ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ & ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

«ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ»

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΝΕΩΝ ΤΥΠΩΝ ΠΑΓΩΤΟΥ ΧΑΜΗΛΗΣ ΘΕΡΜΙΔΙΚΗΣ ΑΞΙΑΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΒΕΡΓΙΔΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ

ΤΣΑΜΗΤΡΟΠΟΥΛΟΥ ΦΑΝΗ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ ΚΑΘΗΓΗΤΕΣ:

ΠΕΤΡΙΔΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

ΡΑΦΑΗΛΙΔΗΣ ΣΤΥΛΙΑΝΟΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ, 2017

Ευχαριστίες

Για την πραγματοποίηση της παρούσας εργασίας θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε όλους όσους συνέβαλαν σε αυτήν. Ευχαριστούμε τους υπεύθυνους καθηγητές, κ. Πετρίδη Δημήτριο και κ. Ραφαηλίδη Στυλιανό για το χρόνο που μας διέθεσαν, για την καθοδήγηση και τις πολύτιμες συμβουλές τους καθώς επίσης για την στατιστική ανάλυση δεδομένων και των ρεολογικών μετρήσεων και ακόμη περισσότερο για την εμπιστοσύνη τους. Επίσης ευχαριστούμε τον κ. Ριτζούλη Χρήστο για την αρχική καθοδήγηση και την επιλογή των συστατικών.

Παραγωγή νέων τύπων παγωτών χαμηλής θερμιδικής αξίας

Βεργίδης Χρήστος, Τσαμητροπούλου Φανή

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία αφορά στην παρασκευή ενός παγωτού χωρίς προσθήκη ζάχαρης και λίπους, με την βοήθεια καρβοξυ-μεθυλοκυτταρίνης (CMC) και των γλυκαντικών υλών μαλτιτόλης, γαλακτοφρουκτόζης και ινουλίνης. Μελετήθηκαν εκτενώς τα οργανοληπτικά και τα μηχανικά χαρακτηριστικά του. Η μελέτη των οποίων επικεντρώθηκε κυρίως στην γεύση και την υφή αντίστοιχα. Στόχος ήταν η επίτευξη ενός νέου παγωτού με αντίστοιχη δομή και γεύση ενός συμβατικού.

Η πειραματική διαδικασία χωρίστηκε σε δυο κατηγορίες: στην παρασκευή δειγμάτων με εναλλαγή ποσοστών προσθήκης των γλυκαντικών υλών (από 2% - 4%) και σταθερό το ποσοστό προσθήκης CMC στο 1,5%. Ακολούθησε οργανοληπτικός έλεγχος για την επιλογή των δειγμάτων με τα επιθυμητά χαρακτηριστικά κυρίως ως προς την γεύση. Κατόπιν για κάθε επιλεγμένο δείγμα από την πρώτη κατηγορία μεταβλήθηκε το ποσοστό του CMC (0,5%, 0,8%,1%, 1,2%,1,5%) και ακολούθησαν ρεολογικές μετρήσεις, στα νέα πλέον δείγματα, για την επιλογή των δειγμάτων με τα επιθυμητά χαρακτηριστικά ως προς την δομή.

Αποτέλεσμα της μελέτης αυτής ήταν ότι η χρήση καρβοξυ-μεθυλο κυτταρίνης (CMC) σε ποσοστό 1,2% δίνει μια κανονική δομή παγωτού, καθώς επίσης ο συνδυασμός των τριών γλυκαντικών υλών (ινουλίνη 8%, μαλτιτόλη 8%, γαλακτοφρουκτόζη 2%) μπορεί να αντικαταστήσει την προσθήκη ζάχαρης. Το συστατικό που προσδίδει την μεγαλύτερη γλυκύτητα είναι η μαλτιτόλη.

Production of low calorie ice cream types

Christos Vergidis, Fani Tsamitropoulou

ABSTRACT

The present work deals with the preparation of a type of ice cream without the addition of sugar and fat, employing carboxyl methyl cellulose and sweeteners such as maltitol, galactofructose and inuline. Apart from the organoleptic characteristics it was investigated the mechanical characteristics as well. The organoleptic characteristics which were evaluated were the taste and the texture. The aim was the production of a novel type of ice cream with texture and taste similar to that of a product already in the market.

The experimental scheme divided the samples into two groups. That is, preparation of samples containing sweeteners at various contents (2-4%) keeping constant the percentage of CMC content (1,5%). The organoleptic evaluation was focused on the selection of samples with desirable attributes concerning mainly the taste. After the selection of samples from the first group, the percentage of CMC content was changed (0,5%, 0,8%, 1%, 1,2%, 1,5%) and rheological measurements were carried out concerning the new samples for the selection of those with the desirable attributes of texture.

