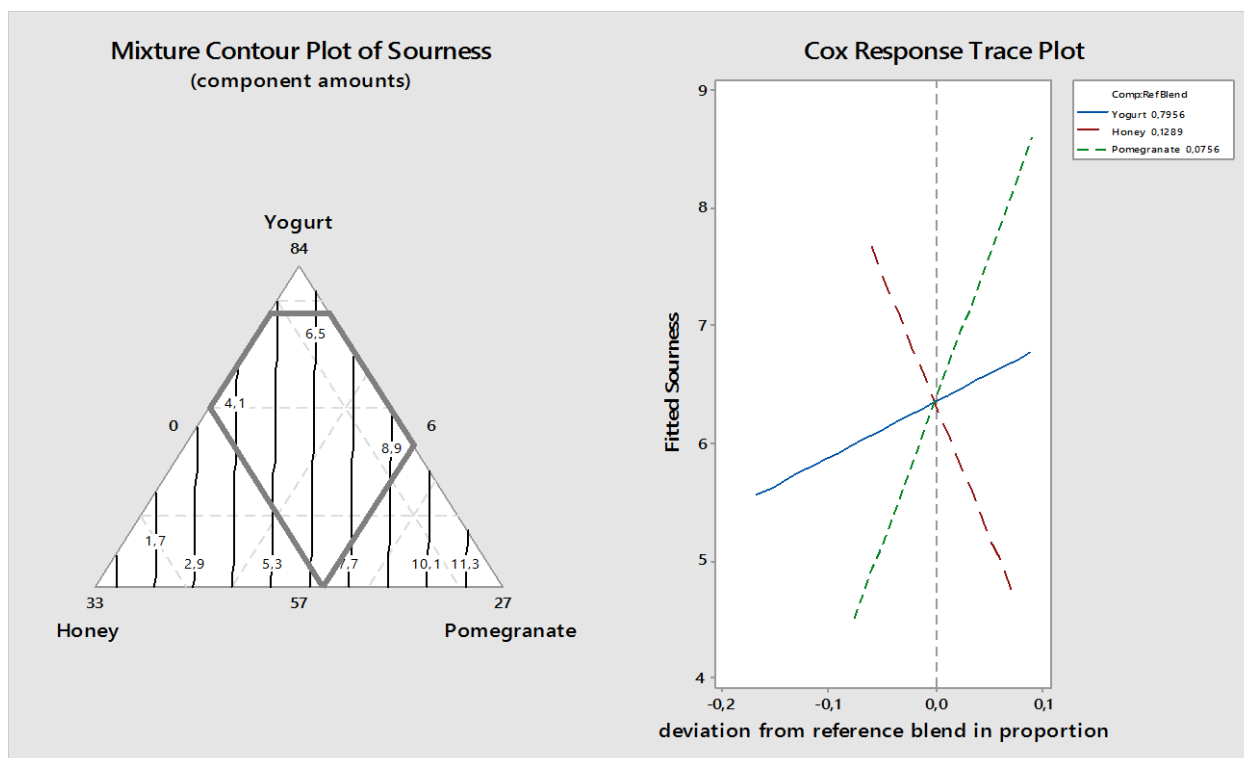
Πέραν τούτου, οι τιμές VIF των συστατικών είναι μικρότερες του 10 και δεν υφίστανται ενδείξεις για πιθανή συσχέτιση μεταξύ των όρων του γραμμικού μοντέλου. Ακολούθως, η ANOVA εμφανίζει το γραμμικό μοντέλο ως στατιστικά σημαντικό ($p < 0,001$) και υπεύθυνο για την μεταβολή της τιμής της οργανοληπτικής οξύτητας των δειγμάτων. Επίσης, ο έλεγχος της έλλειψης προσαρμογής των στοιχείων της μεταβλητής απόκρισης θεωρείται ως μη στατιστικά σημαντικός, παρόλο που η τιμή p είναι μικρότερη του 0,05 ($p = 0,030$), επομένως το μοντέλο που αναλύεται είναι έγκυρο.

Έπειτα από την ανάλυση διακύμανσης, διαμορφώνονται τα περιγράμματα ισοϋψών της οξύτητας, ένα για καθένα από τα δύο επίπεδα προσθήκης του λίπους (1 και 3%) και παρατηρείται ότι καταρχήν το λίπος δεν επηρεάζει καθόλου ούτε την οξύτητα του προϊόντος ούτε την δράση των συστατικών (δεν είναι στατιστικά σημαντικός όρος και δεν αλληλεπιδρά με τα συστατικά), επειδή τα περιγράμματα είναι όμοια.

Επιπλέον, η γιαούρτη δεν επιδρά καθόλου στην μεταβολή της οξύτητας, καθώς οι ισοϋψείς ευθείες τείνουν προς τις κορυφές του μελιού και του ροδιού και όχι προς την κορυφή της. Ακόμη, ένα σημαντικό στοιχείο που διαφαίνεται από το σχήμα είναι ότι οι ευθείες τείνουν με τέτοιο τρόπο προς το μέλι και το ρόδι, ώστε να εμφανίζεται η δράση αυτών στην οργανοληπτική οξύτητα ως σχεδόν εξολοκλήρου ισότιμη, παρά την δεδομένη διαφορά στις τιμές των μερικών συντελεστών παλινδρόμησης. Αφενός το μέλι, όταν αυξάνεται η ποσότητά του και μειώνεται αυτή της γιαούρτης και του ροδιού, ελαττώνει την οξύτητα και αφετέρου η αύξηση της ποσότητας του ροδιού έναντι των λοιπών συστατικών αυξάνει την οξύτητα. Στη μεν μέγιστη ποσότητα του μελιού (ποσοστό 18%), η οξύτητα φτάνει τα 3,4 cm της κλίμακας αξιολόγησης, όταν προστίθενται 72% γιαούρτης και 0% ροδιού και φτάνει τα 6,8 cm, όταν προστίθενται 57% γιαούρτης και 15% ροδιού (η τελευταία τιμή είναι αρκετά μεγαλύτερη της πρώτης, διότι ο δεύτερος συνδυασμός περιλαμβάνει την μέγιστη ποσότητα ροδιού, που επηρεάζει θετικά και ισχυρά την οξύτητα). Στην δε μέγιστη ποσότητα του ροδιού (15%), η οξύτητα βρίσκεται στα 9,5 cm της κλίμακας, όταν προστίθενται 69% γιαούρτης και 6% μελιού και στα 6,8 cm, όταν προστίθενται η ελάχιστη ποσότητα γιαούρτης και η μέγιστη ποσότητα μελιού. Είναι ευνόητο ότι ο συνδυασμός ελάχιστης ποσότητας ροδιού και μέγιστης μελιού οδηγεί σε πολύ μικρή οξύτητα των δειγμάτων, ωθώντας τους δοκιμαστές να τα αξιολογήσουν ως «καθόλου ξινά» και ο αντίθετος συνδυασμός ελάχιστης ποσότητας μελιού και μέγιστης ροδιού οδηγεί σε μεγάλη οξύτητα των δειγμάτων, ωθώντας τους δοκιμαστές να τα αξιολογήσουν ως «αρκετά

ξινά». Πέραν αυτού, η σχεδόν ισότιμη δράση των συστατικών αυτών στην μεταβολή της μεταβλητής έγκειται στο γεγονός ότι στις μέγιστες ποσότητες αυτών η τιμή της οργανοληπτικής οξύτητας βρίσκεται σχεδόν στη μέση της απόστασης που χωρίζει τις ακραίες τιμές που αναφέρθηκαν ανωτέρω. Φυσικά, η τιμή αυτή ρέπει προς την κορυφή του ροδιού, γιατί το τελευταίο ασκεί μεγαλύτερη δράση στην μεταβλητή από το μέλι [$28,99 > (-12,92)$]. Εκτός των άλλων, οι δοκιμαστές αντιλαμβάνονται την διαφορετική οξύτητα που έχουν τα δείγματα, όταν σε αυτά προστίθενται 18% μέλι και 15% ρόδι, και τα αξιολογούν ως «μετρίως ξινά». Παράλληλα, οι ισοϋψείς γραμμές είναι ευθείες και παράλληλες, τονίζοντας την γραμμικότητα των στοιχείων της οξύτητας και την σημαντικότητα του γραμμικού μοντέλου ως προς την μεταβολή της οξύτητας.

Ανάλογα αποτελέσματα προβάλλει το ιχνογράφημα Cox (θα περιγραφεί ένα γιατί τα διαγράμματα είναι όμοια, λόγω της μηδαμινής δράσης της μεταβλητής διεργασίας στην μεταβλητή απόκρισης). Το γιαούρτι αυξάνει ελαφρά την οξύτητα από τις 6,3 στις 6,9 μονάδες της αδιαβάθμητης κλίμακας, όταν το ποσοστό προσθήκης αυξάνεται από το 71,6 (κεντρικό σημείο αναφοράς μίξης) στο 80% (μέγιστο ποσοστό – αύξηση κατά 8,4%) και μειώνονται τα ποσοστά των λοιπών συστατικών στο προϊόν. Το μέλι μειώνει αρκετά την οξύτητα, από τις 6,3 μονάδες (ποσοστό 11,6%) στις 4,6 μονάδες (μέγιστο ποσοστό 18% – αύξηση κατά 6,4%). Απεναντίας, το ρόδι αυξάνει δραστικά την οργανοληπτική οξύτητα από τις 6,3 (ποσοστό 6,8%) στις 8,7 μονάδες της κλίμακας (μέγιστο ποσοστό 15% – αύξηση κατά 8,2%). Έτσι, το ιχνογράφημα δύναται να αξιολογήσει το ρόδι ως το σημαντικότερο από όλα τα συστατικά που επιδρούν στην οργανοληπτική οξύτητα, ικανό να οδηγήσει τους δοκιμαστές να αξιολογήσουν διαφορετικά τα δείγματα στα οποία προστίθενται ποσοστά μεγαλύτερα του 6,8% («μετρίως ξινά»). Από την άλλη, η γιαούρτη ασκεί πολύ μικρή δράση ώστε να προκαλέσει διαφορά στην αντίληψη των δοκιμαστών σχετικά με την συνάρτηση της οξύτητας του προϊόντος με προσθήκη αυξανόμενης ποσότητας γιαούρτης, ενώ το μέλι προκαλεί μεν μεγάλη πτώση της οξύτητας, όχι όμως τόσο σημαντική όσο η μεταβολή σε αυτήν εξ αιτίας της προσθήκης ροδιού στα δείγματα. Σημειώνεται πως όλα τα συστατικά οδηγούν σε μεταβολή της μεταβλητής απόκρισης κατά τρόπο γραμμικό. Ακολούθως, (Σχήμα 5.42.) διακρίνονται το περίγραμμα ισοϋψών και το ιχνογράφημα απόκρισης της οργανοληπτικής οξύτητας.



Σχήμα 5.42: Περίγραμμα ισοϋψών γραμμών και ιχνογράφημα απόκρισης της οργανοληπτικής οξύτητας. **Μπλε:** Δράση γιαούρτης, **Κόκκινο:** Δράση μελιού, **Πράσινο:** Δράση ροδιού.

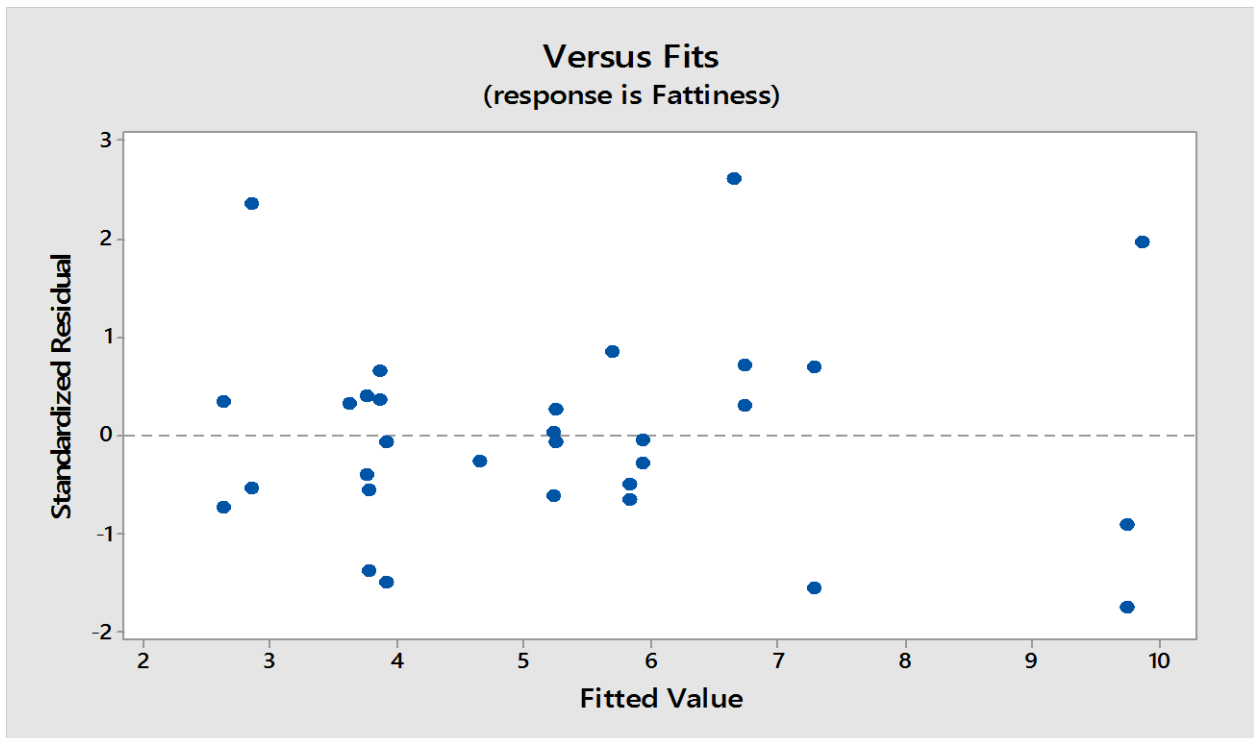
Το συμπέρασμα από την ολοκληρωμένη ανάλυση του μοντέλου, αναφορικά με την μεταβολή της οργανοληπτικής οξύτητας, βασίζεται κυρίως στο ότι η γιαούρτη, σε σύγκριση με το ρόδι και το μέλι, δεν επηρεάζει καθόλου ή επηρεάζει ελάχιστα την οξύτητα του προϊόντος, το μέλι και το ρόδι επιδρούν, το καθένα, σημαντικά στην μεταβλητή, αν και το ρόδι ασκεί μεγαλύτερη δράση και επηρεάζει την κρίση των δοκιμαστών περισσότερο και στο γεγονός ότι το λίπος δεν αλληλεπιδρά με κανένα εκ των συστατικών και δεν επιδρά επουδενί στην οξύτητα.

Από τα συστατικά που μεταβάλλουν την οξύτητα των δειγμάτων, το μέλι την μειώνει σημαντικά αλλά μόνο όταν περιέχεται πολύ μικρή ή μηδαμινή ποσότητα ροδιού, έτσι ώστε οι δοκιμαστές να νιώσουν ότι δοκιμάζουν δείγματα με μικρή οξύτητα («λίγο ξινά»). Το ρόδι αυξάνει δραστικά την οξύτητα, τόσο ώστε, όταν βρίσκεται σε πολύ μεγάλη (ακόμη και την μέγιστη) ποσότητα, ενώ το μέλι βρίσκεται στο ελάχιστο ποσοστό προσθήκης, οι δοκιμαστές μπορούν να κατανοήσουν την μεταβολή στην οξύτητα σε σχέση με την προσθήκη ολοένα αυξανόμενης ποσότητας ροδιού και να αξιολογήσουν τα δείγματα ως «αρκετά ξινά».

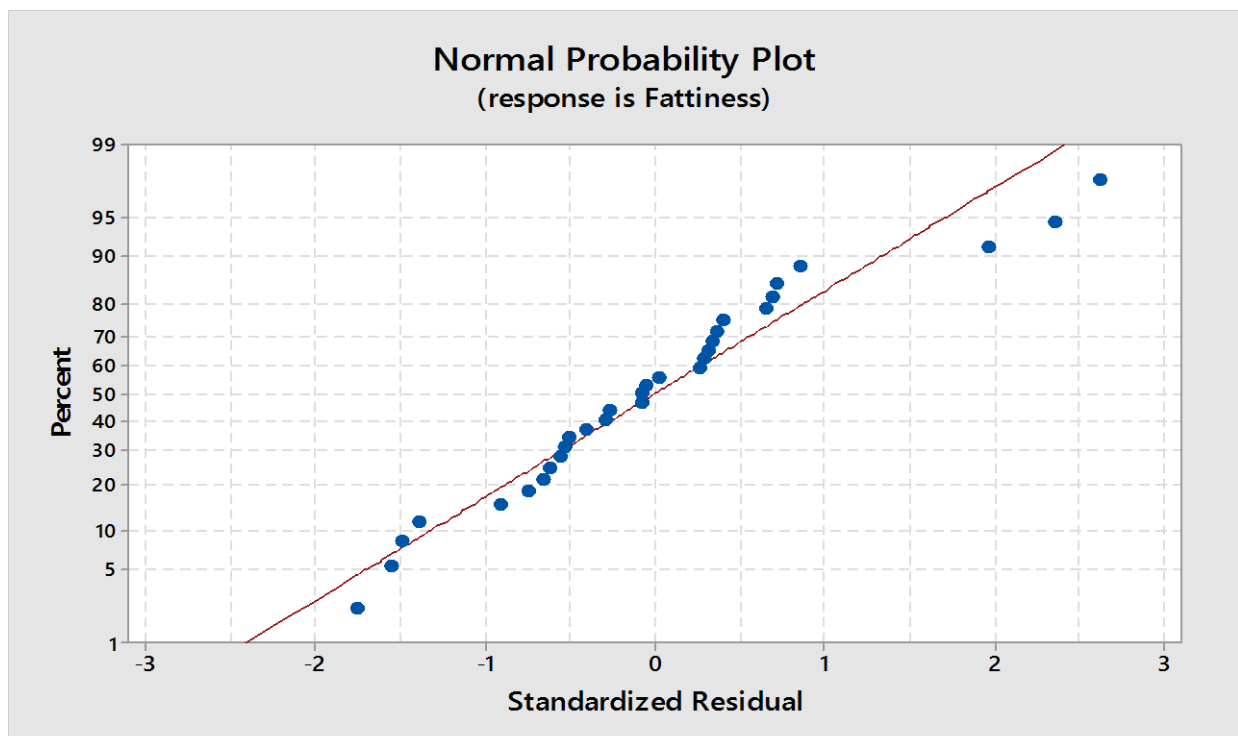
Σύμφωνα με τα αποτελέσματα από την οργανοληπτική αξιολόγηση, οι δοκιμαστές μπορούν και διακρίνουν σε σημαντικό βαθμό τη θετική συνεισφορά του χυμού από ρόδι στην οξύτητα των δειγμάτων. Μπορούν επίσης να διακρίνουν σε λιγότερο ίσως βαθμό και την μείωση της οξύτητας που προκαλεί η αύξηση της συγκέντρωσης του μελιού.