The results indicated that the use of CMC at 1,2% gave an ice cream with the right texture. Moreover, the combination of the three sweeteners employed at specified quantities,(inuline, maltitol and galactofructose) could successfully substitute the sugar. The ingredient that gives the highest sweetness is maltitol.

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ 1

2.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....3

2.1. Παγωτά 3

2.1.1. Γενικά.....3

2.1.2. Κατηγορίες παγωτών 3

2.1.2.1. Παγωτό γάλακτος 4

2.1.2.2. Παγωτό κρέμα.....4

2.1.2.3. Παγωτό καϊμάκι 4

2.1.2.4. Γρανίτες - Παγωτά φρούτων.....4

2.1.2.5. Παγωτά ειδικού τύπου 5

2.1.2.6. Παγωτά στιγμιαίας παρασκευής ή μαλακό παγωτό (soft ice-cream) 6

2.1.2.7. Παγωτό γιαούρτι.....7

2.1.2.8. Σκληρό παγωτό 7

2.1.2.9. Παγωτό χωρίς λιπαρά και ζάχαρη (0% + 0 %).....7

2.2. Παρασκευή παγωτών.....8

2.2.1. Στάδια παραγωγής.....8

2.2.1.1.Ανάμειξη συστατικών του μίγματος.....8

2.2.1.2. Ομογενοποίηση.....9

2.2.1.3. Παστερίωση 10

2.2.1.4. Ωρίμανση 11

2.2.1.5. Προσθήκη γεύσεων, χρωστικών, αρωματικών.....12

2.2.1.6. Ψύξη μίγματος 13

2.2.1.7. Συσκευασία – προσθήκη πρόσθετων συστατικών.....13

2.2.1.8. Ταχεία κατάψυξη 13

2.2.2. Κύρια συστατικά των παγωτών 14

2.2.2.1.Σταθεροποιητές 14
2.2.2.2. Γαλακτωματοποιητές 16
2.2.2.3. Στερεά γάλακτος 17
2.2.2.4. Λίπος 18
2.2.2.5. Σάκχαρα – Γλυκαντικά 20
2.2.2.6. Αέρας 21
2.2.3. Συστατικά παγωτού χαμηλής θερμιδικής αξίας 22
2.2.3.1. Καζεινικό νάτριο 22
2.2.3.2. Πρωτεΐνες ορού 23
2.2.3.3.Μαλτιτόλη 24
2.2.3.4. Ινουλίνη 24
2.2.3.5. Γαλακτοφρουκτόζη (Λακτουλόζη) 26
2.2.3.6. Καρβοξυμεθυλοκυτταρινικό νάτριο (CMC) 26
2.3. Ρεολογία 27
2.3.1. Ρεολογία παγωτού 27
2.3.2. Ρεολογικές έννοιες 28
2.3.3 Δοκιμή ταλάντωσης 29
2.3.4. Δοκιμή ερπυσμού 29
3.ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ 31
4.ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ 32
4.1. Πρώτες ύλες 32
4.2. Μηχανήματα και όργανα 32
4.3. Διαδικασία παρασκευής δειγμάτων 32
4.4. Μέθοδοι ανάλυσης 33
4.4.1. Πρώτο στάδιο πειραματικής διαδικασίας 33
4.4.2 Δεύτερο στάδιο πειραματικής διαδικασίας 37
4.4.2.1. Οργανοληπτικό σχέδιο 38

4.4.2.2 Ρεολογικές μετρήσεις.....39
5.ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ 41
5.1 Αποτελέσματα πρώτου σταδίου πειραματικής διαδικασίας.....41
5.2 Αποτελέσματα δευτέρου σταδίου πειραματικής διαδικασίας 45
5.2.1 Αποτελέσματα οργανοληπτικού ελέγχου 45
5.2.2 Αποτελέσματα ρεολογικών μετρήσεων.....46
5.2.2.1 Αποτελέσματα δυναμικών δοκιμών ταλάντωσης.....46
5.2.2.2. Αποτελέσματα δοκιμών ερπυσμού 51
5.2.2.3. Σύγκριση Αποτελεσμάτων Δοκιμής Ταλάντωσης και Ερπυσμού 52
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ 54
7. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ 55
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 56

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα παγωμένα γλυκίσματα γαλακτοκομικών προϊόντων χαρακτηρίζονται από το γεγονός ότι περιέχουν στερεά γάλακτος και καταναλώνονται σε κατεψυγμένη κατάσταση. Το παγωτό είναι το κυριότερο γλύκισμα σε αυτή την κατηγορία και είναι ένα προϊόν το οποίο καταναλώνεται ευρέως. Η έννοια του παγωτού ποικίλλει παγκοσμίως, λόγω των διαφορετικών κανονισμών και παραδόσεων, και ως εκ τούτου μπορεί να βρεθεί με πολλές παραλλαγές (Marshall *et al.*,2003)

Για το μεγαλύτερο φάσμα των παγωμένων γλυκισμάτων, η παραγωγή είναι παρόμοια. Τα βασικότερα στάδια παραγωγής είναι: Ανάμειξη των συστατικών, ομογενοποίηση, παστερίωση, ψύξη και αποθήκευση (Marshall *et al*.,2003).

Οι περισσότεροι άνθρωποι είναι πολύ εξοικειωμένοι με την εμφάνιση, τη γεύση και την υφή του παγωτού και υπάρχουν πολλές συνταγές για την παρασκευή του σε βιβλία μαγειρικής. Ωστόσο, λίγοι άνθρωποι γνωρίζουν την χρησιμότητα συγκεκριμένων συστατικών. Το παγωτό είναι ένα πολύ περίπλοκο προϊόν. Συγκεκριμένα αναφέρεται ως το σχεδόν πιο πολύπλοκο κολλοειδές τρόφιμο. Η επιστήμη του παγωτού συνίσταται στην κατανόηση των συστατικών του, την επεξεργασία τους, τη μικροδομή και την υφή του. Αυτό απαιτεί μια ολόκληρη σειρά επιστημονικών κλάδων, μεταξύ των οποίων τη φυσική, τη χημεία, την επιστήμη των τροφίμων, την κολλοειδής επιστήμη, τη χημική μηχανική, τη μικροσκοπία, την επιστήμη των υλικών και το μάρκετινγκ (Clarke, 2004).

Η θρεπτική και διατροφική αξία εξαρτάται πολύ από τη σύσταση του, τις πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή του παγωτού και οι οποίες εξαρτώνται από την ποιότητα και τον τύπο του. Γενικά, οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται είναι: γάλα, αβγά, κακάο, βούτυρο, κρέμα γάλακτος, γλυκαντικές ουσίες, χυμοί φρούτων, σταθεροποιητές, γαλακτωματοποιητές, χρωστικές, αρώματα (Marshall *et al*., 2003)

Γενικά το παγωτό είναι εύληπτο, εύπεπτο και δεν επιβαρύνει το πεπτικό σύστημα. Περιέχει σε ισόρροπη σχέση πρωτεΐνες (με υψηλή βιολογική αξία 95%), λίπη (0-13g/100g), υδατάνθρακες (20-25g/100g), άλατα, ασβέστιο (σε υψηλή

βιοδιαθεσιμότητα), φώσφορο, και βιταμίνες Α και Β1, Β2, Β12. Αντιθέτως, υστερεί σε σίδηρο, βιταμίνη D και C. Θερμιδικά καλύπτει το 5-10% των ημερησίων αναγκών σε ενέργεια (75-240 θερμίδες/100g), το 5-10% των αναγκών σε πρωτεΐνες, το 8-10% των αναγκών σε υδατάνθρακες, το 10-15% των αναγκών σε λίπη, το 15-20% των αναγκών σε βιταμίνη Α, το 20% των αναγκών σε βιταμίνη Β12, και το 40% των αναγκών σε ασβέστιο και φώσφορο (Stogo, 1998).

Έτσι λοιπόν το παγωτό δεν θεωρείται υψηλής διατροφικής αξίας τρόφιμο. Για τον λόγο αυτό, κρίθηκε σκόπιμο σε αυτήν την εργασία να γίνει μια προσπάθεια παρασκευής παγωτού ώστε η κατανάλωση του όχι μόνο να μην επιβαρύνει την ανθρώπινη υγεία αντιθέτως να συμβάλει όσο γίνεται στην ισορροπία της. Για την πραγματοποίηση των πειραμάτων επιλέχθηκαν πρώτες ύλες με στόχο την υψηλή διατροφική αξία του τελικού προϊόντος.

2.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1. Παγωτά

2.1.1. Γενικά

Το παγωτό είναι ένα προϊόν γάλακτος που παρασκευάζεται με κατάψυξη (πήξη με ψύξη) μπορεί να συνδυαστεί με διάφορα φρούτα ή χυμούς φρούτων. Αποτελεί ένα αξιόλογο τρόφιμο καθώς περιέχει σημαντική ποσότητα πρωτεϊνών, λιπών και υδατανθράκων. Επίσης η περιεκτικότητα σε βιταμίνες, μέταλλα, ιχνοστοιχεία και ηλεκτρολύτες είναι σημαντική, καθιστώντας το παγωτό ένα τρόφιμο υψηλής θερμιδικής περιεκτικότητας και σημαντικής βιολογικής αξίας, καθώς το κύριο συστατικό του είναι το γάλα (Marshall *et al.*, 2003).

Το παγωτό αποτελείται από γάλα νωπό, συμπυκνωμένο ή αφυδατωμένο, από γλυκαντικές ουσίες γαλακτωματοποιητές και σταθεροποιητές (για την διατήρηση της δομής και της συνεκτικότητάς του), καθώς από πρόσθετα για την δημιουργία του χρώματος και του αρώματος (χρωστικές και αρωματικές ουσίες αντίστοιχα). Σε κάποια παγωτά προστίθενται επιπλέον συστατικά, όπως το κακάο για το παγωτό σοκολάτα, τεμάχια φρούτων (π.χ. κεράσι), ξηροί καρποί (φιστίκι) και άλλοι πολλοί συνδυασμοί (Marshall *et al.*, 2003).