Λιπαρότητα

Πριν την εκτέλεση του ελέγχου για την πλήρωση των διαγνωστικών κριτηρίων της παλινδρόμησης από τα στοιχεία της λιπαρότητας, πραγματοποιήθηκαν ορισμένες διορθωτικές ενέργειες για να ενισχυθεί η αξιοπιστία και εγκυρότητα του στατιστικού μοντέλου. Ειδικότερα, αφαιρέθηκαν διαδοχικά τέσσερεις όροι της ειδικής κυβικής εξίσωσης, η οποία χρησιμοποιήθηκε για την ανάλυση του μοντέλου, καθώς εμφάνισαν τιμές VIF πολύ μεγαλύτερες από 20 (αλληλεπίδραση γιαούρτης – ροδιού: 365,265, αλληλεπίδραση γιαούρτης – μελιού: 941,762 και αλληλεπίδραση γιαούρτης – μελιού – ροδιού: 351,717, αλληλεπίδραση μελιού – ροδιού:). Μετά από την αφαίρεση των ανωτέρω όρων, βρέθηκε ότι ο έλεγχος της έλλειψης προσαρμογής ήταν στατιστικά σημαντικός ($p = 0,019 < 0,05$) και ως εκ τούτου κατέστη αναγκαία η αφαίρεση επτά σημείων που βρίσκονταν σε μεγάλη απόσταση από την ευθεία προσαρμογής, στο διάγραμμα κανονικότητας των υπολειμμάτων. Για τον λόγο αυτόν, αφαιρέθηκαν οι τιμές της λιπαρότητας που ισούνται με 11,6270 (σειρά 5), 6,3700 (σειρά 9), 11,0874 (σειρά 10), 6,5442 (σειρά 16), 8,9002 (σειρά 26), 10,9101 (σειρά 30), και 8,0043 (σειρά 40). Η απομάκρυνση των τιμών αυτών είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της τιμής p του ελέγχου στον αριθμό 0,096 ($p = 0,096 > 0,05$), ο οποίος είναι μεγαλύτερος του 0,05, δηλ. μη στατιστικά σημαντικός, επομένως το μοντέλο θεωρείται έγκυρο. Έπειτα από την εκτέλεση των απαραίτητων διορθωτικών κινήσεων, ελέγχθηκαν οι τιμές της λιπαρότητας ως προς την κανονικότητα των τυποποιημένων υπολειμμάτων και την ομοιογένεια των διακυμάνσεων. Έτσι, τα υπολείμματα κρίθηκε πως εμφανίζουν κανονικότητα, επειδή τα περισσότερα εξ αυτών βρίσκονται πλησίον της ευθείας προσαρμογής και πως οι διακυμάνσεις είναι ίσες, διότι τα σημεία του αντίστοιχου γραφήματος είναι διεσπαρμένα και δεν εμφανίζουν δέσμη προς ορισμένη κατεύθυνση (Σχήματα 5.43 και 5.44, αντίστοιχα).



Σχήμα 5.43: Η κανονική κατανομή των υπολειμμάτων της λιπαρότητας.



Σχήμα 5.44: Η ισότητα των διακυμάνσεων της λιπαρότητας, όπως δηλώνεται από την διασπορά των σημείων.

Στην συνέχεια, εφαρμόστηκε η τεχνική της προοδευτικής ένταξης των στατιστικά σημαντικών όρων της ειδικής κυβικής εξίσωσης (p ένταξης = 0,05). Αναγνωρίστηκε ένας όρος ως στατιστικά σημαντικός, η αλληλεπίδραση της γιαούρτης με το μέλι και το λίπος ($p < 0,001$). Επιπλέον, το τυπικό σφάλμα της παλινδρόμησης βρέθηκε ότι έχει πολύ μικρή τιμή (1,06), ο συντελεστής R^2 ίσος με 80,26% (πολύ καλή προσαρμοστικότητα των στοιχείων της λιπαρότητας στην ειδική κυβική εξίσωση), ο R^2_s ίσος με 78,07 % (ελαφρά μικρότερος του R^2 όπως επιθυμείται) και ο R^2_p ίσος με 71,73% (μικρότερος του R^2 σε ποσοστό $10,6 < 20\%$, συνεπώς το μοντέλο έχει υψηλή προβλεπτική αξία). Παρατηρώντας τους μερικούς συντελεστές παλινδρόμησης των στατιστικά σημαντικών όρων και των συστατικών, συμπεραίνει κανείς πως το μέλι, το ρόδι και το γιαούρτι επηρεάζουν θετικά την μεταβολή της λιπαρότητας, ενώ η αλληλεπίδραση της γιαούρτης με το μέλι και το λίπος την επηρεάζουν αρνητικά. Την μεγαλύτερη δράση από όλους τους όρους ασκεί το μέλι, που κείται μακράν σε σχέση με τις υπόλοιπες (συντελεστής 39,201). Αυτό σημαίνει ότι το μέλι αυξάνει δραστικά την λιπαρότητα, όταν αυξάνεται η ποσότητα αυτού στο δείγμα και μειώνεται αυτή της γιαούρτης και του ροδιού. Επιπρόσθετα, η γιαούρτη στην πράξη δεν αυξάνει καθόλου την μεταβλητή απόκρισης (συντελεστής 0,588) και το ρόδι την αυξάνει ισχυρότερα απ' ό,τι η γιαούρτη (συντελεστής 1,825), αλλά στην πράξη το αποτέλεσμα είναι μία ελαφρά, ακόμη και ελάχιστη αύξηση της λιπαρότητας. Σε αντίθεση με την δράση των ανωτέρω όρων, η αλληλεπίδραση της γιαούρτης με το μέλι και το λίπος μειώνει έντονα την λιπαρότητα του προϊόντος (συντελεστής - 9,733). Η επίδραση του συνδυασμού στην μεταβλητή επιτρέπει την εξαγωγή του συμπεράσματος πως το λίπος επιδρά στην μεταβολή της δράσης της γιαούρτης και του μελιού, αφού άλλωστε τα δύο συστατικά αυξάνουν την μεταβλητή όταν δρουν αυτόνομα και πως η αύξηση από το κατώτερο στο ανώτερο επίπεδο προσθήκης του λίπους, σε συνδυασμό με την προσθήκη ποσότητας γιαούρτης και μελιού, μειώνει αρκετά την λιπαρότητα του προϊόντος.

Εκτός αυτού, σημαντικό είναι το γεγονός ότι οι τιμές VIF όλων των όρων του μοντέλου είναι μικρότερες του 10 (προέκυψαν από την αφαίρεση τεσσάρων όρων της εξίσωσης) και κατ' αυτόν τον τρόπο επισημαίνουν την έλλειψη συσχέτισης μεταξύ των όρων.

Η εκτέλεση της ANOVA φανέρωσε την σημαντικότητα του γραμμικού (μέλι, ρόδι και γιαούρτι) και μέρους του δευτεροβάθμιου μοντέλου (αλληλεπίδραση γιαούρτης - μελιού - λίπους) και τα αναγνώρισε ως τα υπεύθυνα μοντέλα για την επίδραση στην μεταβολή της λιπαρότητας, αφού η τιμή p του γραμμικού μοντέλου, όπως και η τιμή p του δευτεροβάθμιου μοντέλου που αφορά την αλληλεπίδραση συστατικών με την

μεταβλητή διεργασίας, είναι μικρότερες του 0,001. Επειδή ο έλεγχος της έλλειψης προσαρμογής των στοιχείων της λιπαρότητας σε μη γραμμική τάση πρέπει να είναι μη στατιστικά σημαντικός, το γεγονός ότι η τιμή p του ελέγχου είναι μεγαλύτερη από το 0,05 ($p = 0,096$) είναι θετικό και συνδράμει τα μέγιστα στην εγκυρότητα του στατιστικού μοντέλου.

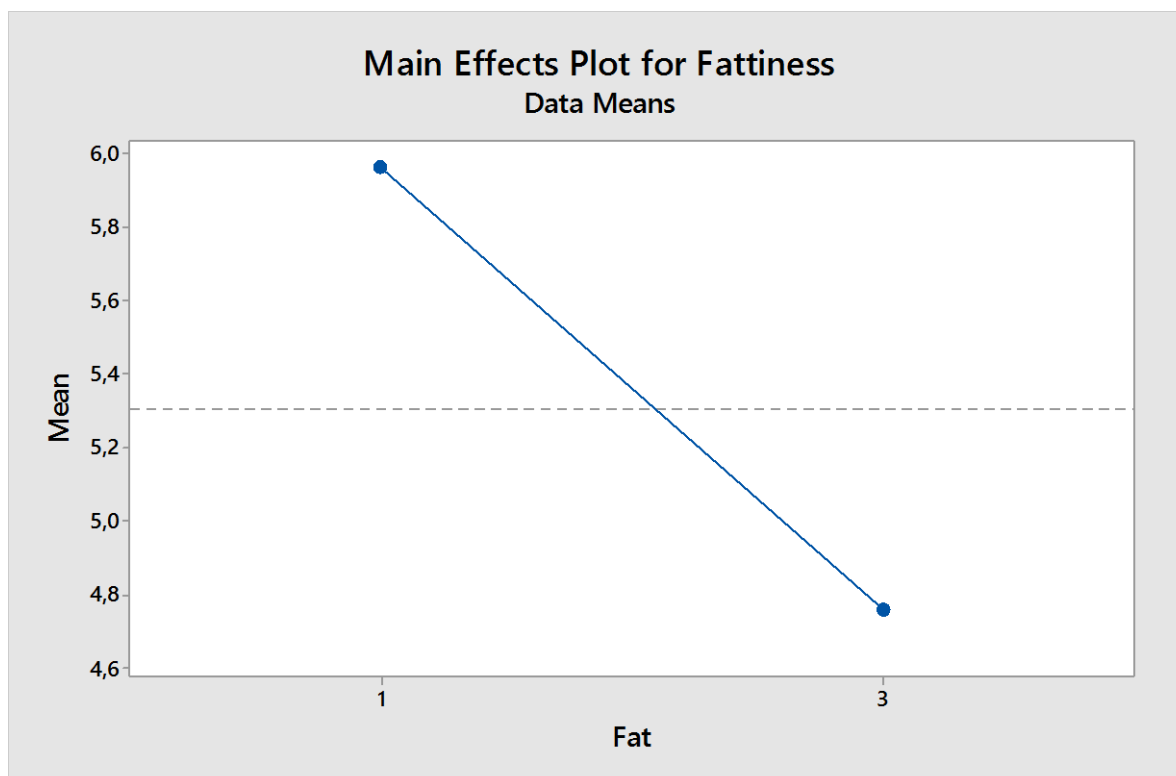
Πέραν αυτού, αναγνωρίστηκαν δύο τιμές της μεταβλητής απόκρισης ως ύποπτες, οι οποίες δεν διαγράφονται, επειδή φέρουν τυποποιημένο υπόλειμμα $\geq \pm 2$.

Ένα διάγραμμα που ενισχύει την υπόνοια του ερευνητή, σχετικά με την αρνητική δράση που ασκεί το λίπος στην λιπαρότητα των δειγμάτων, είναι αυτό των κυρίων δράσεων (εν προκειμένω της ατομικής δράσης του λίπους). Όπως αναφέρθηκε ανωτέρω, το λίπος, όταν αλληλεπιδρά με το γιαούρτι και το μέλι, μειώνει την λιπαρότητα και ταυτόχρονα επηρεάζει την δράση των δύο συστατικών, καθώς η γιαούρτη και το μέλι αυξάνουν την μεταβλητή (το μέλι πολύ ισχυρότερα), όταν δρουν μόνα. Παρόλο που η ατομική δράση του λίπους στην λιπαρότητα δεν εξετάζεται, στο πλαίσιο της ανάλυσης του στατιστικού μοντέλου, επιβεβαιώνει την γενική αντίληψη του ερευνητή περί της αρνητικής επίδρασης, διότι η μετάβαση (αύξηση) από το κατώτερο (1 %) στο ανώτερο επίπεδο προσθήκης του λίπους (3%) μειώνει την μεταβλητή απόκρισης από τις 5,96 στις 4,76 μονάδες της αδιαβάθμητης κλίμακας αξιολόγησης των δειγμάτων (Σχήμα 5.45).

Παρατηρώντας τα περιγράμματα ισοϋψών της οργανοληπτικής λιπαρότητας, προκύπτουν χρήσιμα στοιχεία, που είναι τα εξής: όταν προστίθεται 1% λίπους στο προϊόν, το μέλι είναι εξ ολοκλήρου υπεύθυνο για την μεταβολή της λιπαρότητας, ενώ η γιαούρτη και το ρόδι δεν την επηρεάζουν καθόλου. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι οι ισοϋψείς γραμμές τείνουν αποκλειστικά προς την κορυφή του μελιού. Παράλληλα, οι γραμμές είναι σχεδόν ευθείες και παράλληλες, στοιχείο που δηλώνει ότι το δευτεροβάθμιο μοντέλο (η αλληλεπίδραση) ασκεί πολύ περιορισμένη δράση στην μεταβλητή σε σχέση με αυτήν του γραμμικού μοντέλου (μέλι). Η προσθήκη αυξανόμενης ποσότητας μελιού από το 6 στο 18% και 1% λίπους αυξάνει την λιπαρότητα από τις 3,81 στις 9,71 μονάδες, όταν προστίθενται 57% γιαούρτη, 18% μέλι και 15% ρόδι και στις 9,87 μονάδες, όταν προστίθενται 72% γιαούρτη, 18 % μέλι και 15% ρόδι.

Όταν προστίθεται 3% λίπους στο προϊόν, το μέλι είναι πάλι υπεύθυνο για την μεταβολή της λιπαρότητας και η αλληλεπίδραση της γιαούρτης με το μέλι και το λίπος είναι ορατή. Όπως πριν, το ρόδι και η γιαούρτη δεν επιδρούν καθόλου στην λιπαρότητα. Το μέλι,

όταν αυξάνεται στο δείγμα από το 6 στο 18%, αυξάνει την λιπαρότητα από τις 2,70 στις 6,80 μονάδες, όταν προστίθενται 18% μέλι, 72% γιαούρτη και 0% ρόδι και περαιτέρω στις 7,31 μονάδες, όταν συνδυάζονται 57% γιαούρτη, 18% μέλι και 15% ρόδι. Επιπλέον, η αύξηση του ποσοστού του λίπους στο προϊόν από το 1 στο 3%, σε συνδυασμό με αυξημένες ποσότητες μελιού και γιαούρτης, συνδράμει στην μείωση της μεταβλητής απόκρισης τουλάχιστον κατά 2,5 μονάδες στην κλίμακα αξιολόγησης.



Σχήμα 5.45: Η ατομική δράση του λίπους στην μεταβολή της λιπαρότητας.

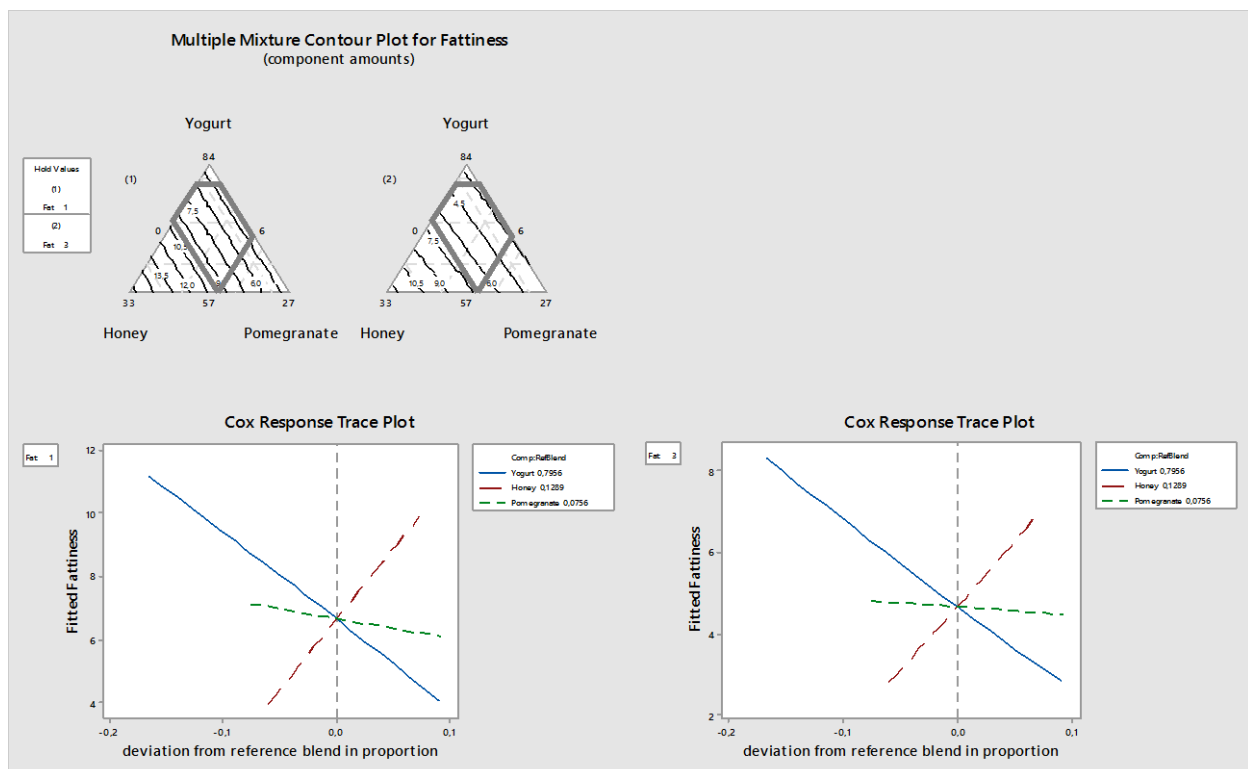
Αμέσως μετά την περιγραφή των περιγραμμάτων ισοϋψών, αναλύονται τα ιχνογραφήματα του Cox, ένα για κάθε επίπεδο του λίπους, που προβάλλουν την ατομική δράση καθενός εκ των συστατικών στην λιπαρότητα του προϊόντος. Πρωτίστως, όμως, επισημαίνεται η αρνητική επίδραση της αλληλεπίδρασης στην λιπαρότητα, καθώς η κλίμακα y είναι συρρικνωμένη, όταν το λίπος βρίσκεται στο 3% (μέγιστη τιμή λιπαρότητας οι 9 μονάδες σε σχέση με τις 12, που αντιστοιχούν στο 1% λίπους και ελάχιστη τιμή οι 2 σε σχέση με τις 3 μονάδες) και η τιμή της μεταβλητής στο κεντρικό σημείο αναφοράς μίξης είναι επίσης μικρότερη (4,68 μονάδες στο επίπεδο 3% του λίπους, 6,66 μονάδες στο επίπεδο 1% του λίπους).

Παράλληλα, όταν προστίθεται 1% λίπους στο δείγμα, η γιαούρτη μειώνει έντονα την λιπαρότητα από τις 6,66 στις 4,11 μονάδες, όταν η ποσότητα αυτής αυξάνεται από το 71,6 στο 80% (αύξηση κατά 8,4%). Η μείωση που επιτυγχάνεται γίνεται γραμμικά. Αντίστοιχη μεταβολή, πολύ ασθενέστερη σε σχέση με αυτήν που προκαλεί η γιαούρτη, προκαλεί η αύξηση της ποσότητας του ροδιού και η μείωση αυτής των λοιπών συστατικών. Ειδικότερα, η αύξηση του ποσοστού προσθήκης του ροδιού από το 6,8 στο 1 % (μεταβολή κατά 8,2%) μειώνει λίγο την λιπαρότητα από τις 6,66 στις 6,12 μονάδες της αδιαβάθμητης κλίμακας, επίσης γραμμικά. Τέλος, το μόνο συστατικό που προκαλεί αύξηση της μεταβλητής είναι το μέλι, το οποίο αυξάνει την λιπαρότητα, όταν αυξάνεται το ποσοστό προσθήκης από το 11,6 στο 18% (μεταβολή κατά 6,4%), από τις 6,66 στις 9,91 μονάδες της κλίμακας. Η αύξηση που πραγματοποιείται είναι μεγάλη και γραμμική.