Η μεθοδολογία παρασκευής του παγωτού είναι απλή. Για την δημιουργία του απαιτείται παστερίωση του μίγματος (υψηλή θερμοκρασία/μικρό χρόνο έκθεσης 80°C/25sec), ομογενοποίηση, ωρίμανση για 3 με 12 ώρες (όσο μεγαλύτερη πίεση εφαρμόζεται κατά την ομογενοποιήση τόσο λιγότερο χρόνο απαιτείται για την ωρίμανση) σε θερμοκρασίες ψύξης (2 ^{o}C με 9°C), άμεση ψύξη (βέλτιστη θερμοκρασία -4 με -6°C) και εμπλουτισμός με αέρα, με σκοπό την αύξηση του όγκου και τέλος αποθήκευση σε θερμοκρασία βαθιάς κατάψυξης (μικρότερη από -24°C) (Stogo, 1998).

2.1.2. Κατηγορίες παγωτών

Ο Ελληνικός Κώδικας Τροφίμων και Ποτών (2009) καθορίζει τα διάφορα είδη παγωτών ως εξής:

2.1.2.1. Παγωτό γάλακτος

Παρασκευάζεται από ομογενοποιημένο γάλα και ζαχαρούχες γλυκαντικές ύλες. Τα παγωτά αυτά είναι πλούσια σε συστατικά γάλακτος. Κατά τα πρότυπα των ΗΠΑ θα πρέπει να έχουν λίπος τουλάχιστον 2-7%, ενώ στην Ελλάδα η περιεκτικότητα του παγωτού γάλακτος σε λίπος θα πρέπει να είναι 3%. Το στερεό υπόλειμμα προελεύσεως του γάλακτος θα πρέπει να φτάνει τα 11%. Δεν επιτρέπεται η προσθήκη αυγών, ενώ ο αρωματισμός του επιτρέπεται μόνο με αβλαβείς αρωματικές ουσίες. Επιτρέπεται η προσθήκη των φρούτων και των ξηρών καρπών. Εάν περιέχει βανιλίνη χαρακτηρίζεται ως « παγωτό βανίλια ».

2.1.2.2. Παγωτό κρέμα

Παρασκευάζεται από ομογενοποιημένο γάλα, ζάχαρη και αυγά, όπου η αντιστοιχία τους είναι ένα αυγό ανά κιλό έτοιμου προϊόντος.

Τα παγωτά αυτά είναι πλούσια σε συστατικά γάλακτος. Το στερεό υπόλειμμα συστατικών γάλακτος θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 20%. Αυτό σημαίνει ότι για την παρασκευή του μίγματος θα χρειαστεί ενίσχυση με κρέμα και σκόνη γάλακτος αφού το απλό γάλα δεν είναι αρκετό.

Η περιεκτικότητα σε λίπος πρέπει να φτάνει τα 4% τουλάχιστον στην Ελλάδα, ενώ στην Βρετανία 5% και στις ΗΠΑ 10%.

Στο παγωτό αυτό δεν επιτρέπεται η προσθήκη φρούτων και ξηρών καρπών στην μάζα του παρά μόνο στην επιφάνειά του.

2.1.2.3. Παγωτό καϊμάκι

Περιέχει τουλάχιστον 8% λίπος και παρασκευάζεται από γάλα και ζάχαρη, ενώ δεν επιτρέπεται η χρήση αυγών. Το παγωτό καϊμάκι πήρε την ονομασία του επειδή ένα από τα συστατικά του είναι το αφρόγαλα. Τα φρούτα και οι ξηροί καρποί επιτρέπονται μόνο στην επιφάνεια του παγωτού.

2.1.2.4. Γρανίτες - Παγωτά φρούτων

Οι γρανίτες είναι ένα παγωμένο πολύ δροσιστικό, αρωματικό γλυκόξινο προϊόν. Είναι ένα ενδιάμεσο προϊόν παγωτού και παγωμένου χυμού φρούτων.

Η παρασκευή τους γίνεται αποκλειστικά από χυμούς φρούτων ή από τεχνητά σιρόπια φρούτων και ζαχαρούχας γλυκαντικής ύλης ενώ η χρήση των αρωματικών

ουσιών είναι προαιρετική και ο αρωματισμός του, έχει την ένδειξη του φρούτου που προέρχεται ο χυμός, τέλος απαγορεύεται η χρήση χρωστικών ουσιών, ενώ τα φυσικά αρώματα που τυχόν θα χρησιμοποιηθούν θα πρέπει να έχουν τις προδιαγραφές που αναφέρονται στον Κώδικα Τροφίμων και Ποτών.

Η ονομασία του παγωτού θα πρέπει να δηλώνει σαφώς την προέλευση του χυμού που χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή του παγωτού. Εάν προσφέρονται με ατελή κατάψυξη τότε ονομάζονται παγωτό γρανίτα . Επομένως, γίνεται σαφές ότι υπάρχουν δύο κατηγορίες παγωτών φρούτων - γρανιτών. Τα παγωτά φρούτων και τα παγωτά με άρωμα φρούτων. Εάν χρησιμοποιηθούν τα αιθέρια έλαια του φρούτου για το οποίο αναφέρεται το παγωτό τότε ονομάζεται γρανίτα με άρωμα .

Επιτρέπεται να κυκλοφορούν στο εμπόριο, παγωτά ή γρανίτες με απλή προσθήκη αρωμάτων φρούτων, όπου έχουν την ίδια υφή με τα αντίστοιχα παγωτά ή γρανίτες αλλά δεν περιέχουν χυμούς φρούτων. Η παρασκευή τους γίνεται από νερό, γλυκαντικές ύλες (ζάχαρη ή γλυκόζη), σταθεροποιητές, γαλακτωματοποιητές, συμπυκνωμένο χυμό φρούτων και αιθέρια έλαια των αντίστοιχων φρούτων και τις επιτρεπόμενες φυσικές χρωστικές.

Η ποσότητα των γλυκαντικών υλών που χρησιμοποιείται θα πρέπει να είναι 20%, θεωρείται ότι η αντικατάσταση ενός ποσοστού της ζάχαρης περίπου 45% από γλυκόζη είναι ιδιαίτερα επιθυμητή. Επίσης θα πρέπει να ληφθεί υπόψη τα είδη φρούτων που θα χρησιμοποιηθούν λόγω του γεγονότος ότι όλα τα φρούτα έχουν διαφορετική αναλογία σε ζάχαρη. Όπως έχει προαναφερθεί είναι δυνατό να παρασκευαστούν τρία είδη παγωτών φρούτων - γρανιτών.

2.1.2.5. Παγωτά ειδικού τύπου

Για την παρασκευή αυτών των παγωτών θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν όλες οι πρώτες και πρόσθετες ύλες που επιτρέπονται από τις σχετικές διατάξεις.

Στα παγωτά αυτά δεν επιτρέπεται η χρήση σκόνης γάλακτος ή αποβουτυρωμένου γάλακτος. Η ονομασία τους μπορεί να δηλώνει την χαρακτηριστική τους γεύση όπως παγωτό μπανάνα ή παγωτό μόκα. Επίσης, επιτρέπονται οι φυσικές χρωστικές και οι αρωματικές ύλες. Για τα παγωτά αυτά επιτρέπεται η χρήση προζελατινοποιημένου αμύλου σε μέγιστο ποσοστό 1% κατά βάρος τελικού προϊόντος.

2.1.2.6. Παγωτά στιγμιαίας παρασκευής ή μαλακό παγωτό (soft ice-cream)

Είναι τα παγωτά που προσφέρονται για άμεση κατανάλωση αμέσως μετά την παρασκευή τους από τα ειδικά μηχανήματα αυτόματης ψύξης. Παρασκευάζεται από παστεριωμένο ή βρασμένο γάλα, χυμούς φρούτων ή χυμούς φρούτων με σακχαρούχες γλυκαντικές ύλες. Στο παγωτό αυτό επιτρέπεται ότι και στο παγωτό γάλακτος, αλλά επιτρέπεται επίσης και η προσθήκη σκόνης πλήρους ή αποβουτυρωμένου γάλακτος. Μέσα στο μηχάνημα το μίγμα βρίσκεται σε ρευστή κατάσταση ενώ κατά την έξοδο του η θερμοκρασία του μεταβάλλεται στους -5°Cκαι μετατρέπεται στην στερεή κατάσταση με μαλακή δομή, αφού έχει περάσει από το στάδιο της εναέρωσης (διόγκωση 60-100%) και της κατάψυξης. Σε αυτή την θερμοκρασία έχει ήδη παγώσει το 50% περίπου των συστατικών του ενώ σε θερμοκρασία 3°Cέχει παγώσει το 10% και η δομή του παγωτού είναι ακόμη πιο μαλακή. Η πολύ μαλακή του δομή δεν επιφέρει ιδιαίτερο πρόβλημα όπως σε άλλη περίπτωση αφού το παγωτό προσφέρεται για άμεση κατανάλωση. Η περιεκτικότητα σε λίπος πρέπει να είναι τουλάχιστον 3%, μικρότερη από εκείνη των σκληρών παγωτών, ενώ περιέχει τα λιγότερα ολικά στερεά από οποιοδήποτε άλλο είδος παγωτού (28% - 32%). Επίσης, επιτρέπεται η προσθήκη αρωματικών ουσιών που είναι φυσικά και αβλαβή. Η παρασκευή του μαλακού παγωτού μπορεί να πραγματοποιηθεί με τους εξής τρόπους :