Κατά την προσθήκη 3% λίπους στο προϊόν, η γιαούρτη μειώνει με γραμμικό τρόπο την λιπαρότητα από τις 4,68 στις 2,86 μονάδες, όταν το ποσοστό της αυξάνεται από το 71,6 στο μέγιστο 80%. Παρατηρείται, λοιπόν, πως ο ρυθμός μείωσης της μεταβλητής είναι μικρότερος στο επίπεδο λίπους 3%. Η δράση του ροδιού στην λιπαρότητα, είναι πρακτικά ανεπαίσθητη όταν το δείγμα περιέχει 3% λίπος, μειώνοντας την μεταβλητή από τις 4,68 στις 4,48 μονάδες. Αυξητική τάση της μεταβλητής παρατηρείται κατά την αύξηση της ποσότητας του μελιού και την μείωση του ποσοστού του ροδιού και της γιαούρτης, που είναι γραμμική. Συγκεκριμένα, η αύξηση του ποσοστού από το 11,6 στο μέγιστο 18% αυξάνει την λιπαρότητα από τις 4,68 στις 7,05 μονάδες της κλίμακας αξιολόγησης. Η ανωτέρω αύξηση πραγματοποιείται με μικρότερο ρυθμό, όταν προστίθεται 3% λίπους στο δείγμα, απ' ότι όταν προστίθεται 1% λίπους. Στο Σχήμα 5.46. απεικονίζονται τα περιγράμματα ισοϋψών και τα ιχνογραφήματα απόκρισης της λιπαρότητας, για το 1% και 3% προσθήκης του λίπους.

Το συμπέρασμα που συνάγεται από την ανάλυση των περιγραμμάτων ισοϋψών προς λιπαρότητας και από τα ιχνογραφήματα Cox είναι πως το μέλι αυξάνει έντονα την λιπαρότητα του προϊόντος σε ατομικό επίπεδο, με σχετικά μικρότερο ρυθμό στο επίπεδο λίπους 3%. Από την άλλη πλευρά, η λιπαρότητα μειώνεται όταν αυξάνεται η ποσότητα προς γιαούρτης, όταν δρα αυτόνομα. Προς, το ρόδι προκαλεί ανεπαίσθητη μείωση προς λιπαρότητας τόσο στο επίπεδο λίπους 1 % όσο στο 3 %. Η αλληλεπίδραση γιαούρτης με το μέλι και το λίπος ασκεί αρνητική δράση στην λιπαρότητα, που καταδεικνύεται από τον αρνητικό συντελεστή παλινδρόμησης, και αυτό συμβαίνει κατά την αύξηση του επιπέδου προσθήκης του λίπους από το 1 στο 3 %, οδηγώντας σε

μειωμένη τιμή λιπαρότητας ή, με άλλα λόγια, οι δοκιμαστές αισθάνονται και αξιολογούν ένα δείγμα, στο οποίο περιέχεται 1% λίπους, ως περισσότερο λιπαρό, ενώ η αίσθηση προς οργανοληπτικής λιπαρότητας είναι μειωμένη, προς και η βαθμολογία των δοκιμαστών, όταν περιέχεται 3% λίπους στα δείγματα. Σε ατομικό επίπεδο, επειδή η δράση του ροδιού στην λιπαρότητα είναι πολύ μικρή συγκρινόμενη με αυτήν των άλλων συστατικών, η αύξηση της ποσότητας του μελιού και η μείωση της γιαούρτης αυξάνει την λιπαρότητα των δειγμάτων και η αντίστροφη μεταβολή υφίσταται όταν αυξάνεται το ποσοστό προς γιαούρτης εις βάρος του μελιού. Κατά συνέπεια, αυτόνομα, το μέλι, όταν περιέχεται 1% λίπους, αυξάνει πολύ την λιπαρότητα του προϊόντος, ιδιαίτερα στο μέγιστο ποσοστό και ωθεί προς δοκιμαστές να αξιολογήσουν το δείγμα ως «αρκετά λιπαρό». Όταν το δείγμα περιέχει 3% λίπος, το μέλι αυξάνει μεν την λιπαρότητα των δειγμάτων, όχι προς στην τιμή που το κάνει στο % λίπους. Παρ' όλα αυτά, οι δοκιμαστές αντιλαμβάνονται την αυξημένη αίσθηση προς λιπαρότητας στο στόμα και δύνανται να αξιολογήσουν το δείγμα ως «μέτρια λιπαρό», ως αποτέλεσμα των δράσεων του μελιού και προς αλληλεπίδρασης.



Σχήμα 5.46: **Ανω:** Περίγραμμα ισοϋψών της λιπαρότητας στο 1 % και 3 % προσθήκης του λίπους, **Κάτω:** Ιχνογράφημα απόκρισης της μεταβλητής στο 1 % και 3 % λίπους. **Μπλε:** Δράση γιαούρτης, **Κόκκινο:** Δράση μελιού, **Πράσινο:** Δράση ροδιού.

Πιθανόν η αυξημένη αίσθηση της κρεμώδους υφής που προκαλείται από τη μείωση της λιποπεριεκτικότητας να οφείλεται για την αυξημένη ένταση της λιπαρότητας που διέκριναν οι δοκιμαστές. Κατά αντίστοιχο τρόπο έδρασαν το μέλι και η γιαούρτη. Συγκεκριμένα, η αύξηση του ποσοστού μελιού και η μείωση του ποσοστού προσθήκης της γιαούρτης οδήγησαν σε αύξηση της κρεμώδους υφής και κατ'επέκταση της λιπαρότητας.

ΠΟΛΥΩΝΥΜΙΚΕΣ ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ

Βάσει των αποτελεσμάτων της τεχνικής προοδευτικής ένταξης των στατιστικά σημαντικών όρων, που εφαρμόστηκε σε καθεμία μεταβλητή απόκρισης (με $R^2 > 40\%$) και των μερικών συντελεστών παλινδρόμησης των όρων, διαμορφώθηκαν τα αναγωγικά μοντέλα υπό την μορφή πολυωνυμικών εξισώσεων. Ακολούθως, προβάλλονται οι εξισώσεις όλων των σημαντικών μεταβλητών απόκρισης.

Πίνακας 5.7: Τα μοντέλα των σημαντικών μεταβλητών απόκρισης. Οι μεταβλητές εμφανίζονται σύμφωνα με την σειρά με την οποία μελετήθηκαν.

Μεταβλητή απόκρισης	Πολυωνυμική εξίσωση
Σκληρότητα	$18,14 \cdot x_1 - 55,08 \cdot x_2 + 8,50 \cdot x_3$
Κρεμώδες	$1,851 \cdot x_1 + 44,578 \cdot x_2 + 0,465 \cdot x_3 - 9,983 \cdot x_2 \cdot V$
Χρώμα	$7302 \cdot x_1 + 16,654 \cdot x_2 - 5,022 \cdot x_3 + 36,054 \cdot x_2 \cdot x_3 \cdot V$
Γλυκύτητα	$- 1,901 \cdot x_1 + 59,971 \cdot x_2 + 1,211 \cdot x_3$
Οργανοληπτική οξύτητα	$7,32 \cdot x_1 - 12,92 \cdot x_2 + 28,99 \cdot x_3$
Λιπαρότητα	$0,588 \cdot x_1 + 39,201 \cdot x_2 + 1,825 \cdot x_3 - 9,733 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot V$
pH	$5,062 \cdot x_1 + 4,484 \cdot x_2 + 3,095 \cdot x_3 + 0,07 \cdot x_1 \cdot V - 0,798 \cdot x_2 \cdot V$
Διόγκωση (%)	$33,02 \cdot x_1 + 68,32 \cdot x_2 + 44,43 \cdot x_3$
G' (-2 °C)	$96,3 \cdot x_1 - 177,1 \cdot x_2 + 71,9 \cdot x_3$
Οξύτητα (% γ.ο.)	$0,933 \cdot x_1 + 0,137 \cdot x_2 + 2,627 \cdot x_3 + 0,53 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot V$
Λαμπρότητα	$87,495 \cdot x_1 + 54,390 \cdot x_2 - 2,239 \cdot x_3$
a*	$- 1,54 \cdot x_1 - 0,873 \cdot x_2 + 27,05 \cdot x_3$
b*	$9,32 \cdot x_1 + 37,12 \cdot x_2 - 17,81 \cdot x_3 + 0,77 \cdot x_1 \cdot V$

5.6. Προωθητικές ενέργειες βελτιστοποίησης αποτελεσμάτων

5.6.1. Περίγραμμα υπέρθεσης

Η εφαρμογή του πειράματος μίξης σε όλες τις μεταβλητές απόκρισης, για να διερευνηθεί η επίδραση των συστατικών (παραγόντων) και της μεταβλητής διεργασίας σε καθεμία εξ αυτών, τόσο στο ατομικό όσο στο επίπεδο της αλληλεπίδρασης, οδήγησε στην εξαγωγή των δεκατριών εκ των δεκαοκτώ μεταβλητών ως στατιστικά σημαντικών, καθώς οι υπόλοιπες πέντε δεν πλήρωσαν τα διαγνωστικά κριτήρια της πολλαπλής παλινδρόμησης.

Οι στατιστικά σημαντικές μεταβλητές ταξινομήθηκαν σε τρεις ομάδες, με βάση την συνάφεια: στις οργανοληπτικές (χρώμα, σκληρότητα, κρεμώδες, γλυκύτητα, οργανοληπτική οξύτητα και λιπαρότητα), στις φυσικοχημικές (pH, διόγκωση, οξύτητα, G' στους $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$) και στις χρωματομετρικές μεταβλητές (L, a*, b*).

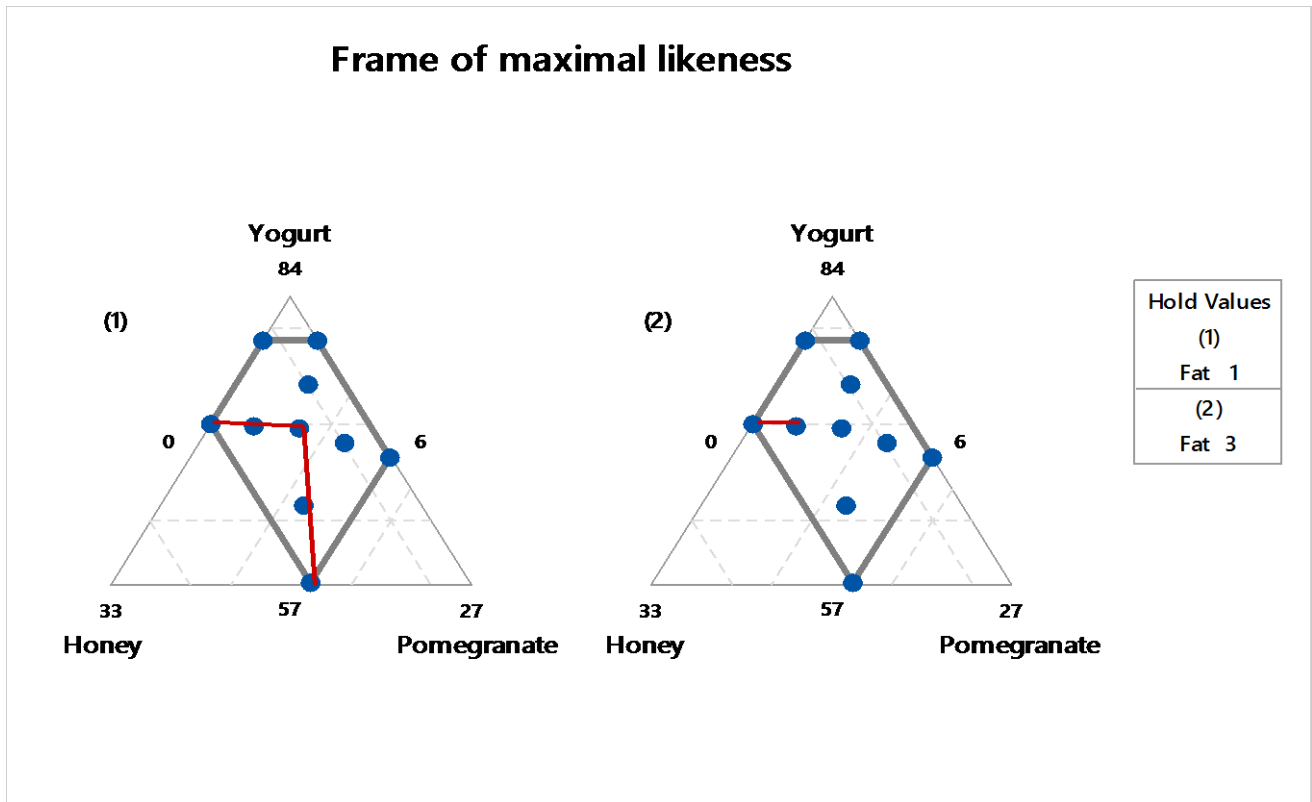
Πέραν αυτού, σύμφωνα με την μέθοδο MaxDiff, οκτώ δείγματα από τα είκοσι προτιμήθηκαν περισσότερο από τους δοκιμαστές: τα δείγματα 3, 5, 6, 8, 9, 10, 15 και 20. Από αυτά, τα δείγματα 3, 5, 6, 9 και 10, στο τραπέζιο του πρώτου ισοπλεύρου τριγώνου μίξης, σχηματίζουν ένα τρίγωνο, ενώ τα δείγματα 15 και 20 μία ευθεία εντός του τραπεζίου του δεύτερου τριγώνου, αν ενωθούν μεταξύ τους. Οι περιοχές στις οποίες συνδέονται τα πιο αρεστά δείγματα φαίνονται στο Σχήμα 5.47.

Το σχηματισθέν τρίγωνο εκπροσωπεί την περιοχή της μέγιστης αρεστότητας, καθώς την απαρτίζουν τα περισσότερο αρεστά στους δοκιμαστές δείγματα. Εντός της περιοχής αυτής πρέπει να βρίσκονται τόσο οι λευκές περιοχές των περιγραμμάτων υπέρθεσης (ένα αντιστοιχεί σε μία ομάδα μεταβλητών), όσο και το σχήμα που θα προκύψει από το συνδυασμό των λευκών περιοχών.

Τα δείγματα που προτιμήθηκαν περισσότερο προβάλλονται στο γράφημα των ποσοστιαίων συχνοτήτων (Σχήμα 5.48), που βρέθηκαν βάσει της μεθόδου MaxDiff {τα ποσοστά υπολογίζονται ως τα γινόμενα καθεμιάς αναλογίας (marginal probability) με το 100}. Ο μάρτυρας (δείγμα 21), παρόλο που προτιμήθηκε περισσότερο από όλα τα δείγματα, δεν χρησιμοποιείται για τον σχηματισμό του τριγώνου.

Στην συνέχεια, σχηματίζεται το περίγραμμα υπέρθεσης για την ομάδα των οργανοληπτικών μεταβλητών (Σχήμα 5.49). Όλα τα συστατικά εμφανίζουν εύρη μεταβολής των τιμών τους, ενώ το λίπος κρατήθηκε σταθερό στο επίπεδο προσθήκης 1%. Επιπλέον, σχηματίζεται η λευκή περιοχή, η οποία βρίσκεται εντός της περιοχής μέγιστης αρεστότητας και ορίζεται από την δράση των ισοϋψών γραμμών όλων των

μεταβλητών απόκρισης. Στις μεταβλητές απόκρισης, τα επίπεδα λειτουργίας είναι: για το χρώμα 6,5 – 8,5, για την σκληρότητα 3 – 7, για το κρεμώδες 11 – 14, για τη γλυκύτητα 9 – 12, για την οργανοληπτική οξύτητα 3,5 – 5,5 και για τη λιπαρότητα 6 – 10.



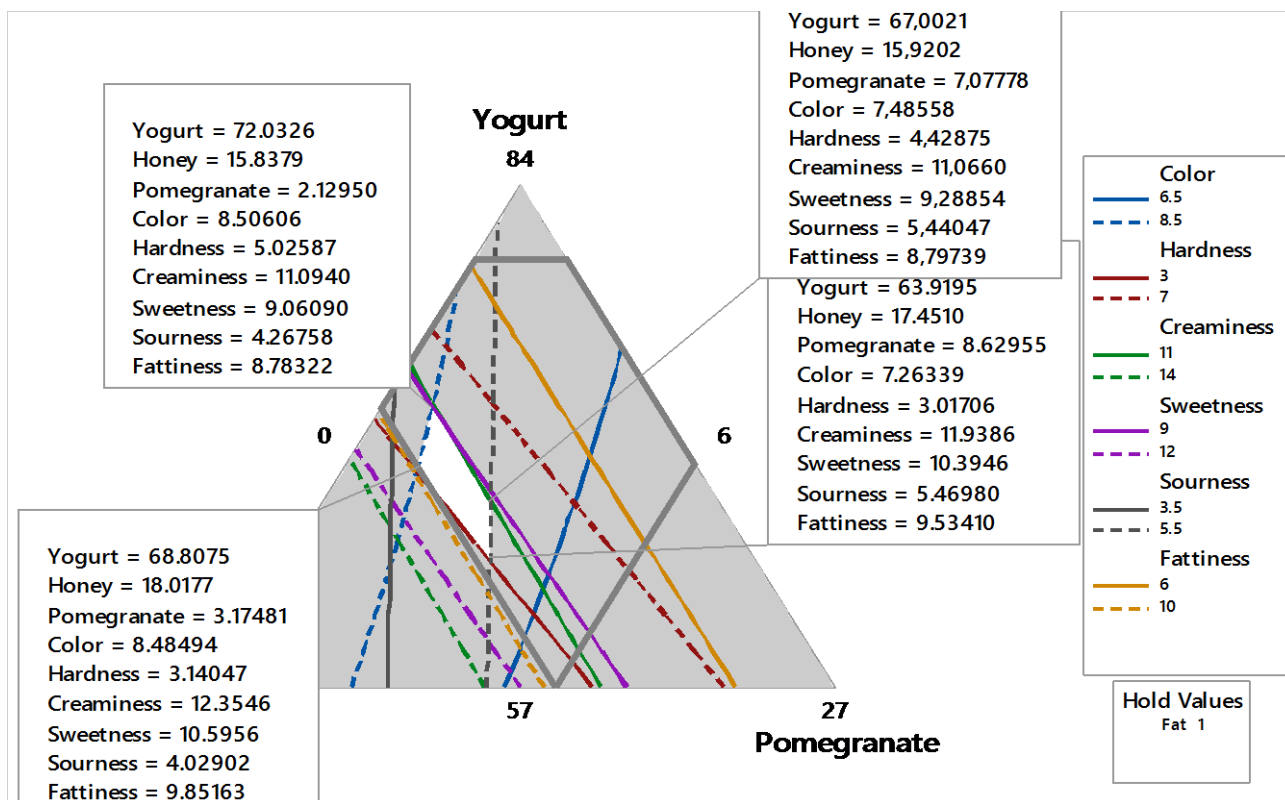
Σχήμα 5.47: Η περιοχή της μέγιστης αρεστότητας, που οριοθετείται από την σύνδεση των περισσότερο αρεστών δειγμάτων με λίπος 1%, στο αριστερό τμήμα και η σύνδεση των πιο αρεστών δειγμάτων με λίπος 3%, με την μορφή ευθείας γραμμής, στο δεξιό τμήμα.