- Από έτοιμο υγρό μίγμα, που έχει ήδη παστεριωθεί και ομογενοποιηθεί, τοποθετώντας το απλά στην μηχανή και αφού τεθεί σε λειτουργία, έχουμε έτοιμο παγωτό από την κάνουλα της μηχανής.
- Από μίγμα σκόνης μαλακού παγωτού. Τα μίγματα αυτά αραιώνονται με νερό ή γάλα, αργότερα το διάλυμα αυτό θα πρέπει να παστεριωθεί και μετά τη παστερίωση ακολουθεί η ψύξη και έπειτα μπορεί να προστεθεί στο δοχείο της αυτόματης μηχανής.

Λόγω της φύσης του και του τρόπου παρασκευής του το μαλακό παγωτό είναι επιρρεπές σε πολλές μικροβιολογικές μολύνσεις. Γι’ αυτό το λόγο οι παρασκευαστές είναι υποχρεωμένοι να τηρούν κάποιους κανόνες υγιεινής, όπως ότι το μίγμα θα πρέπει να παστεριώνεται και στην συνέχεια να ψύχεται σε σταθερή θερμοκρασία 6 ^{o}C.

2.1.2.7. Παγωτό γιαούρτι

Στο παγωτό αυτό δεν χρησιμοποιείται γάλα αλλά γιαούρτι ή ακόμη μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε γάλα που έχει υποστεί ζύμωση από καλλιέργεια, επομένως κατά το τέλος της παραγωγής περιμένουμε το παγωτό να έχει ευχάριστη όξινη γεύση και άρωμα. Το όξινο περιβάλλον (χαμηλό pH) προστατεύει το παγωτό και αυξάνει την διατηρησιμότητα του.

Αρχικά ξεκίνησε σαν ιδιαιτερότητα αλλά πλέον παράγεται μαζικά. Η διαδικασία παρασκευής του παγωτού - γιαούρτι ακολουθεί όλους τους κανόνες και την διαδικασία που απαιτείται για το συνηθισμένο παγωτό, μόνο που κατά την διάρκεια της παστερίωσης προστίθεται γιαούρτι. Η γεύση γιαουρτιού στο παγωτό προσδίδεται με διάφορες εναλλακτικές μεθόδους, με απλή προσθήκη γιαουρτιού ή με προσθήκη γαλακτικού οξέος, αρώματος ή σκόνης γιαουρτιού. Ή για ακόμη μεγαλύτερη ευκολία μπορεί να προμηθευτεί κανείς έτοιμο μίγμα παγωτό - γιαούρτι σε σκόνη από διάφορες εταιρίες πρώτων υλών παγωτού και ζαχαροπλαστικής. Όσον αφορά τον μηχανολογικό εξοπλισμό που απαιτείται για την παραγωγή αυτού του είδους παγωτού δεν διαφοροποιείται καθόλου από τον εξοπλισμό που απαιτείται για την παρασκευή απλού παγωτού. Υπάρχει μία σχετική διαφοροποίηση στην παρασκευή αυτού του παγωτού, όσο αφορά το σκληρό παγωτό γιαούρτι και παγωτό γιαούρτι τύπου soft, διότι το πρώτο παρασκευάζεται στην κατάλληλη μηχανή ή με μια μικρή απόκλιση στην βασική συνταγή και το δεύτερο παρασκευάζεται στην ειδική μηχανή για softπαγωτό.

2.1.2.8. Σκληρό παγωτό

Το σκληρό παγωτό προέρχεται από το μαλακό αφού έχει διατηρηθεί σε καταψύκτη. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι θα πρέπει να επέλθει ταχεία κατάψυξη και σε πολύ γρήγορο ρυθμό για να μην σχηματισθούν παγοκρύσταλλοι μεγάλοι που θα είναι αισθητοί στο στόμα. Για τους παραπάνω λόγους το παγωτό θα πρέπει εισέρχεται σε σήραγγα ταχείας κατάψυξης σε -40 ^{o}Cγια μισή ή και μία ώρα για να παγώσει εξ ολοκλήρου και κατόπιν διατηρείται στους - 25°C για λιγότερο από έξι μήνες.

2.1.2.9. Παγωτό χωρίς λιπαρά και ζάχαρη (0% + 0 %)

Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται τα διαιτητικά παγωτά και τα παγωτά για διαβητικούς, τα οποία έχουν χρησιμοποιηθεί τεχνητές γλυκαντικές ύλες ή μέρος του λίπους τους είναι φυτικό ή δεν περιέχει επαρκές στερεό υπόλειμμα άνευ λίπους

γάλακτος. Τα παγωτά αυτά επονομάστηκαν 0% + 0% για λίπος και σάκχαρα αντίστοιχα.

2.2. Παρασκευή παγωτών

2.2.1. Στάδια παραγωγής

Τα βασικά στάδια μιας ολοκληρωμένης παραγωγικής διαδικασίας παγωτού είναι τα παρακάτω(Stogo, 1998) :

- Ανάμιξη συστατικών του μίγματος
- Παστερίωση
- Ομογενοποίηση
- Ωρίμανση
- Προσθήκη αρωμάτων
- Ψύξη μίγματος
- Συσκευασία – Προσθήκη πρόσθετων συστατικών
- Ταχεία κατάψυξη
- Αποθήκευση

2.2.1.1.Ανάμειξη συστατικών του μίγματος

Αρχικά, ελέγχεται η καταλληλότητα των πρώτων υλών και αν οι προδιαγραφές τους είναι σύμφωνα με την νομοθεσία και στην συνέχεια ξεκινάει η προετοιμασία του μίγματος ανάλογα με τον τύπο του παγωτού που πρόκειται να παρασκευαστεί. Έτσι, ζυγίζονται τα διάφορα υλικά και αναμειγνύονται στη δεξαμενή αναμίξεως ή τον παστεριωτήρα (εφόσον λειτουργεί ασυνεχώς) όπου τοποθετούνται πρώτα τα υγρά συστατικά (γάλα, σιρόπι, κρέμα, νερό κ.α.) τα οποία θερμαίνονται ελαφρά στους 40-45°C. Κατόπιν προστίθενται τα στερεά (σκόνη αυγών, κακάο, ζάχαρη, ζελατίνη, σταθεροποιητής κ.α.) ώστε να επιτευχθεί καλύτερη διάλυση των στερεών.

Ξεκινώντας από το νερό, ακολουθεί η προσθήκη γάλακτος, κρέμας, γλυκόζης και των υπολοίπων συστατικών, σε υγρή μορφή. Η κρέμα γάλακτος η οποία περιέχει μεγάλη αναλογία σε λίπος διαλύεται καλύτερα σε θερμοκρασία 40°C. Στο σημείο αυτό, όμως απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή διότι η θερμοκρασία δεν θα πρέπει να

υπερβαίνει τους 50°C, διότι κάποια συστατικά σε τέτοιες θερμοκρασίες δεν διαλύονται επαρκώς (σβολιάζουν), όπως για παράδειγμα η σκόνη γάλακτος.

Συστατικά των οποίων η ποσότητα τους είναι μικρή όπως οι γαλακτωματοποιητές και οι σταθεροποιητές αναμιγνύονται με την ζάχαρη και προστίθενται ομαλά και βαθμιαία για να διανεμηθούν ομοιόμορφα σε όλη τη μάζα του μίγματος, όταν η θερμοκρασία θα έχει φτάσει γύρω στους 49°C, αφού έχει παρατηρηθεί ότι στην συγκεκριμένη θερμοκρασία επιτυγχάνεται η καλύτερη δυνατή διάλυση .

Απώτερος σκοπός στο πρώτο στάδιο είναι η διάλυση των συστατικών πριν επιτευχθεί η θερμοκρασία παστερίωσης. Οι χρωστικές και οι διάφορες πρόσθετες ουσίες γεύσης και αρώματος εισέρχονται στο μίγμα κατά την ωρίμανση, ειδάλλως τέτοιες ουσίες σε μεγάλες θερμοκρασίες απομακρύνονται από το μίγμα ή αλλοιώνονται.

Το μίγμα πριν την παστερίωση δεν θα πρέπει να παραμείνει σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 7°C για παραπάνω από 1 ώρα λόγω μικροβιολογικού κινδύνου. (Marshall *et al.*, 2003)

2.2.1.2. Ομογενοποίηση

Η ομογενοποίηση του μίγματος μπορεί να γίνει πριν ή και μετά την παστερίωση (συνηθίζεται μετά) σε θερμοκρασία 62 – 76°C και πίεση 1000 έως 3000p.s.i. Παρόλα αυτά από άποψης υγιεινής είναι προτιμότερο η ομοιογενοποίηση να γίνεται πριν από την παστερίωση για την αποφυγή επιμόλυνσης του ομοιογενοποιητή.

Η αποτελεσματική ομογενοποίηση δίνει ακόμα περισσότερο λείο παγωτό. Η πίεση είναι αντιστρόφως ανάλογη με την περιεκτικότητα σε λίπος του μίγματος, όσο μικρότερη περιεκτικότητα σε λίπος τόσο υψηλότερη πίεση απαιτείται. Σκοπός στο στάδιο αυτό είναι ο τεμαχισμός των λιποσφαιρίων σε διάμετρο <2μm, ώστε το λίπος να διαμερίζεται σε όλη την μάζα του μίγματος και να μην ανέρχεται στην επιφάνεια.