Βάσει των τιμών απόκρισης και των ισοϋψών γραμμών των μεταβλητών απόκρισης, η λευκή περιοχή ορίζεται από την δράση έξι γραμμών, οι οποίες αντιστοιχούν στις τιμές: 8,5 μονάδες χρώματος, 3,0 μονάδες σκληρότητας, 11,0 μονάδες κρεμώδους, 9,0 μονάδες γλυκύτητας, 5,5 μονάδες οργανοληπτικής οξύτητας και 10 μονάδες λιπαρότητας. Σε αυτές τις τιμές οι μεταβλητές απόκρισης έχουν τη βέλτιστη λειτουργία. Παράλληλα, ρυθμισμένα είναι τα εύρη λειτουργίας των παραγόντων (γιαούρτης, μελιού και ροδιού). Έτσι, η βέλτιστη λειτουργία των αναφερθεισών μεταβλητών απόκρισης συνδυάζεται με το εύρος προσθήκης της γιαούρτης 63,92% – 72,03%, το εύρος προσθήκης μελιού 15,84% – 17,45% και εύρος προσθήκης ροδιού

2,13% - 8,63%. Να σημειωθεί ότι τα εύρη προσθήκης των παραγόντων προσδιορίζονται από τις τιμές καθενός εξ αυτών στις γωνίες της βέλτιστης περιοχής λειτουργίας, οι οποίες προβάλλονται στα λευκά πλαίσια.

Marginal Utility	Marginal Probability		Treatments
2,2539	0,2376		21
2,2053	0,2263		5
1,0807	0,0735		20
1,0436	0,0708		9
0,9570	0,0649		15
0,7671	0,0537		10
0,7309	0,0518		6
0,6886	0,0497		3
0,2212	0,0311		8
-0,265	0,0191		7
-0,324	0,0180		4
-0,369	0,0172		2
-0,614	0,0135		16
-0,691	0,0125		18
-0,753	0,0117		19
-0,764	0,0116		13
-1,033	0,0089		12
-1,097	0,0083		14
-1,244	0,0072		17
-1,257	0,0071		11
-1,537	0,0054		1

Σχήμα 5.48: Το γράφημα των ποσοστιαίων συχνοτήτων όλων των δειγμάτων. Οι θετικές τιμές της πρώτης στήλης (marginal utility) αντιστοιχούν στα περισσότερα αρεστά δείγματα.

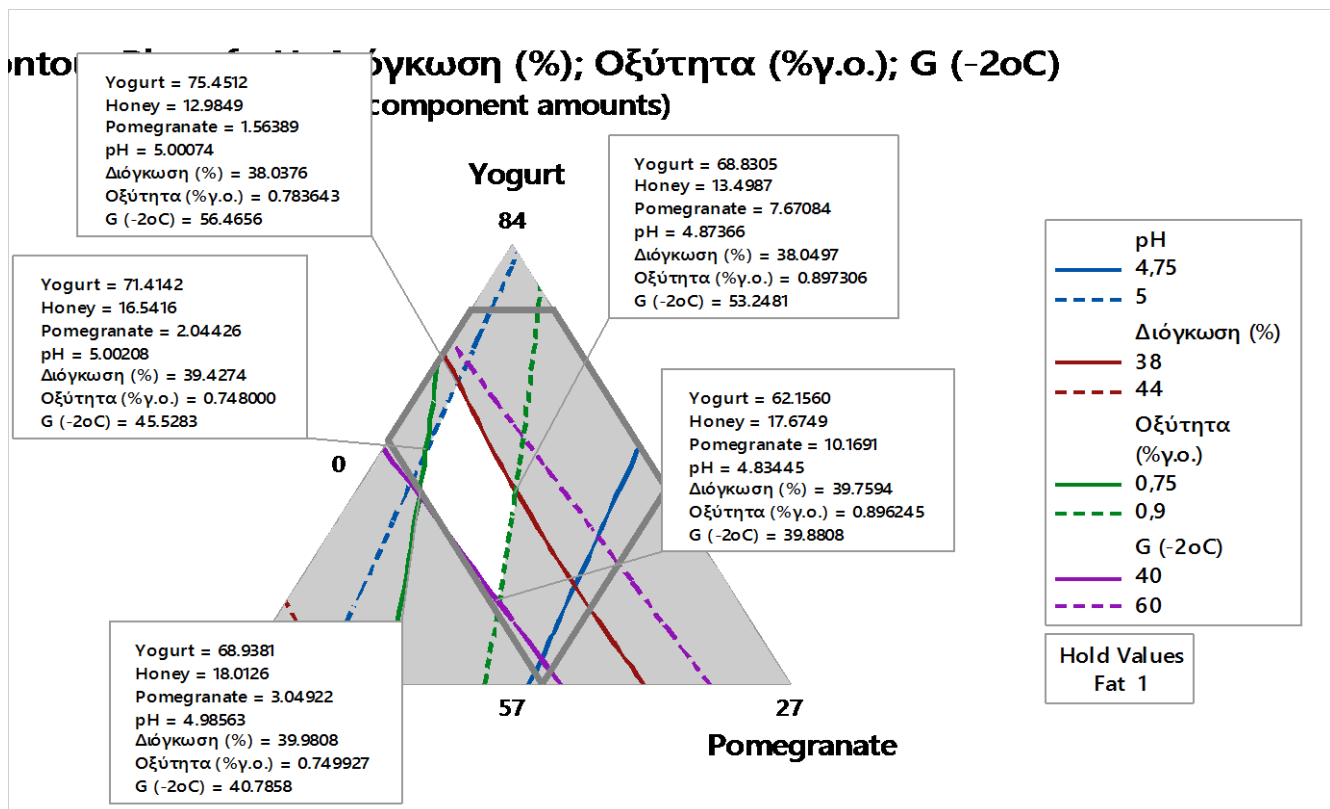


Σχήμα 5.49: Το διάγραμμα υπερθέτων ισοϋψών των οργανοληπτικών μεταβλητών. Εντός του τραπέζιου και της περιοχής της μέγιστης αρεστότητας διακρίνεται η λευκή περιοχή, στην οποία οι μεταβλητές εμφανίζουν την βέλτιστη απόκριση, ως αποτέλεσμα των ρυθμισμένων ευρών προσθήκης των συστατικών (παραγόντων).

Κατόπιν, σχηματίζεται το περίγραμμα υπέρθεσης για τις φυσικοχημικές μεταβλητές (Σχήμα 5.50). Είναι φανερή η πεντάπλευρη βέλτιστη περιοχή που σχηματίστηκε, η οποία όμως δεν αξιοποιείται ολόκληρη, διότι μέρος της μόνο ανήκει στην περιοχή μέγιστης αρεστότητας.

Όσον αφορά τις μεταβλητές απόκρισης, τα εύρη των τιμών λειτουργίας είναι: για το pH 4,75 – 5,0 για την διόγκωση 38% – 44%, για την οξύτητα 0,75 – 0,90% και για το μέτρο ελαστικότητας G' ($-2\text{ }^{\circ}\text{C}$) 40 – 60 Pa. Παράλληλα, η μεταβλητή διεργασίας σταθεροποιήθηκε στο επίπεδο προσθήκης 1%.

Σύμφωνα με το αποτέλεσμα του περιγράμματος των υπέρθετων ισοϋψών, η λευκή περιοχή ορίζεται από την δράση των ισοϋψών που αντιστοιχούν σε όλες τις μεταβλητές απόκρισης και συγκεκριμένα στις τιμές λειτουργίας: 5 τιμή pH, 38% διόγκωση, 0,75 – 0,90% οξύτητα και 40 Pa τον G' . Για τη βέλτιστη δράση των μεταβλητών απόκρισης, χρησιμοποιήθηκαν τα εύρη προσθήκης: για την γιαούρτη 62,32% - 72%, για το μέλι 16,23% - 17,52% και για το ρόδι 1,96% - 10,11%.

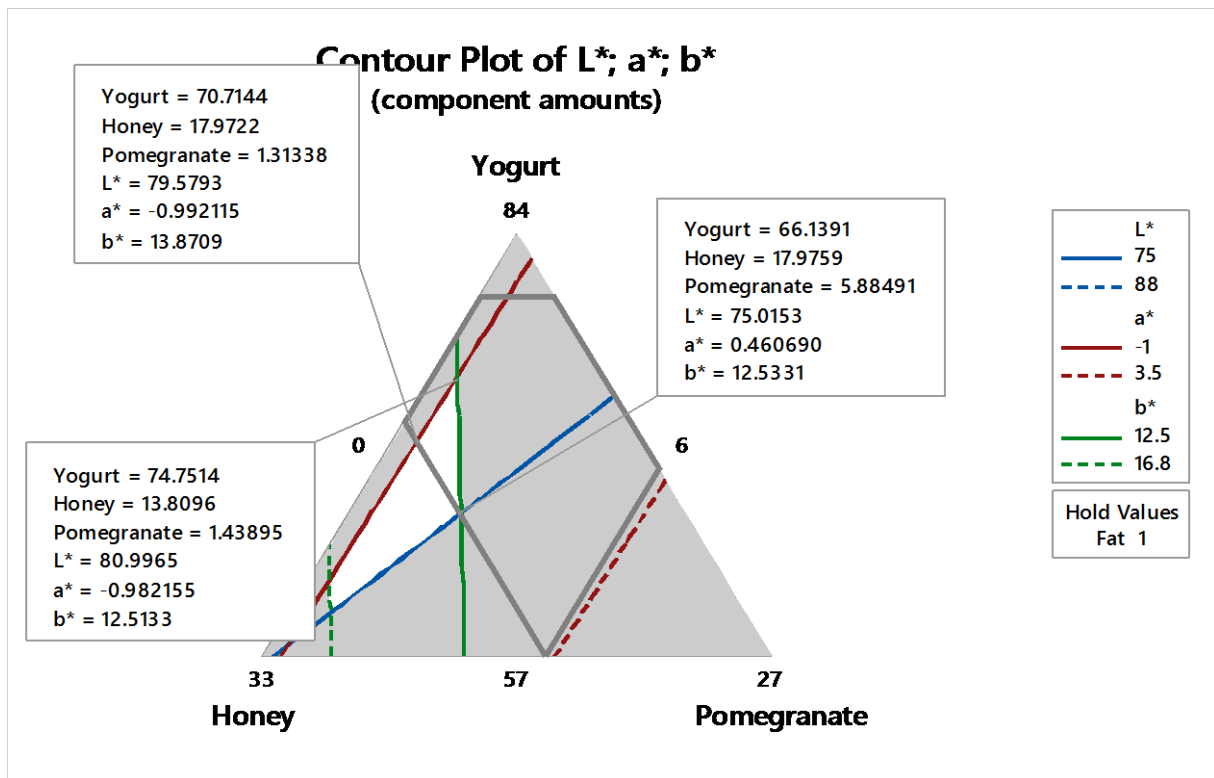


Σχήμα 5.50: Το περίγραμμα υπέρθεσης που αφορά τις φυσικοχημικές μεταβλητές. Η περιοχή βέλτιστης δράσης που φαίνεται στο τραπέζιο δεν υπάγεται ολόκληρη στην περιοχή της μέγιστης αρεστότητας, συνεπώς το τμήμα που εξέρχει δε λαμβάνεται υπόψη.

Στην συνέχεια διαμορφώνεται το τελευταίο περίγραμμα υπέρθεσης, το οποίο αντιστοιχεί στις χρωματομετρικές μεταβλητές (Σχήμα 5.51). Όπως προηγουμένως, το λίπος κρατήθηκε στο σταθερό επίπεδο προσθήκης 1%. Επιπλέον, δεν αξιοποιείται ολόκληρη η λευκή περιοχή αλλά μόνο το τμήμα που ανήκει στην περιοχή του τριγώνου. Έτσι, η άριστη λειτουργία των μεταβλητών απόκρισης, μέσω των ισοϋψών γραμμών τους, παρατηρείται στο νέο τμήμα της λευκής περιοχής, το οποίο περιχαρακώνεται από τις εξής τιμές: 75 λαμπρότητα, - 1 παράμετρος a* και 12,5 παράμετρος b*.

Οι τιμές αυτές προήλθαν από τα εύρη λειτουργίας του L* (75 – 88), του a* (- 1 – 3,5) και του b* (12,5 – 16,8).

Η άριστη λειτουργία των μεταβλητών απόκρισης συνδυάζεται με τα ρυθμισμένα εύρη λειτουργίας των παραγόντων, που είναι: 66,21% - 72,19% για τη γιαούρτη, 16,55% - 17,93% για το μέλι και 1,18% - 5,81 %για το ρόδι.

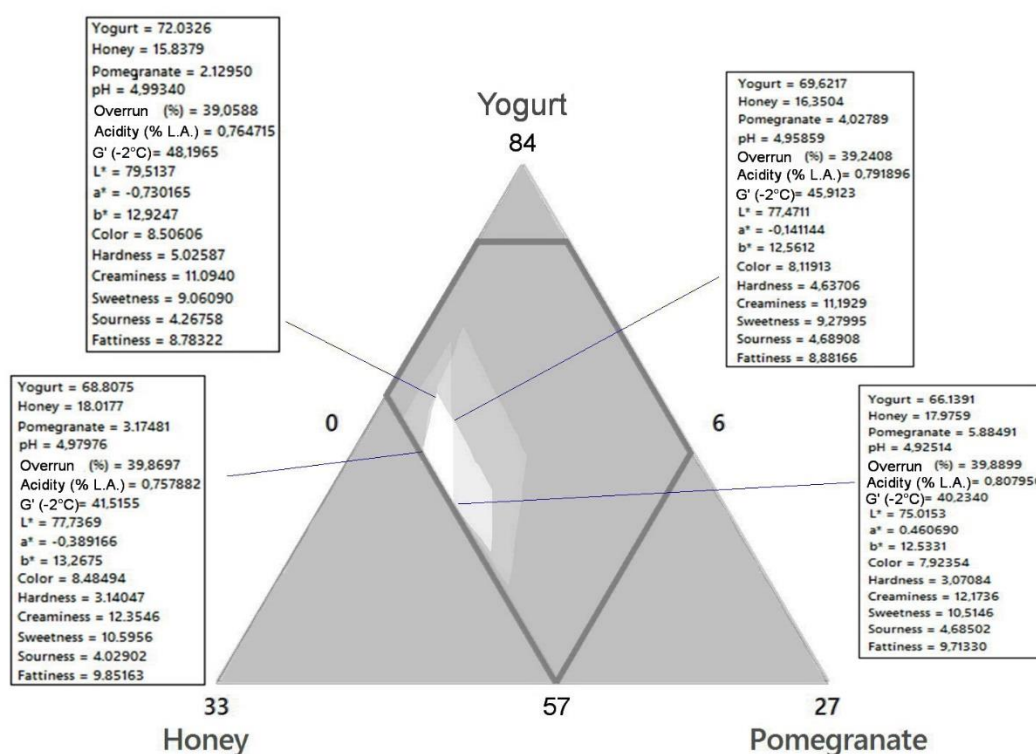


Σχήμα 5.51: Το διάγραμμα υπερθέτων ισοϋψών των χρωματομετρικών μεταβλητών. Τα τμήματα της λευκής περιοχής, που βρίσκονται εκτός της περιοχής μέγιστης αρεστότητας, δεν χρησιμοποιούνται για περαιτέρω ανάλυση.

Ωστόσο, τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τα τρία διαγράμματα υπέρθεσης δεν έχουν πρακτική σημασία, καθώς ναι μεν βρέθηκαν οι τιμές των μεταβλητών απόκρισης, που περιχαράκωνουν τις λευκές περιοχές, και τα ανάλογα εύρη μεταβολής των συστατικών, εντούτοις αυτές αφορούν τις μεμονωμένες ομάδες των μεταβλητών απόκρισης και όχι το σύνολο των μεταβλητών απόκρισης. Έτσι, καθίσταται αναγκαίο να εξαχθεί εκείνη η περιοχή που αποτελεί το κοινό τμήμα των προηγούμενων λευκών περιοχών και που οπωσδήποτε ανήκει στην περιοχή της μέγιστης αρεστότητας. Αφότου προσδιοριστεί η κοινή περιοχή, αυτή θα αξιοποιηθεί πειραματικά για να παρασκευαστεί το άριστο προϊόν, καθότι θα ασκούν την βέλτιστη δράση όλες οι μεταβλητές απόκρισης (χρωματομετρικές, οργανοληπτικές και φυσικοχημικές) και θα προστεθούν οι βέλτιστες ποσότητες των συστατικών, οι οποίες θα προσδιοριστούν από τα αντίστοιχα εύρη τιμών τους.

Όπως φαίνεται στο ακόλουθο Σχήμα (5,52), το κοινό τμήμα των επιμέρους βέλτιστων περιοχών είναι αυτό με το λευκότερο χρώμα και βρίσκεται εντός της περιοχής μέγιστης αρεστότητας, όπως επιθυμείτε. Συνεπώς, προκύπτει ότι το άριστο προϊόν θα

παρασκευαστεί στα εξής ρυθμισμένα εύρη τιμών προσθήκης των συστατικών: 66,14% - 72,03% γιαούρτη, 15,84% - 17,98% μέλι και 2,13% - 5,88% ρόδι. Αναφορικά με το λίπος, αυτό κρατήθηκε σε σταθερή τιμή. Παράλληλα, το προϊόν αυτό θα χαρακτηρίζεται από τα εξής εύρη τιμών βέλτιστης απόκρισης όλων των μεταβλητών: 4,93 – 4,99 τιμή pH, 39,1 % - 39,8 % διόγκωση, 0,765 % - 0,808 % οξύτητα, 40,2 – 48,2 Pa G' (-2 °C), 75,02 – 79,51 L*, - 0,730 – 0,461 a*, 12,533 – 12,925 b*, 7,9 – 8,5 μονάδες χρώματος, 3,1 – 5,0 μονάδες σκληρότητας, 11,1 – 12,2 μονάδες κρεμώδους, 9,1 – 10,5 μονάδες γλυκύτητας, 4,3 – 4,7 μονάδες οργανοληπτικής οξύτητας και 8,8 – 9,7 μονάδες λιπαρότητας.



Σχήμα 5.52: Το κοινό τμήμα των περιοχών βέλτιστης λειτουργίας. Για την διάκρισή του από τις τρεις περιοχές, έχει το λευκότερο χρώμα. Χρησιμοποιείται για την εξαγωγή των ορίων δράσης και προσθήκης όλων των μεταβλητών απόκρισης και των συστατικών αντιστοίχως, καθώς αυτά θα συνδράμουν στην παρασκευή του άριστου προϊόντος.

5.6.2 Βελτιωτικό διάγραμμα

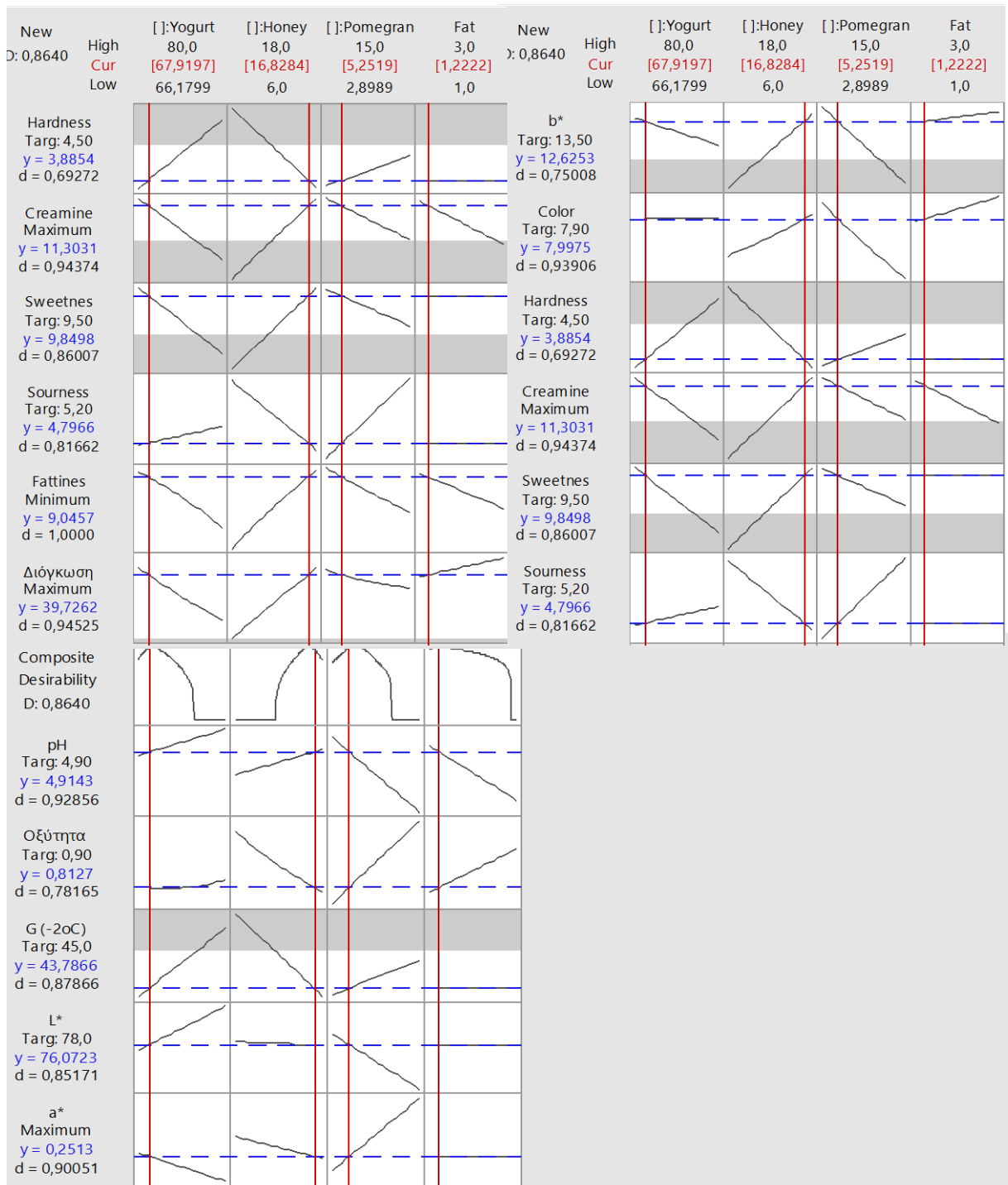
Έπειτα από την διαμόρφωση των περιγραμμάτων των υπέρθετων ισοϋψών γραμμών, συγκροτείται το βελτιωτικό διάγραμμα, για το οποίο ρυθμίζονται σε συγκεκριμένα

εύρη λειτουργίας τα συστατικά και η μεταβλητή διεργασίας. Ειδικότερα, η γιαούρτη έχει εύρος λειτουργίας 66,18 – 80,00, το μέλι 6,0 – 18,0, το ρόδι 2,90 – 15,0 και το λίπος 1,0 – 3,0. Αναφορικά με τις μεταβλητές απόκρισης, το pH είναι ρυθμισμένο σε μία σταθερή τιμή (στόχο) μεταξύ του εύρους δράσης αυτού (4,90), η οξύτητα επίσης σε μία σταθερή τιμή (0,90), καθώς επίσης και το G' (45,0) και η λαμπρότητα L^* (78,0). Η μεταβλητή a^* ρυθμίστηκε έτσι ώστε να έχει την μέγιστη τιμή του δικού της εύρους λειτουργίας, το b^* , το χρώμα και η σκληρότητα ρυθμίστηκαν σε σταθερές τιμές εντός των ευρών λειτουργίας τους (13,50, 7,90 και 4,50 αντίστοιχα), το κρεμώδες απαιτείται να έχει τιμή κοντά στο μέγιστο όριο του εύρους λειτουργίας, η γλυκύτητα και η οξύτητα πρέπει να εμφανίσουν τιμές κατά το δυνατόν πλησίον μίας σταθερής τιμής – στόχου (9,50 και 5,20, αντίστοιχα), η λιπαρότητα ρυθμίστηκε στο ελάχιστο όριο του εύρους λειτουργίας και εν τέλει η διόγκωση ρυθμίστηκε στο μέγιστο όριο της απόκρισης.

Από το αποτέλεσμα του διαγράμματος καταφαίνεται ότι για την παραγωγή του άριστου προϊόντος απαιτούνται οι εξής ποσότητες των συστατικών και της μεταβλητής διεργασίας: 67,92% γιαούρτη, 16,83% μέλι, 5,25% ρόδι και 1,22% λίπος. Οι τιμές αυτές βρίσκονται εντός των ευρών λειτουργίας, των συστατικών και του λίπους, που προσδιορίστηκαν ειδικά για την διαμόρφωση του βελτιωτικού διαγράμματος. Ο συνδυασμός των ανωτέρω ποσοστών οδηγεί στον προσδιορισμό των ατομικών επιθυμιών των μεταβλητών απόκρισης, που είναι οι εξής: $d = 0,93$ για το pH, 0,78 για την οξύτητα, 0,88 για το G' , 0,85 για την φωτεινότητα, 0,90 για το a^* , 0,75 για το b^* , 0,94 για το χρώμα, 0,69 για την σκληρότητα, 0,94 για το κρεμώδες, 0,86 για τη γλυκύτητα, 0,82 για την οργανοληπτική οξύτητα, 1,00 για την λιπαρότητα και 0,94 για την διόγκωση. Από τις ανωτέρω τιμές φαίνεται πως οι προσδιορισμένες τιμές απόκρισης βρίσκονται αρκετά κοντά στις αντίστοιχες τιμές – στόχους (ενδιάμεσες τιμές, μέγιστες ή ελάχιστες), καθώς οι ατομικές επιθυμίες είναι υψηλές και τείνουν στην μονάδα. Από τις ατομικές επιθυμίες προσδιορίζεται η συνολική επιθυμία D , η οποία ισούται με 0,864.

Συμπεραίνοντας, το άριστο προϊόν παρασκευάζεται με την προσθήκη υψηλών σχετικά ποσοστών γιαούρτης και μελιού (67,92% και 16,83%, αντίστοιχα), χαμηλού ποσοστού ροδιού (5,25%) και με αρκετά χαμηλή περιεκτικότητα σε λίπος (1,22%). Επιπρόσθετα, χαρακτηρίζεται από την τιμή pH 4,91, 0,81 % οξύτητα, 43,79 Pa G' , 76,07 L^* , 0,25 a^* , 12,62 b^* , 8,0 μονάδες χρώματος (cm στην αδιαβάθμητη κλίμακα αξιολόγησης), 3,88

μονάδες σκληρότητας, 11,3 μονάδες κρεμώδους, 9,85 μονάδες γλυκύτητας, 4,8 μονάδες οργανοληπτικής οξύτητας, 9 μονάδες λιπαρότητας και από 39,73 % διόγκωση.



Σχήμα 5.53: Το βελτιωτικό διάγραμμα όλων των σημαντικών μεταβλητών απόκρισης, των τριών παραγόντων και της μεταβλητής διεργασίας . Το ολικό επιθυμητό αποτέλεσμα, D, ισούται με 0,864.

5.7. Ανάλυση των κυρίων συνιστωσών (PCA)

Για το διαχωρισμό και την ομαδοποίηση των δειγμάτων, βάσει των χρωματομετρικών, φυσικοχημικών και οργανοληπτικών τους ιδιοτήτων, εφαρμόστηκε η ανάλυση των κυρίων συνιστωσών, η οποία έγκειται στην δημιουργία δύο συνιστωσών, οι οποίες επεξηγούν το μεγαλύτερο μέρος της μεταβλητότητας, το σύνολο της οποίας επεξηγούν οι αναφερθείσες ιδιότητες. Η διαμόρφωση των συνιστωσών πραγματοποιείται με την συνδρομή των μεταβλητών απόκρισης, υπό την μορφή του συντελεστή συσχέτισης, η οποία μπορεί να ποικίλλει, δηλαδή να είναι σημαντική, μικρή ή αμελητέα. Επίσης, δύναται να έχει θετικό ή αρνητικό πρόσημο. Στον ακόλουθο Πίνακα (5.8) εμφανίζονται οι συσχετίσεις όλων των μεταβλητών απόκρισης (πλην τριών που αφαιρέθηκαν) με τις δύο πρώτες συνιστώσες, οι οποίες θεωρούνται ως κύριες, διότι μαζί ερμηνεύουν επαρκές μέρος της συνολικής μεταβλητότητας (το 65,6 % ειδικότερα).

Πίνακας 5.8: Οι συντελεστές συσχέτισης μεταξύ των μεταβλητών απόκρισης και των δύο κυρίων συνιστωσών.

Μεταβλητές απόκρισης	Συνιστώσα 1	Συνιστώσα 2
pH	- 0,106	- 0,411
Διόγκωση (%)	- 0,183	0,202
Οξύτητα (% γ.ο.)	0,247	0,271
Ιξώδες (- 2 °C)	0,175	- 0,089
G' (- 2 °C)	0,334	- 0,237
tanδ (- 2 °C)	0,159	- 0,159
L*	- 0,090	- 0,439
a*	0,185	0,404
b*	- 0,333	- 0,164
Χρώμα	- 0,239	- 0,181
Σκληρότητα	0,320	- 0,261
Κρεμώδες	- 0,278	0,155
Γεύση γιαούρτης	0,196	0,139
Γλυκύτητα	- 0,335	0,237
Οργανοληπτική οξύτητα	0,300	0,169
Λιπαρότητα	- 0,310	0,122

Με βάση τον πίνακα, φαίνεται πως για την δημιουργία της πρώτης κύριας συνιστώσας οι σημαντικότερες μεταβλητές είναι, λαμβάνοντας υπόψη το μέτρο των τιμών, κατά σειρά η γλυκύτητα (συντελεστής συσχέτισης: $-0,335$), ο συντελεστής ελαστικότητας G' στους $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($0,334$), το b^* ($-0,333$), η σκληρότητα ($0,320$), η λιπαρότητα ($-0,310$), η οργανοληπτική οξύτητα ($0,300$) και το κρεμώδες ($-0,278$). Αντίστοιχα, για τον σχηματισμό της δεύτερης κύριας συνιστώσας, οι υπεύθυνες μεταβλητές είναι η λαμπρότητα ($-0,439$), το pH ($-0,411$) και το a^* ($0,404$).

Με βάση τους συντελεστές συσχέτισης μεταξύ των μεταβλητών και των κυρίων συνιστωσών, συγκροτείται το δισδιάστατο γράφημα των κυρίων συνιστωσών (Σχήμα 5.54). Στο σημείο αυτό σημειώνεται ότι από όλες τις συνιστώσες οι πρώτες δύο ερμηνεύουν επαρκές μέρος της μεταβλητότητας ώστε να επιλεχθούν ως οι κύριες.

Στο γράφημα αυτό προβάλλονται ευθείες, μία για κάθε μεταβλητή, οι οποίες εκκινούν από την αρχή των αξόνων και διαφέρουν ως προς το μήκος. Συνεπώς, επειδή το μήκος μίας ευθείας αναλογεί στην σημαντικότητα της μεταβλητής, οι μεταβλητές που απεικονίζονται έχουν διαφορετική σπουδαιότητα μεταξύ τους. Πέραν αυτού, διακρίνονται πέντε ομάδες μεταβλητών, με κριτήριο την συνάφεια (συσχέτιση): δύο στο κάτω αριστερό τεταρτημόριο (b^* και χρώμα, pH και L^* αντίστοιχα), μία στο άνω αριστερό τεταρτημόριο (λιπαρότητα, κρεμώδες, γλυκύτητα και διόγκωση), μία στο άνω δεξιό τεταρτημόριο (a^* , οξύτητα, τυπική γεύση γιαούρτης και οργανοληπτική οξύτητα) και μία στο κάτω δεξιό τεταρτημόριο (ιξώδες στους $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\tan\delta$ στους $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$, σκληρότητα και G' στους $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Από τις μεταβλητές του κάτω αριστερού τεταρτημορίου, το μέγεθος b^* και το χρώμα συσχετίζονται ισχυρά και θετικά μεταξύ τους, καθώς επίσης με το pH και το L^* , αλλά και τις μεταβλητές του άνω αριστερού τεταρτημορίου (λιπαρότητα, κρεμώδες κ.ά.). Επίσης, συσχετίζονται θετικά με την δεύτερη συνιστώσα (άξονας x), επομένως συνδράμουν σε έναν βαθμό στην δημιουργία της. Μικρότερη είναι η συμβολή τους στην δημιουργία της πρώτης συνιστώσας (άξονας y). Αρνητικά συσχετίζονται με τις μεταβλητές του κάτω δεξιού τεταρτημορίου ($\tan\delta$, ιξώδες κ.ά.) και ιδιαίτερα έντονα και αρνητικά με αυτές του άνω δεξιού τεταρτημορίου (οξύτητα, a^* κ.ά.). Το pH και η φωτεινότητα συσχετίζονται ισχυρά και θετικά μεταξύ τους και εμφανίζουν θετικές συσχετίσεις μικρότερης έντασης με το μέγεθος b^* και το χρώμα. Επιπλέον, πολύ ασθενείς, ακόμη και μηδαμινές συσχετίσεις εμφανίζουν το pH και η φωτεινότητα με τις ομάδες του κάτω δεξιού τεταρτημορίου (ιξώδες, G' κ.ά.) και το ίδιο συμβαίνει σε

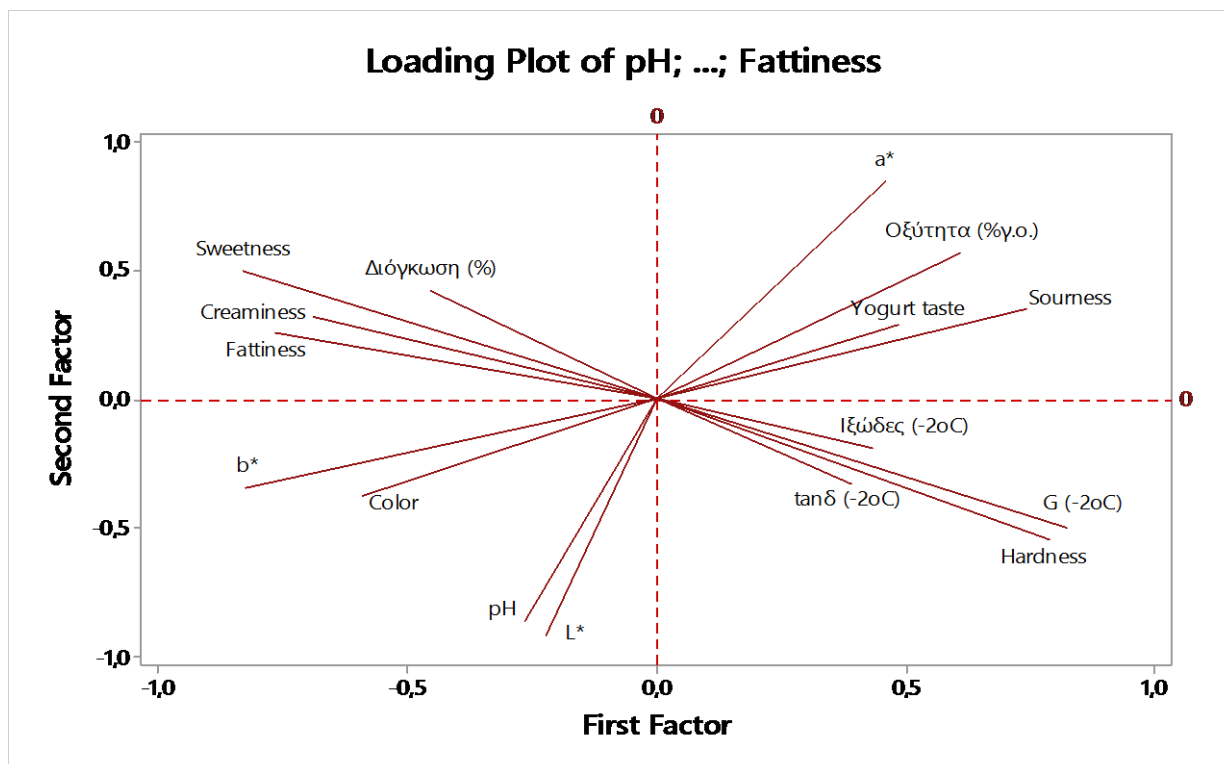
σχέση με τις μεταβλητές του άνω αριστερού τεταρτημορίου. Πέραν αυτού, συσχετίζονται έντονα και αρνητικά με την μεταβλητή a^* και σε ελαφρά μικρότερο βαθμό με τις μεταβλητές του άνω δεξιού τεταρτημορίου (οξύτητα, γεύση γιαούρτης κ.ά.). Συν τοις άλλοις, είναι οι σημαντικότερες μεταβλητές για την διαμόρφωση της δεύτερης κύριας συνιστώσας, καθώς βρίσκονται πλησιέστερα στον άξονα y , σε σύγκριση με τις υπόλοιπες.

Οι μεταβλητές του άνω αριστερού τεταρτημορίου (λιπαρότητα, διόγκωση, γλυκύτητα και κρεμώδες) συσχετίζονται ισχυρά και θετικά μεταξύ τους. Επίσης, το κρεμώδες, η γλυκύτητα και η λιπαρότητα συνδράμουν στην δημιουργία της δεύτερης συνιστώσας και λιγότερο σε αυτήν της πρώτης, ενώ η διόγκωση συνδράμει ισομερώς στην δημιουργία τόσο της πρώτης όσο και της δεύτερης κύριας συνιστώσας. Οι μεταβλητές αυτές συσχετίζονται θετικά με αυτές του χρώματος και του b^* , καθώς σχηματίζουν οξεία γωνία με αυτές και ασθενώς και θετικά με την λαμπρότητα και το pH (η διόγκωση συσχετίζεται ακόμη ασθενέστερα με τις τελευταίες). Αρνητική συσχέτιση υφίσταται σε σχέση με μεταβλητές όπως το a^* , την οξύτητα κ.ά., δηλ. τις μεταβλητές του άνω δεξιού τεταρτημορίου, αν και φαίνεται πως συσχετίζονται ασθενέστερα με το a^* και ισχυρότερα με τις υπόλοιπες, πάντα όμως αρνητικά. Τέλος, ιδιαίτερα έντονη και αρνητική εμφανίζεται η συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών του άνω αριστερού τεταρτημορίου και αυτών του κάτω δεξιού, περίπτωση στην οποία ο βαθμός συσχέτισης τείνει στο -1 , λόγω των αμβλειών γωνιών που σχηματίζονται.

Αναφορικά με τις μεταβλητές του κάτω δεξιού τεταρτημορίου, οι οποίες είναι το ιξώδες ($-2\text{ }^\circ\text{C}$), το G' ($-2\text{ }^\circ\text{C}$), η σκληρότητα και η $\tan\delta$ ($-2\text{ }^\circ\text{C}$), αυτές συμβάλλουν στην δημιουργία της πρώτης κύριας συνιστώσας. Εκτός των άλλων, συσχετίζονται θετικά με μεταβλητές όπως η τυπική γεύση γιαούρτης, η οξύτητα και η οργανοληπτική οξύτητα, καθώς και με την μεταβλητή a^* , σε μικρότερο βαθμό. Πολύ ασθενής, έως μηδαμινή, είναι η συσχέτιση μεταξύ της ομάδας του κάτω δεξιού τεταρτημορίου και των μεταβλητών του pH και της λαμπρότητας και ισχυρή και αρνητική συσχέτιση αναπτύσσεται σε σχέση με το b^* και το χρώμα. Τέλος, εντονότατη και αρνητικού προσήμου είναι η συσχέτιση μεταξύ των ομάδων του κάτω δεξιού και άνω αριστερού τεταρτημορίου.

Η τελευταία ομάδα μεταβλητών που αναφέρεται συνίσταται στην οξύτητα, την οργανοληπτική οξύτητα, στην τυπική γεύση γιαούρτης και το a^* . Από τις μεταβλητές αυτές, η γεύση γιαούρτης και η οργανοληπτική οξύτητα συνεισφέρουν στην δημιουργία της δεύτερης συνιστώσας, ενώ η οξύτητα και η μεταβλητή a^* ισομερώς

στην δημιουργία αμφότερων των συνιστωσών. Όλες οι μεταβλητές συσχετίζονται θετικά με αυτές του κάτω δεξιού τεταρτημορίου (το a^* ασθενέστερα σε σύγκριση με τις άλλες) και αρνητικά με τις υπόλοιπες τρεις ομάδες μεταβλητών. Συγκεκριμένα, ισχυρά και αρνητικά συσχετίζονται με αυτές του άνω αριστερού τεταρτημορίου, ιδιαίτερα έντονα με το χρώμα και την μεταβλητή b^* και παράλληλα πολύ ισχυρή και αρνητική συσχέτιση υφίσταται με τις μεταβλητές του pH και της λαμπρότητας.

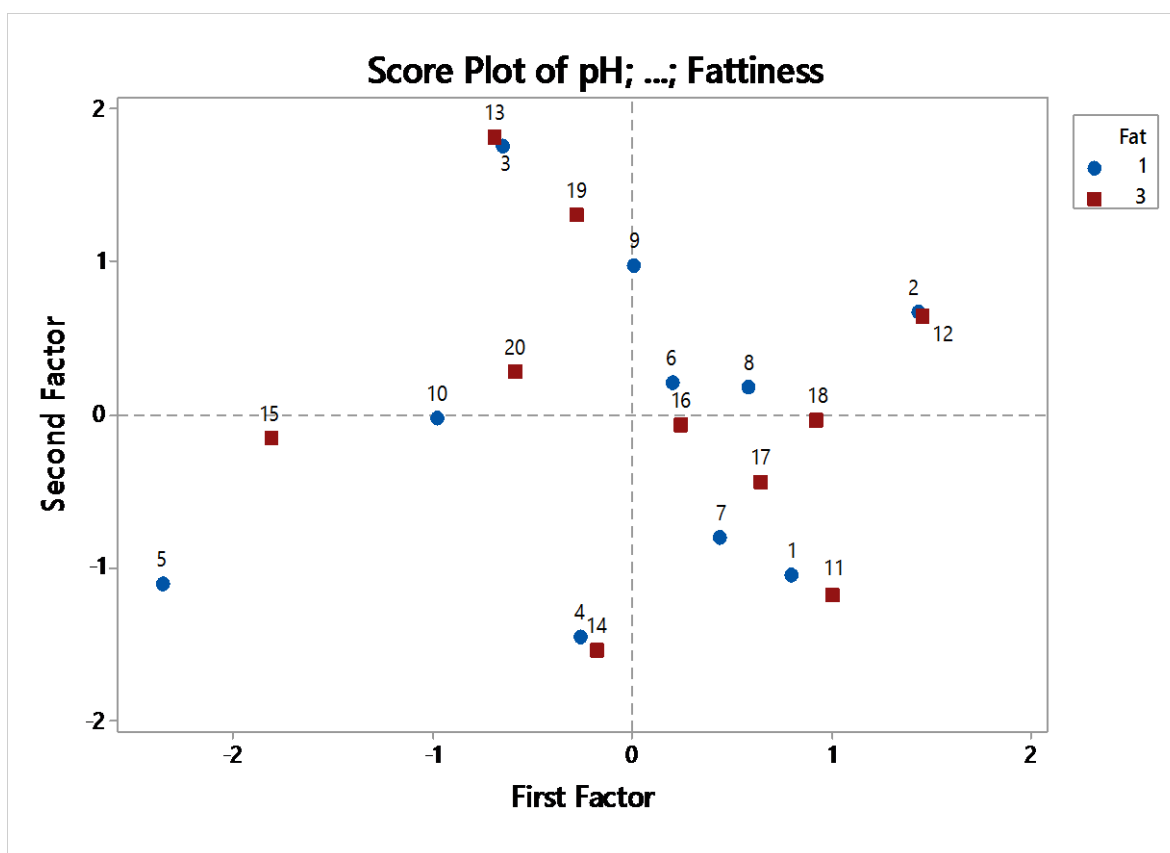


Σχήμα 5.54: Το δισδιάστατο γράφημα με άξονες τις κύριες συνιστώσες (άξονας y: συνιστώσα 1, άξονας x: συνιστώσα 2). Σε αυτό απεικονίζονται τα παραγοντικά φορτία των μεταβλητών, υπό την μορφή ευθειών γραμμών.

Ωστόσο, αξίζει να σημειωθεί ότι η δράση των μεταβλητών ιξώδες (-2°C), $\tan\delta$ (-2°C) και τυπικό άρωμα γιαούρτης είναι ασθενέστερη των υπολοίπων μεταβλητών, δεδομένου ότι το μήκος της ευθείας γραμμής τους είναι σχετικά μικρό.

Σύμφωνα με το γράφημα των δύο συνιστωσών, στο οποίο διατάσσονται όλα τα δείγματα (Σχήμα 5.55), παρατηρείται ότι τα δείγματα με σχεδόν πανομοιότυπη χημική σύσταση (μόνο η ποσότητα του λίπους μεταβάλλεται) βρίσκονται κοντά μεταξύ τους, σχηματίζοντας πολλές φορές ζεύγη. Στο κάτω αριστερό τεταρτημόριο διακρίνονται τα δείγματα 4 και 14, καθώς και τα υπ' αριθμόν 5 και 15. Τα δείγματα αυτά δεν περιέχουν

καθόλου ρόδι, αλλά τις μεγαλύτερες ποσότητες γιαούρτης εξ όλων των δειγμάτων. Στο άνω αριστερό τεταρτημόριο παρατηρούνται τα δείγματα 9 και 19, 10 και 20 και 3 και 13. Αυτά έχουν ως κύριο χαρακτηριστικό την πολύ μεγάλη ποσότητα προσθήκης του μελιού. Στο άνω δεξιό τεταρτημόριο φαίνονται τα δείγματα 2 και 12, 6 και 16 και 8 και 18, τα οποία περιέχουν μέτριες ποσότητες γιαούρτης και μικρές ποσότητες μελιού. Αντιθέτως, τα δείγματα 7 και 17, 1 και 11 περιέχουν υψηλές ποσότητες γιαούρτης, τις μικρότερες ποσότητες μελιού και χαμηλά ποσοστά ροδιού.



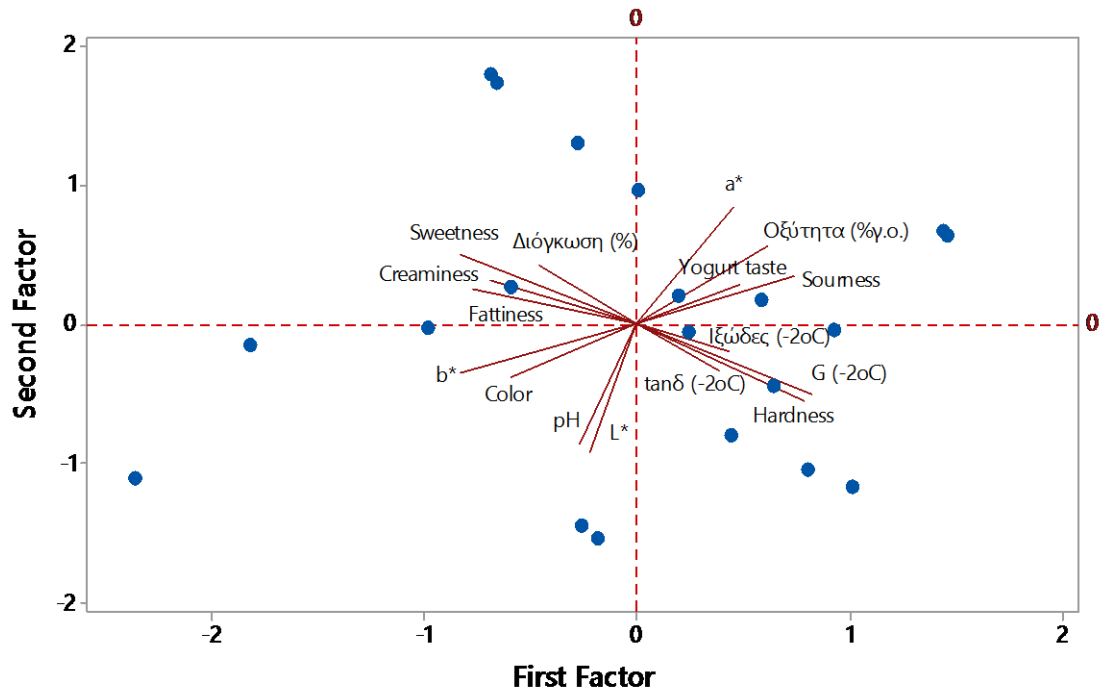
Σχήμα 5.55: Η κατανομή των δειγμάτων στο γράφημα των δύο κυρίων συνιστωσών.

Ο συνδυασμός των δύο τελευταίων γραφημάτων οδηγεί σε ένα διάγραμμα, που απεικονίζει τις κύριες συνιστώσες υπό την μορφή των αξόνων, την κατατομή των δειγμάτων και τις μεταβλητές, που εκκινούν ως ευθείες γραμμές από την αρχή των αξόνων (Σχήμα 5.56). Η αντιστοίχιση των μεταβλητών στα δείγματα των τεταρτημορίων οδηγεί στα εξής συμπεράσματα: αρχικά, στο κάτω αριστερό τεταρτημόριο, τα δείγματα 4 και 14 εμφανίζουν υψηλές τιμές pH (λιγότερο όξινα από όλα) και φωτεινότητας (πολύ λευκά), ενώ τα δείγματα 5 και 15 υψηλές τιμές χρώματος

(το χρώμα τείνει στο καφέ) και b^* (μεγάλη ένταση κίτρινου χρώματος). Αυτά τα δείγματα επίσης έχουν τα μικρότερα ποσοστά οξύτητας, δεν παρατηρείται σε αυτά αυξημένη ένταση του κόκκινου χρώματος, λόγω των χαμηλών τιμών του a^* , δεν έχουν την χαρακτηριστική γεύση της γιαούρτης κατά την δοκιμή και δε χαρακτηρίζονται από αυξημένη οργανοληπτική οξύτητα. Το δείγμα 10, πάνω στον άξονα x , χαρακτηρίζεται από υψηλές τιμές χρώματος και b^* , λιπαρότητας και κρεμώδους, αλλά ακόμη υψηλότερες τιμές λιπαρότητας και κρεμώδους εμφανίζει το δείγμα 20, καθώς επίσης την μεγαλύτερη γλυκύτητα και την υψηλότερη διόγκωση. Απεναντίας, τα δείγματα 10 και 20 έχουν μικρό ιξώδες (λεπτόρρευστα), χαμηλό συντελεστή ελαστικότητας, δεν είναι σκληρά και εμφανίζουν πολύ μικρές τιμές $\tan\delta$.

Όλα τα δείγματα του κάτω δεξιού τεταρτημορίου, ιδίως τα δείγματα 16 και 17, χαρακτηρίζονται από υψηλές τιμές ιξώδους (παχύρρευστα), G' , σκληρότητας και $\tan\delta$. Χαρακτηρίζονται επίσης, από μικρότερες τιμές οξύτητας, τυπικής γεύσης γιαούρτης και οργανοληπτικής οξύτητας, εμφανίζουν τη μικρότερη διόγκωση από όλα τα δείγματα, παρουσιάζουν μειωμένη αίσθηση κρεμώδους και λιπαρότητας και την μικρότερη γλυκύτητα.

Τέλος, στο άνω δεξιό τεταρτημόριο, τα δείγματα 6, 16, 8, 18, 2 και 12 περιέχουν τα μεγαλύτερα ποσοστά γαλακτικού οξέος, εμφανίζουν τη χαρακτηριστική γεύση της γιαούρτης περισσότερο από τα υπόλοιπα, εμφανίζονται ιδιαίτερα όξινα κατά την κατανάλωση και το χρώμα τους, ιδίως των δειγμάτων 6, 16 και 9, εμφανίζεται ροζ. Τα δείγματα του άνω δεξιού τεταρτημορίου σε γενικές γραμμές παρουσιάζουν αυξημένες ρεολογικές ιδιότητες (ιξώδες, G' , $\tan\delta$), αλλά εμφανίζουν μικρές τιμές pH (όξινα), λαμπρότητας (δεν είναι ιδιαίτερα λευκά), b^* (απουσιάζει το κίτρινο χρώμα) και χρώματος (το χρώμα τείνει προς το ροζ).



Σχήμα 5.56: Το συνδυαστικό γράφημα που παρουσιάζει την κατανομή των δειγμάτων και τα παραγοντικά φορτία των μεταβλητών απόκρισης.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του οργανοληπτικού ελέγχου, στους δοκιμαστές άρεσαν περισσότερο τα δείγματα παγωτού γιαούρτης που είχαν λευκό χρώμα, που εμφάνισαν αυξημένη αίσθηση κρεμώδους υφής, μέτρια αίσθηση λιπαρότητας, αυξημένη γλυκύτητα, μικρή ένταση της χαρακτηριστικής γεύσης γιαούρτης, μικρή οξύτητα και που χαρακτηρίστηκαν ως μέτρια σκληρά.

Τα αποτελέσματα από την εφαρμογή του πειράματος μίξης έδειξαν ότι η αύξηση του ποσοστού προσθήκης της γιαούρτης είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση του βαθμού διόγκωσης, του pH, της φωτεινότητας, του G' στους -2°C και της σκληρότητας, ενώ μείωσε την αίσθηση της κρεμώδους υφής, τη γλυκύτητα, την αίσθηση της λιπαρότητας και τις παραμέτρους χρώματος a^* και b^* των δειγμάτων παγωτού γιαούρτης.

Η αύξηση του ποσοστού προσθήκης του μελιού μείωσε τη σκληρότητα, την οργανοληπτική οξύτητα, τον G' στους -2°C , το ποσοστό του γαλακτικού οξέος και σε μικρό βαθμό το pH και αύξησε την αίσθηση κρεμώδους υφής, την ένταση του χρώματος, τη γλυκύτητα, την αίσθηση λιπαρότητας, το βαθμό διόγκωσης και την παράμετρο χρώματος b^* των δειγμάτων παγωτού γιαούρτης.

Επίσης, η αύξηση του ποσοστού χυμού από ρόδι στα δείγματα είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση του pH, της φωτεινότητας και των παραμέτρων χρώματος a^* και b^* , καθώς επίσης και την αύξηση της αίσθησης της κρεμώδους υφής, την ένταση του χρώματος και της οργανοληπτικής οξύτητας των δειγμάτων παγωτού γιαούρτης.

Τέλος, το λίπος, αλληλεπιδρώντας με ένα ή δύο εκ των τριών συστατικών, μείωσε το pH, την αίσθηση της κρεμώδους υφής και την αίσθηση της λιπαρότητας, ενώ αύξησε την ένταση του χρώματος, το ποσοστό του γαλακτικού οξέος, την παράμετρο χρώματος b^* και σε μικρό βαθμό τη διόγκωση των δειγμάτων παγωτού γιαούρτης.

Σύμφωνα με το διάγραμμα υπερθέτων ισοϋψών τα ποσοστά των συστατικών που θα προστεθούν, για την παραγωγή του βέλτιστου προϊόντος, λιποπεριεκτικότητας 1%, είναι: 66,14% – 72,03% γιαούρτη, 15,84% – 17,98% μέλι και 2,13% – 5,88% ρόδι. Ωστόσο, βάσει του βελτιωτικού διαγράμματος, το άριστο προϊόν παρασκευάζεται με την προσθήκη υψηλών σχετικά ποσοστών γιαούρτης και μελιού (67,92% και 16,83%, αντίστοιχα), χαμηλού ποσοστού ροδιού (5,25%) και με αρκετά χαμηλή περιεκτικότητα σε λίπος (1,22%).

7. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

Μελέτη φυσικοχημικών, ρεολογικών, οργανοληπτικών και μικροβιολογικών χαρακτηριστικών λειτουργικών ζυμούμενων γαλακτοκομικών προϊόντων παγωτού (παγωτό-γιαούρτη και παγωτό-κεφίρ)

Επίδραση της προσθήκης:

- διαφορετικού είδους γάλακτος
- προβιοτικών μικροοργανισμών
- διαφόρων πολυσακχαριτών (κεφιράνη) ή ολιγοσακχαριτών (ινουλίνη)

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΞΕΝΗ

- Adebowale A. A. (2012). Food Rheology. FST 310. Federal University of Agriculture Abeokuta, Abeokuta, p. 37.
- Al – Asiri S. A., Ansari M. J., Mahesar A. L., & Meo S. A. (2017). Role of honey in modern medicine. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 24, 975 – 978.
- Behare P., Kumar H., & Mandal S. (2016). Yogurt: Yogurt Based Products. *Encyclopedia of Food and Health*, 625 – 631.
- Belitz H. –D, Grosch, W., & Schieberle, P. (2009). Food Chemistry. 4th Edition revised and extended edition, Springer, New York, PA.
- Chandan, R. C. (2006). Milk composition physical and processing characteristics. In *Manufacturing Yogurt and Fermented Milks* (R.C. Chandan, C.H. White, A. Kilara and Y.H. Hui, eds.) pp. 17–39, Blackwell Publishing, Iowa, Oxford, Victoria.
- Daniel N., Fernandez M. A., Le Barz M., Marette A., & Picard – Deland É. (2017). Yogurt and Health. *Fermented Foods in Health and Disease Prevention*. 305 – 338.
- Darby, R. (1996). *Chemical engineering fluid mechanics*. Marcel Dekker, New York, Basel, Hong Kong.
- Deosarkar S. S., Kalyankar S. D., Khedkar C. D., & Sarode A. R. (2016). Ice Cream: Uses and Method of Manufacture. *Encyclopedia of Food and Health*. 391 – 397.
- Dogan, M. (2011). Rheological behavior and physicochemical properties of kefir with honey. *Journal of Consumer Protection and Food Safety*, 6, 327-332.
- Ferry, J. D. (1980) *Viscoelastic Properties of Polymers*, 3rd Ed. New York: J. Wiley & Sons.
- Flynn T. N., Louviere J.J. & Marley A. A. (2015). *Best – Worst Scaling: Theory, Methods and Applications*, Cambridge University Press.
- Karimi M., Kokini J. & Sadeghi R. (2017). Pomegranate as a promising opportunity in medicine and nanotechnology. *Trends in Food Science & Technology*. 69, 59 – 73.
- Marshall, R. T. (2002). Ice cream and frozen desserts, Product Types. *Encyclopedia of Dairy Sciences*. 1367 – 1373.

- Martinou-Voulasiki, I. S., & Zerfiridis, G. K. (1990). Effect of some stabilizers on textural and sensory characteristics of yoghurt ice cream from sheep's milk. *Institute of Food Technologists*, 55, 703-707.
- McClements, D. J. (1999) *Food Emulsions: Principles, practice and techniques*. Boca Raton, London, New York, Washington: CRC Press LLC.
- Perry, H. R. (1999). *Perry's Chemical Engineers' Handbook, 7th Edition*. McGraw – Hill Book Company, Singapore.
- Steffe, J. F. (1996). *Rheological methods in food process engineering*. 2nd edition. Freeman Press, USA.
- Salaün, F., Mietton, B., & Gaucheron, F. (2005). Buffering capacity of dairy products. *International Dairy Journal*, 15, 95-109.
- Tamime A. Y. (2003). Yoghurt - based products. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition (2nd Edition)* 6259 – 6264.
- Tamime, A. Y. (2006). *Fermented milks*. Blackwell Science Ltd, Oxford, Iowa, Victoria.
- Tamime, A. Y. & Robinson, R. K. (2000). *Yogurt, Science and technology* (2nd ed.). CRC Press, Boca Raton.
- Tamime, A. Y. & Robinson, R. K. (2007). *Tamine and Robinson's yogurt. Science and technology* (3rd ed.). CRC Press, Boca Raton, Boston, New York, Washington, DC.
- Tetra Pack, 1995. Dairy processing handbook. Tetra Pack Processing Systems AB, Lund, Sweden
- Vaclavik V. & Christian E. W. (2014). *Essentials of Food Science*. Springer, Manhattan, NY.
- Walstra, P., Wouters, J. T. M., & Geurts, T. J. (2006). *Dairy Science and Technology* (2nd ed.). Taylor & Francis, CRC Press, Boca Raton.

ΕΛΛΗΝΙΚΗ

- Δημητρέλη Γ. (2014). Τεχνολογία και έλεγχος ποιότητας γάλακτος και γαλακτοκομικών προϊόντων. Σημειώσεις εργαστηρίου γάλακτος και γαλακτοκομικών προϊόντων. Αλεξάνδρειο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Θεσσαλονίκης.

- Κεχαγιάς Χ. (2011). Γάλα: Επιστήμη και έλεγχος για τη διασφάλιση της ποιότητας. Εκδόσεις ΙΩΝ, Αθήνα.
- Μάντης Α.Ι. (2005). Υγιεινή και Τεχνολογία του Γάλακτος και των Προϊόντων του (3^η Έκδοση). Εκδοτικός Οίκος Αδελφών Κυριακίδη, Α.Ε: Αθήνα.
- Πετρίδης Δ. Ν. (2015). ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΟΛΥΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ, ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΩΝ.
- Πετρίδης Δ. Ν. (2016). Εφαρμοσμένη στατιστική με έμφαση στην επιστήμη τροφίμων, 4^η Έκδοση. pp. 583 – 587. ΕΚΔΟΣΕΙΣ BACK OFFICE, Θεσσαλονίκη.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Αποτελέσματα της εφαρμογής του πειράματος μίξης στο στατιστικό πρόγραμμα Minitab

Διόγκωση (%)

Stepwise for Mixtures: Διόγκωση (%) versus Γιαούρτη; Μέλι_1; ...

Forward model selection

Response: Διόγκωση (%)

Number of terms considered = 13 Number of cases used = 40

α -to-enter = 0,0500

Forced terms: Γιαούρτη Μέλι_1 Ρόδι_1

Step	1	2
Γιαούρτη	33,0246	33,0246
T-Value	*	*
P-Value	*	*
Μέλι_1	68,318	68,318
T-Value	*	*
P-Value	*	*
Ρόδι_1	44,433	44,433
T-Value	*	*
P-Value	*	*
Γιαούρτη*Ρόδι_1*Λίπος_		19,036
T-Value		4,85
P-Value		0,000
S	2,28	1,80
R-sq	39,26	63,29
R-sq(adj)	35,98	60,23
PRESS	228,954	140,085
R-Sq(pred)	27,76	55,80

Regression for Mixtures: Διόγκωση (%) versus Γιαούρτη; Μέλι_1; ...

Estimated Regression Coefficients for Διόγκωση (%) (component proportions)

Term	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Γιαούρτη	33,02	0,9353	*	*	6,829
Μέλι_1	68,32	5,2081	*	*	6,413
Ρόδι_1	44,43	4,4783	*	*	2,422
Γιαούρτη*Ρόδι_1*Λίπος_1	19,04	3,9217	4,85	0,000	1,000

* NOTE * Coefficients are calculated for coded process variables.

S = 1,79787

PRESS = 140,085

R-Sq = 63,29%

R-Sq(pred) = 55,80%

R-Sq(adj) = 60,23%

Analysis of Variance for Διόγκωση (%) (component proportions)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	3	200,591	200,591	66,8638	20,69	0,000
Component Only						
Linear	2	124,436	124,436	62,2181	19,25	0,000
Component* Λίπος_1						
Quadratic	1	76,155	76,155	76,1553	23,56	0,000
Γιαούρτη*Ρόδι_1*Λίπος_1	1	76,155	76,155	76,1553	23,56	0,000
Residual Error	36	116,365	116,365	3,2323		
Lack-of-Fit	16	107,435	107,435	6,7147	15,04	0,000
Pure Error	20	8,930	8,930	0,4465		
Total	39	316,956				

Unusual Observations for Διόγκωση (%)

Obs	StdOrder	Διόγκωση (%)	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
20	20	36,000	39,833	0,415	-3,833	-2,19R
34	34	41,200	36,946	0,497	4,254	2,46R

R denotes an observation with a large standardized residual.

pH

Stepwise for Mixtures: pH versus Γιαούρτη 2; Μέλι 2; Ρόδι 2; Λίπος 2

Forward model selection

Response: pH
 Number of terms considered = 14 Number of cases used = 38
 Number of cases with missing values = 2
 α -to-enter = 0,0500

Forced terms: Γιαούρτη 2 Μέλι 2 Ρόδι 2

Step	1	2	3
Γιαούρτη	5,0595	5,0637	5,0618
T-Value	*	*	*
P-Value	*	*	*
Μέλι 2	4,4987	4,4720	4,4840
T-Value	*	*	*
P-Value	*	*	*
Ρόδι 2	3,0777	3,1085	3,0946
T-Value	*	*	*
P-Value	*	*	*
Μέλι 2*Λίπος 2		-0,4350	-0,7979
T-Value		-7,64	-6,36
P-Value		0,000	0,000
Γιαούρτη*Λίπος 2			0,0700
T-Value			3,16
P-Value			0,003
S	0,0797	0,0491	0,0436
R-sq	71,07	89,35	91,83
R-sq(adj)	69,42	88,41	90,84

PRESS 0,276822 0,103288 0,081987
 R-Sq(pred) 64,01 86,57 89,34

Regression for Mixtures: pH versus Γιαούρτη 2; Μέλι 2; Ρόδι 2; Λίπος 2

Estimated Regression Coefficients for pH (component proportions)

Term	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Γιαούρτη 2	5,0618	0,02290	*	*	6,615
Μέλι 2	4,4840	0,12784	*	*	6,394
Ρόδι 2	3,0946	0,11090	*	*	2,332
Γιαούρτη 2*Λίπος 2	0,0700	0,02211	3,16	0,003	6,166
Μέλι 2*Λίπος 2	-0,7979	0,12537	-6,36	0,000	6,150

* NOTE * Coefficients are calculated for coded process variables.

S = 0,0436383 PRESS = 0,0819872
 R-Sq = 91,83% R-Sq(pred) = 89,34% R-Sq(adj) = 90,84%

Analysis of Variance for pH (component proportions)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	4	0,706340	0,706340	0,176585	92,73	0,000
Component Only						
Linear	2	0,546655	0,539754	0,269877	141,72	0,000
Component* Λίπος 2						
Linear	2	0,159685	0,159685	0,079843	41,93	0,000
Γιαούρτη*Λίπος 2	1	0,082557	0,019058	0,019058	10,01	0,003
Μέλι 2*Λίπος 2	1	0,077128	0,077128	0,077128	40,50	0,000
Residual Error	33	0,062842	0,062842	0,001904		
Lack-of-Fit	14	0,061492	0,061492	0,004392	61,82	0,000
Pure Error	19	0,001350	0,001350	0,000071		
Total	37	0,769182				

Οξύτητα (% γ.ο.)

Stepwise for Mixtures: Οξύτητα (%γ.ο.) versus Γιαούρτη; Μέλι_1; ...

Forward model selection

Response: Οξύτητα (%γ.ο.)

Number of terms considered = 12 Number of cases used = 40

α-to-enter = 0,0500

Forced terms: Γιαούρτη Μέλι_1 Ρόδι_1

Step	1	2
Γιαούρτη	0,9333	0,9333
T-Value	*	*
P-Value	*	*
Μέλι_1	0,1366	0,1366

T-Value	*	*
P-Value	*	*
Ρόδι_1	2,6266	2,6266
T-Value	*	*
P-Value	*	*
Γιαούρτη*Μέλι_1*Λίπος_	0,5303	
T-Value	3,78	
P-Value	0,001	
S	0,109	0,0938
R-sq	51,84	65,52
R-sq(adj)	49,24	62,64
PRESS	0,525537	0,396758
R-Sq(pred)	42,80	56,82

Regression for Mixtures: Οξύτητα (%γ.ο.) versus Γιαούρτη; Μέλι_1; ...

Estimated Regression Coefficients for Οξύτητα (%γ.ο.) (component proportions)

Term	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Γιαούρτη	0,9333	0,04880	*	*	6,829
Μέλι_1	0,1366	0,27176	*	*	6,413
Ρόδι_1	2,6266	0,23368	*	*	2,422
Γιαούρτη*Μέλι_1*Λίπος_1	0,5303	0,14037	3,78	0,001	1,000

* NOTE * Coefficients are calculated for coded process variables.

S = 0,0938133 PRESS = 0,396758
R-Sq = 65,52% R-Sq(pred) = 56,82% R-Sq(adj) = 62,64%

Analysis of Variance for Οξύτητα (%γ.ο.) (component proportions)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	3	0,601944	0,601944	0,200648	22,80	0,000
Component Only						
Linear	2	0,476320	0,476320	0,238160	27,06	0,000
Component* Λίπος_1						
Quadratic	1	0,125624	0,125624	0,125624	14,27	0,001
Γιαούρτη*Μέλι_1*Λίπος_1	1	0,125624	0,125624	0,125624	14,27	0,001
Residual Error	36	0,316834	0,316834	0,008801		
Lack-of-Fit	16	0,308084	0,308084	0,019255	44,01	0,000
Pure Error	20	0,008750	0,008750	0,000437		
Total	39	0,918778				

Unusual Observations for Οξύτητα (%γ.ο.)

Obs	StdOrder	Οξύτητα (%γ.ο.)	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
5	5	0,480	0,689	0,039	-0,209	-2,46R
7	7	0,700	0,913	0,022	-0,213	-2,34R
25	25	0,510	0,689	0,039	-0,179	-2,10R

R denotes an observation with a large standardized residual.

Λαμπρότητα (L*)

Stepwise for Mixtures: L* versus Γιαούρτη 2; Μέλι 2; Ρόδι 2; Λίπος 2

Forward model selection

Response: L*

Number of terms considered = 11 Number of cases used = 40

α -to-enter = 0,0500

Forced terms: Γιαούρτη 2 Μέλι 2 Ρόδι 2

Step	1
Γιαούρτη	87,495
T-Value	*
P-Value	*
Μέλι 2	54,390
T-Value	*
P-Value	*
Ρόδι 2	-2,239
T-Value	*
P-Value	*
S	2,35
R-sq	85,07
R-sq(adj)	84,27
PRESS	240,351
R-Sq(pred)	82,51

Regression for Mixtures: L* versus Γιαούρτη 2; Μέλι 2; Ρόδι 2; Λίπος 2

Estimated Regression Coefficients for L* (component proportions)

Term	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Γιαούρτη 2	87,495	1,225	*	*	6,829
Μέλι 2	54,390	6,820	*	*	6,413
Ρόδι 2	-2,239	5,864	*	*	2,422

* NOTE * Coefficients are calculated for coded process variables.

S = 2,35429 PRESS = 240,351
R-Sq = 85,07% R-Sq(pred) = 82,51% R-Sq(adj) = 84,27%

Analysis of Variance for L* (component proportions)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	2	1168,77	1168,77	584,386	105,43	0,000
Component Only						
Linear	2	1168,77	1168,77	584,386	105,43	0,000
Residual Error	37	205,08	205,08	5,543		
Lack-of-Fit	17	204,86	204,86	12,050	1085,62	0,000
Pure Error	20	0,22	0,22	0,011		
Total	39	1373,85				

Unusual Observations for L*

Obs	StdOrder	L*	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
4	4	88,370	83,816	0,651	4,554	2,01R

R denotes an observation with a large standardized residual.

a*

Stepwise for Mixtures: a* versus Yogurt; Honey; Pomegranate

Forward model selection

Response: a*
Number of terms considered = 3 Number of cases used = 40
 α -to-enter = 0,0500

Forced terms: Yogurt Honey Pomegranate

Step	1
Yogurt	-1,5399
T-Value	*
P-Value	*
Honey	-0,873
T-Value	*
P-Value	*
Pomegran	27,050
T-Value	*
P-Value	*
S	0,488
R-sq	92,77
R-sq(adj)	92,38
Mallows Cp	3,0
PRESS	10,2279
R-Sq(pred)	91,61

Regression for Mixtures: a* versus Γιαούρτη 2; Μέλι 2; Ρόδι 2; Λίπος 2

Estimated Regression Coefficients for a* (component proportions)

Term	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Γιαούρτη 2	-1,540	0,2540	*	*	6,829
Μέλι 2	-0,873	1,4141	*	*	6,413
Ρόδι 2	27,050	1,2160	*	*	2,422

* NOTE * Coefficients are calculated for coded process variables.

S = 0,488170 PRESS = 10,2279
R-Sq = 92,77% R-Sq(pred) = 91,61% R-Sq(adj) = 92,38%

Analysis of Variance for a* (component proportions)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	2	113,079	113,079	56,5397	237,25	0,000
Component Only						
Linear	2	113,079	113,079	56,5397	237,25	0,000
Residual Error	37	8,817	8,817	0,2383		
Lack-of-Fit	17	8,807	8,807	0,5181	1020,84	0,000
Pure Error	20	0,010	0,010	0,0005		
Total	39	121,897				

Unusual Observations for a*

Obs	StdOrder	a*	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
4	4	-2,480	-1,466	0,135	-1,014	-2,16R
24	24	-2,500	-1,466	0,135	-1,034	-2,20R

R denotes an observation with a large standardized residual.

b*

Stepwise for Mixtures: b* versus Γιαούρτη 2; Μέλι 2; Ρόδι 2; Λίπος 2

Forward model selection

Response: b*
 Number of terms considered = 10 Number of cases used = 40
 α -to-enter = 0,0500

Forced terms: Γιαούρτη 2 Μέλι 2 Ρόδι 2

Step	1	2
Γιαούρτη	9,3158	9,3158
T-Value	*	*
P-Value	*	*
Μέλι 2	37,118	37,118
T-Value	*	*
P-Value	*	*
Ρόδι 2	-17,810	-17,810
T-Value	*	*
P-Value	*	*
Γιαούρτη*Λίπος 2		0,7659
T-Value		3,89
P-Value		0,000
S	1,16	0,988
R-sq	78,64	84,97
R-sq(adj)	77,49	83,72
PRESS	58,4972	43,9564
R-Sq(pred)	74,98	81,20

Regression for Mixtures: b* versus Γιαούρτη 2; Μέλι 2; Ρόδι 2; Λίπος 2

Estimated Regression Coefficients for b* (component proportions)

Term	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Γιαούρτη 2	9,32	0,5140	*	*	6,829
Μέλι 2	37,12	2,8620	*	*	6,413
Ρόδι 2	-17,81	2,4609	*	*	2,422
Γιαούρτη 2*Λίπος 2	0,77	0,1967	3,89	0,000	1,000

* NOTE * Coefficients are calculated for coded process variables.

S = 0,987975 PRESS = 43,9564
R-Sq = 84,97% R-Sq(pred) = 81,20% R-Sq(adj) = 83,72%

Analysis of Variance for b* (component proportions)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	3	198,707	198,707	66,2358	67,86	0,000
Component Only						
Linear	2	183,904	183,904	91,9518	94,20	0,000
Component* Λίπος 2						
Linear	1	14,804	14,804	14,8039	15,17	0,000
Γιαούρτη*Λίπος 2	1	14,804	14,804	14,8039	15,17	0,000
Residual Error	36	35,139	35,139	0,9761		
Lack-of-Fit	16	35,130	35,130	2,1956	4721,79	0,000
Pure Error	20	0,009	0,009	0,0005		
Total	39	233,847				

G' (-2 °C)

Stepwise for Mixtures: G (Pa) (-2oC) versus Γιαούρτη; Μέλι_1; ...

Forward model selection

Response: G (Pa) (-2oC)

Number of terms considered = 14 Number of cases used = 40

α-to-enter = 0,0500

Forced terms: Γιαούρτη Μέλι_1 Ρόδι_1

Step	1
Γιαούρτη	96,345
T-Value	*
P-Value	*
Μέλι_1	-177,12
T-Value	*
P-Value	*
Ρόδι_1	71,933

T-Value *

P-Value *

S 3,67

R-sq 93,11

R-sq(adj) 92,73

PRESS 590,848

R-Sq(pred) 91,85

Regression for Mixtures: G (Pa) (-2oC) versus Γιαούρτη; Μέλι_1; ...

Estimated Regression Coefficients for G (Pa) (-2oC) (component proportions)

Term	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Γιαούρτη	96,3	1,911	*	*	6,829
Μέλι_1	-177,1	10,643	*	*	6,413
Ρόδι_1	71,9	9,152	*	*	2,422

* NOTE * Coefficients are calculated for coded process variables.

S = 3,67405 PRESS = 590,848

R-Sq = 93,11% R-Sq(pred) = 91,85% R-Sq(adj) = 92,73%

Analysis of Variance for G (Pa) (-2oC) (component proportions)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	2	6746,48	6746,48	3373,24	249,89	0,000
Component Only						
Linear	2	6746,48	6746,48	3373,24	249,89	0,000
Residual Error	37	499,45	499,45	13,50		
Lack-of-Fit	17	407,27	407,27	23,96	5,20	0,000
Pure Error	20	92,18	92,18	4,61		
Total	39	7245,93				

Unusual Observations for G (Pa) (-2oC)

Obs	StdOrder	G (Pa) (-2oC)	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
11	11	69,200	77,029	1,045	-7,829	-2,22R
21	21	84,600	77,029	1,045	7,571	2,15R
35	35	34,200	41,651	1,264	-7,451	-2,16R
36	36	66,800	59,254	0,582	7,546	2,08R

R denotes an observation with a large standardized residual.

G' (28 °C)

Stepwise for Mixtures: G (Pa) (28oC) versus Γιαούρτη; Μέλι_1; ...

Forward model selection

Response: G (Pa) (28oC)

Number of terms considered = 14 Number of cases used = 40

α -to-enter = 0,0500

Forced terms: Γιαούρτη Μέλι_1 Ρόδι_1

Step	1
Γιαούρτη	10,3646
T-Value	*
P-Value	*
Μέλι_1	-3,938
T-Value	*
P-Value	*
Ρόδι_1	3,214
T-Value	*
P-Value	*
S	1,52
R-sq	21,82
R-sq(adj)	17,60
PRESS	99,5324
R-Sq(pred)	9,46

Tanδ (- 2 °C)

Stepwise for Mixtures: tanδ (-2oC) versus Γιαούρτη; Μέλι_1; ...

Forward model selection

Response: tanδ (-2oC)

Number of terms considered = 14 Number of cases used = 40

α -to-enter = 0,0500

Forced terms: Γιαούρτη Μέλι_1 Ρόδι_1

Step	1
Γιαούρτη	0,7360
T-Value	*
P-Value	*
Μέλι_1	0,2796
T-Value	*
P-Value	*
Ρόδι_1	0,6895
T-Value	*
P-Value	*
S	0,0449
R-sq	20,17

R-sq(adj) 15,85
PRESS 0,086860
R-Sq(pred) 6,92

Tanδ (28 °C)

Stepwise for Mixtures: tanδ (28oC) versus Γιαούρτη; Μέλι_1; ...

Forward model selection
Response: tanδ (28oC)
Number of terms considered = 14 Number of cases used = 40
α-to-enter = 0,0500

Forced terms: Γιαούρτη Μέλι_1 Ρόδι_1

Step	1
Γιαούρτη	0,7444
T-Value	*
P-Value	*
Μέλι_1	0,3345
T-Value	*
P-Value	*
Ρόδι_1	0,8100
T-Value	*
P-Value	*
S	0,0634
R-sq	9,85
R-sq(adj)	4,98
PRESS	0,168174
R-Sq(pred)	0,00

Ιξώδες (- 2 °C)

Stepwise for Mixtures: Ιξώδες (Pa s) (-2oC) versus Γιαούρτη; Μέλι_1; ...

Forward model selection
Response: Ιξώδες (Pa s) (-2oC)
Number of terms considered = 13 Number of cases used = 40
α-to-enter = 0,0500

Forced terms: Γιαούρτη Μέλι_1 Ρόδι_1

Step	1
Γιαούρτη	0,2471
T-Value	*

P-Value	*
Μέλι_1	-0,4006
T-Value	*
P-Value	*
Ρόδι_1	0,1998
T-Value	*
P-Value	*
S	0,0554
R-sq	24,96
R-sq(adj)	20,90
PRESS	0,131744
R-Sq(pred)	13,02

Ιξώδες (28 °C)

Stepwise for Mixtures: Ιξώδες (Pa s) (28oC) versus Γιαούρτη; Μέλι_1; ...

Forward model selection
 Response: Ιξώδες (Pa s) (28oC)
 Number of terms considered = 14 Number of cases used = 40
 α-to-enter = 0,0500

Forced terms: Γιαούρτη Μέλι_1 Ρόδι_1

Step	1
Γιαούρτη	0,0878
T-Value	*
P-Value	*
Μέλι_1	-0,0291
T-Value	*
P-Value	*
Ρόδι_1	0,1224
T-Value	*
P-Value	*
S	0,0112
R-sq	23,97
R-sq(adj)	19,87
PRESS	0,005382
R-Sq(pred)	11,93

Χρώμα

Stepwise for Mixtures: Color versus Yogurt; Honey; Pomegranate; Fat

Forward model selection

Response: Color

Number of terms considered = 14 Number of cases used = 40

α -to-enter = 0,0500

Forced terms: Yogurt Honey Pomegranate

Step	1	2
Yogurt	7,3020	7,3020
T-Value	*	*
P-Value	*	*
Honey	16,654	16,654
T-Value	*	*
P-Value	*	*
Pomegran	-5,022	-5,022
T-Value	*	*
P-Value	*	*
Honey*Pomegran*Fat		36,05
T-Value		2,51
P-Value		0,017
S	1,35	1,27
R-sq	31,24	41,51
R-sq(adj)	27,52	36,64
PRESS	81,9080	75,7293
R-Sq(pred)	16,92	23,19

Regression for Mixtures: Color versus Yogurt; Honey; Pomegranate; Fat

Estimated Regression Coefficients for Color (component proportions)

Term	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Yogurt	7,302	0,6584	*	*	6,829
Honey	16,654	3,6662	*	*	6,413
Pomegranate	-5,022	3,1525	*	*	2,422
Honey*Pomegranate*Fat	36,054	14,3373	2,51	0,017	1,000

* NOTE * Coefficients are calculated for coded process variables.

S = 1,26561

PRESS = 75,7293

R-Sq = 41,51%

R-Sq(pred) = 23,19%

R-Sq(adj) = 36,64%

Analysis of Variance for Color (component proportions)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	3	40,93	40,93	13,643	8,52	0,000
Component Only						
Linear	2	30,80	30,80	15,399	9,61	0,000
Component* Fat						
Quadratic	1	10,13	10,13	10,129	6,32	0,017
Honey*Pomegran*Fat	1	10,13	10,13	10,129	6,32	0,017

Residual Error	36	57,66	57,66	1,602		
Lack-of-Fit	16	19,39	19,39	1,212	0,63	0,821
Pure Error	20	38,28	38,28	1,914		
Total	39	98,59				

Unusual Observations for Color

Obs	StdOrder	Color	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
33	33	10,735	8,320	0,676	2,414	2,26R
35	35	6,592	9,172	0,435	-2,581	-2,17R

R denotes an observation with a large standardized residual.

Σκληρότητα

Stepwise for Mixtures: Hardness versus Yogurt; Honey; Pomegranate; Fat

Forward model selection

Response: Hardness

Number of terms considered = 14 Number of cases used = 40

α-to-enter = 0,0500

Forced terms: Yogurt Honey Pomegranate

Step	1
Yogurt	18,1392
T-Value	*
P-Value	*
Honey	-55,082
T-Value	*
P-Value	*
Pomegran	8,496
T-Value	*
P-Value	*
S	1,52
R-sq	85,10
R-sq(adj)	84,29
PRESS	98,1170
R-Sq(pred)	82,86

Regression for Mixtures: Hardness versus Yogurt; Honey; Pomegranate; Fat

Estimated Regression Coefficients for Hardness (component proportions)

Term	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Yogurt	18,14	0,7898	*	*	6,829
Honey	-55,08	4,3978	*	*	6,413
Pomegranate	8,50	3,7816	*	*	2,422

* NOTE * Coefficients are calculated for coded process variables.

S = 1,51818 PRESS = 98,1170
R-Sq = 85,10% R-Sq(pred) = 82,86% R-Sq(adj) = 84,29%

Analysis of Variance for Hardness (component proportions)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	2	487,03	487,03	243,514	105,65	0,000
Component Only						
Linear	2	487,03	487,03	243,514	105,65	0,000
Residual Error	37	85,28	85,28	2,305		
Lack-of-Fit	17	55,95	55,95	3,291	2,24	0,043
Pure Error	20	29,33	29,33	1,466		
Total	39	572,31				

Unusual Observations for Hardness

Obs	StdOrder	Hardness	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
4	4	6,438	10,004	0,420	-3,566	-2,44R
38	38	12,818	9,812	0,330	3,007	2,03R

R denotes an observation with a large standardized residual.

Κρεμώδες

Stepwise for Mixtures: Creaminess versus Yogurt; Honey; Pomegranate; Fat

Forward model selection
Response: Creaminess
Number of terms considered = 13 Number of cases used = 39
Number of cases with missing values = 1
α-to-enter = 0,0500

Forced terms: Yogurt Honey Pomegranate

Step	1	2
Yogurt	1,7642	1,8511
T-Value	*	*
P-Value	*	*
Honey	44,865	44,578
T-Value	*	*
P-Value	*	*
Pomegran	0,541	0,465
T-Value	*	*
P-Value	*	*
Honey*Fat		-9,983

T-Value		-5,42
P-Value		0,000
S	2,14	1,60
R-sq	50,39	73,03
R-sq(adj)	47,63	70,72
PRESS	196,208	113,826
R-Sq(pred)	40,91	65,72

Regression for Mixtures: Creaminess versus Yogurt; Honey; ...

Estimated Regression Coefficients for Creaminess (component proportions)

Term	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Yogurt	1,851	0,8439	*	*	6,826
Honey	44,578	4,6566	*	*	6,396
Pomegranate	0,465	3,9861	*	*	2,402
Honey*Fat	-9,983	1,8418	-5,42	0,000	1,001

* NOTE * Coefficients are calculated for coded process variables.

S = 1,59954 PRESS = 113,826
R-Sq = 73,03% R-Sq(pred) = 65,72% R-Sq(adj) = 70,72%

Analysis of Variance for Creaminess (component proportions)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	3	242,48	242,48	80,826	31,59	0,000
Component Only						
Linear	2	167,30	164,58	82,290	32,16	0,000
Component* Fat						
Linear	1	75,18	75,18	75,176	29,38	0,000
Honey*Fat	1	75,18	75,18	75,176	29,38	0,000
Residual Error	35	89,55	89,55	2,559		
Lack-of-Fit	16	60,79	60,79	3,800	2,51	0,029
Pure Error	19	28,75	28,75	1,513		
Total	38	332,03				

Unusual Observations for Creaminess

Obs	StdOrder	Creaminess	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
13	13	4,978	8,169	0,710	-3,191	-2,23R
39	39	10,230	7,068	0,476	3,163	2,07R

R denotes an observation with a large standardized residual.

Γεύση γιαούρτης

Stepwise for Mixtures: Yogurt Taste versus Yogurt; Honey; ...

Forward model selection

Response: Yogurt Taste

Number of terms considered = 14 Number of cases used = 40

α -to-enter = 0,0500

Forced terms: Yogurt Honey Pomegranate

Step	1
Yogurt	6,6810
T-Value	*
P-Value	*
Honey	1,665
T-Value	*
P-Value	*
Pomegran	13,314
T-Value	*
P-Value	*
S	1,64
R-sq	8,22
R-sq(adj)	3,25
PRESS	118,404
R-Sq(pred)	0,00

Γλυκύτητα

Stepwise for Mixtures: Sweetness versus Yogurt; Honey; Pomegranate; Fat

Forward model selection

Response: Sweetness

Number of terms considered = 14 Number of cases used = 40

α -to-enter = 0,0500

Forced terms: Yogurt Honey Pomegranate

Step	1
Yogurt	-1,9007
T-Value	*
P-Value	*
Honey	59,971
T-Value	*
P-Value	*
Pomegran	1,211
T-Value	*
P-Value	*
S	1,19

R-sq 86,90
R-sq(adj) 86,20
PRESS 60,4041
R-Sq(pred) 84,78

Regression for Mixtures: Sweetness versus Yogurt; Honey; ...

Estimated Regression Coefficients for Sweetness (component proportions)

Term	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Yogurt	-1,901	0,6165	*	*	6,829
Honey	59,971	3,4327	*	*	6,413
Pomegranate	1,211	2,9517	*	*	2,422

* NOTE * Coefficients are calculated for coded process variables.

S = 1,18501 PRESS = 60,4041
R-Sq = 86,90% R-Sq(pred) = 84,78% R-Sq(adj) = 86,20%

Analysis of Variance for Sweetness (component proportions)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	2	344,81	344,81	172,403	122,77	0,000
Component Only						
Linear	2	344,81	344,81	172,403	122,77	0,000
Residual Error	37	51,96	51,96	1,404		
Lack-of-Fit	17	33,05	33,05	1,944	2,06	0,062
Pure Error	20	18,91	18,91	0,945		
Total	39	396,76				

Unusual Observations for Sweetness

Obs	StdOrder	Sweetness	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
20	20	10,954	8,391	0,262	2,563	2,22R
22	22	5,106	2,743	0,406	2,364	2,12R
34	34	2,576	4,974	0,327	-2,397	-2,11R
38	38	2,074	4,526	0,258	-2,452	-2,12R

R denotes an observation with a large standardized residual.

Οργανοληπτική οξύτητα

Stepwise for Mixtures: Sourness versus Yogurt; Honey; Pomegranate; Fat

Forward model selection
Response: Sourness
Number of terms considered = 14 Number of cases used = 37
Number of cases with missing values = 3
 α -to-enter = 0,0500

Forced terms: Yogurt Honey Pomegranate

Step	1
Yogurt	7,3168
T-Value	*

```

P-Value          *
Honey            -12,924
T-Value          *
P-Value          *

Pomegran         28,986
T-Value          *
P-Value          *

S                1,35
R-sq             61,52
R-sq(adj)        59,26
PRESS            72,8165
R-Sq(pred)       54,58

```

Regression for Mixtures: Sourness versus Yogurt; Honey; Pomegranate; Fat

Estimated Regression Coefficients for Sourness (component proportions)

Term	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Yogurt	7,32	0,7201	*	*	6,695
Honey	-12,92	4,0394	*	*	6,504
Pomegranate	28,99	3,5076	*	*	2,336

* NOTE * Coefficients are calculated for coded process variables.

S = 1,34689 PRESS = 72,8165
R-Sq = 61,52% R-Sq(pred) = 54,58% R-Sq(adj) = 59,26%

Analysis of Variance for Sourness (component proportions)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	2	98,63	98,63	49,313	27,18	0,000
Component Only						
Linear	2	98,63	98,63	49,313	27,18	0,000
Residual Error	34	61,68	61,68	1,814		
Lack-of-Fit	17	44,39	44,39	2,611	2,57	0,030
Pure Error	17	17,29	17,29	1,017		
Total	36	160,31				

Λιπαρότητα

Stepwise for Mixtures: Fattiness versus Yogurt; Honey; Pomegranate; Fat

Forward model selection
Response: Fattiness
Number of terms considered = 10 Number of cases used = 31
Number of cases with missing values = 9
α-to-enter = 0,0500

Forced terms: Yogurt Honey Pomegranate

Step	1	2
------	---	---

Yogurt	0,8495	0,5881
T-Value	*	*
P-Value	*	*
Honey	35,736	39,201
T-Value	*	*
P-Value	*	*
Pomegran	2,772	1,825
T-Value	*	*
P-Value	*	*
Yogurt*Honey*Fat		-9,733
T-Value		-5,02
P-Value		0,000
S	1,44	1,06
R-sq	61,87	80,26
R-sq(adj)	59,15	78,07
PRESS	72,8998	43,0719
R-Sq(pred)	52,14	71,73

Regression for Mixtures: Fattiness versus Yogurt; Honey; ...

Estimated Regression Coefficients for Fattiness (component proportions)

Term	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Yogurt	0,588	0,5680	*	*	5,704
Honey	39,201	3,4163	*	*	5,725
Pomegranate	1,825	2,8099	*	*	2,424
Yogurt*Honey*Fat	-9,733	1,9404	-5,02	0,000	1,062

* NOTE * Coefficients are calculated for coded process variables.

S = 1,05521 PRESS = 43,0719
R-Sq = 80,26% R-Sq(pred) = 71,73% R-Sq(adj) = 78,07%

Analysis of Variance for Fattiness (component proportions)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	3	122,271	122,271	40,7569	36,60	0,000
Component Only						
Linear	2	94,257	110,981	55,4904	49,84	0,000
Component* Fat						
Quadratic	1	28,014	28,014	28,0139	25,16	0,000
Yogurt*Honey*Fat	1	28,014	28,014	28,0139	25,16	0,000
Residual Error	27	30,064	30,064	1,1135		
Lack-of-Fit	14	20,821	20,821	1,4872	2,09	0,096
Pure Error	13	9,242	9,242	0,7110		
Total	30	152,334				

Unusual Observations for Fattiness

Obs	StdOrder	Fattiness	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
6	6	9,312	6,656	0,302	2,656	2,63R
32	32	5,176	2,871	0,398	2,305	2,36R

R denotes an observation with a large standardized residual.

Έντυπο οργανοληπτικού ελέγχου

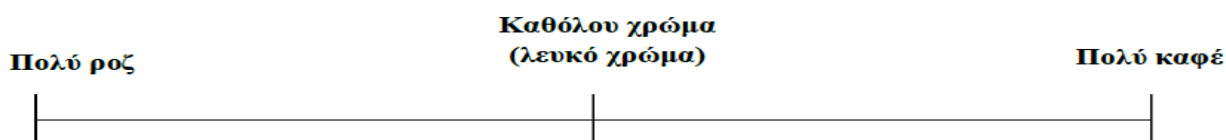
Έντυπο οργανοληπτικού ελέγχου

Όνοματεπώνυμο:.....

Ημερ/νία: .../.../...

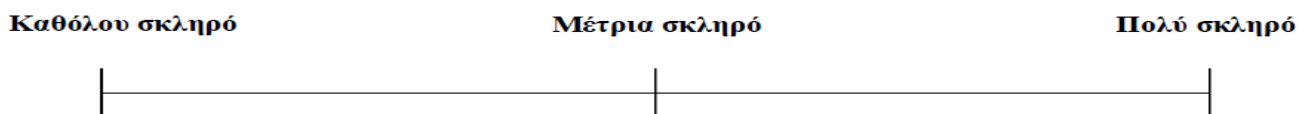
1. Χαρακτηρίστε τα δείγματα αυτά αναφορικά με την ένταση του χρώματος.

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.



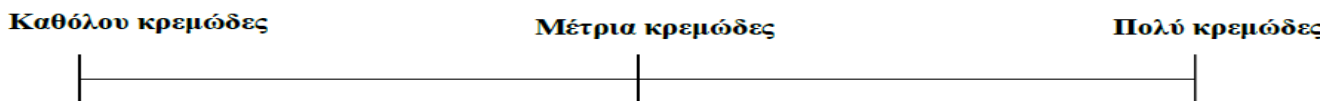
2. Χαρακτηρίστε τα δείγματα αυτά αναφορικά με τη σκληρότητά τους. Ως σκληρότητα ορίζεται η δύναμη που εφαρμόζεται στο κουτάλι για να εισέρθει κάθετα στη μάζα του παγωτού.

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



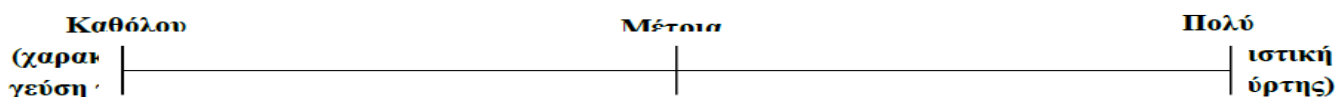
3. Χαρακτηρίστε τα δείγματα αυτά αναφορικά με την αίσθηση της κρεμώδους (ομοιόμορφης) υφής στο στόμα.

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



4. Χαρακτηρίστε τα δείγματα αυτά αναφορικά με την ένταση της χαρακτηριστικής γεύσης γιασούρης.

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



5. Χαρακτηρίστε τα δείγματα αυτά αναφορικά με την ένταση της γλυκύτητας.

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



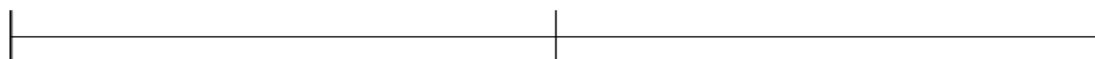
Καθόλου γλυκό

Μέτρια γλυκό

Πολύ γλυκό

6. Χαρακτηρίστε τα δείγματα αυτά αναφορικά με την ένταση της οξύτητας.

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



Καθόλου ξινό

Μέτρια ξινό

Πολύ ξινό

7. 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 της λιπαρότητας πάνω στην οριζόντια κλίμακα. Σε κάθε κάθετη γραμμή σημειώστε τον αντίστοιχο κωδικό του δείγματος.

Καθόλου λιπαρό

Μέτρια λιπαρό

Πολύ λιπαρό



8. Επιλέξτε ποιο δείγμα σας άρεσε περισσότερο και ποιο λιγότερο.

	Περισσότερο αρεστό	Λιγότερο αρεστό
Δείγμα	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Για ποια χαρακτηριστικά επιλέξατε το περισσότερο αρεστό δείγμα (Δεν είναι απαραίτητο να τα επιλέξετε όλα).

- Χρώμα
- Σκληρότητα
- Κρεμώδης υφή
- Χαρακτηριστική γεύση
γιαούρτης
- Γλυκύτητα
- Οξύτητα
- Λιπαρότητα