Με τη μείωση του μεγέθους των λιποσφαιρίων αυξάνεται η επιφάνεια των λιποσφαιρίων στο εξαπλάσιο της αρχικής. Με την μέθοδο αυτή γίνεται καλύτερη μίξη των συστατικών και παράλληλα πραγματοποιείται ενσωμάτωση αέρα, αυξάνεται η διογκωτική ικανότητα του μίγματος και συντόμευση του χρόνου ωρίμανσης αλλά

και χρησιμοποιούνται μικρότερες ποσοτήτων σταθεροποιητών. Τέλος, υπάρχει η τάση των κολλοειδών ουσιών να συγκεντρώνονται στην επιφάνεια των λιποσφαιρίων με αποτέλεσμα να συγκρατείται καλύτερα η υγρή φάση του μίγματος και να αυξάνεται το ιξώδες. Κατά το στάδιο της ομογενοποίησης οι πιθανότητες επιμόλυνσης του μίγματος είναι αυξημένες, για τον λόγο αυτό λοιπόν η ομογενοποίηση θα ήταν προτιμότερο να πραγματοποιείται πριν την παστερίωση.

Τα πλεονεκτήματα αυτού του σταδίου είναι :

- Το μίγμα δεν παρουσιάζει την τάση βουτυροποίησης στον καταψύκτη κατά την απόδαρση του για εναέρωση, λόγω των μικρών λιποσφαιρίων, τα οποία δύσκολα συσσωματώνονται κατά την απόδαρση.
- Η υφή του παγωτού γίνεται περισσότερο μαλακή και κρεμώδης λόγω της καλύτερης κατανομής των λιποσφαιρίων μέσα στην μάζα του μίγματος.
- Το παγωτό γενικά γίνεται περισσότερο ομοιόμορφο λόγω της καλύτερης κατανομής των συστατικών.
- Δεν πραγματοποιείται ο διαχωρισμός του λίπους και έτσι δεν εμφανίζεται η κρέμα στην επιφάνεια του γάλακτος.
- Βελτιώνεται το ιξώδες διότι οι κολλοειδείς ουσίες συγκρατούν περισσότερο υγρή φάση και κατά συνέπεια χρησιμοποιείται λιγότερος σταθεροποιητής.
- Εφόσον έχει βελτιωθεί το ιξώδες συντομεύεται και η ωρίμανση του μίγματος.

Παρόλα τα παραπάνω τα λιποσφαίρια τείνουν να συσσωματώνονται μετά την ομογενοποίηση γι’ αυτό απαιτείται και δεύτερη βαλβίδα ομογενοποίησης με μικρή πίεση περίπου 500 p.s.i. για να διασπαστεί η συσσωμάτωση τους.

Η συσσωμάτωση αυτή μπορεί να εμφανιστεί όταν αυτή η δεύτερη βαλβίδα δεν λειτουργεί καλά ή όταν το μίγμα είναι ξινό ή η θερμοκρασία ομογενοποίησης είναι χαμηλή (Clarke, 2004).

2.2.1.3. Παστερίωση

Σχεδόν αμέσως, ακολουθεί η παστερίωση η οποία είναι μια διεργασία θέρμανσης του μίγματος όπου επιβάλλεται από το νόμο και που έχει σκοπό την μείωση της μικροχλωρίδας και εξάλειψη των παθογόνων μικροοργανισμών.

Επίσης, η παστερίωση καθιστά το μίγμα περισσότερο ομοιόμορφο αφού βοηθάει στην διάλυση και την ανάμιξη των συστατικών του μίγματος. Έτσι, όσο υψηλότερες θερμοκρασίες τόσο περισσότερο λείο παγωτό. Επιπρόσθετα, συντελεί στην καλύτερη διατήρηση του μίγματος αλλά και στην βελτίωση της γεύσης και της οσμής.

Υπάρχουν δύο βασικοί τρόποι παστερίωσης παγωτού:

- 80 ^{o}Cγια 25 secμε άμεση ψύξη μέχρι τους 40 ^{o}C.
- 65 ^{o}C με παραμονή για 30 - 45 λεπτά και ψύξη μέχρι τους 4 ^{o}C.

Επίσης, για την παστερίωση βάσης με φρέσκα φρούτα δεν πρέπει να υπερβαίνουμε τους 65 ^{o}C (Marshall *et al*., 2003).

Η παστερίωση του μίγματος θα πρέπει να πραγματοποιείται σε μεγαλύτερη θερμοκρασία και για μεγαλύτερο χρόνο από την απλή παστερίωση του γάλακτος, για τον λόγο ότι το μίγμα έχει αυξημένο στερεό υπόλειμμα το οποίο θα μπορούσε να παρουσιάζει αρχική αυξημένη μικροχλωρίδα.

Η παστερίωση του μίγματος παγωτού μπορεί να είναι με την ασυνεχή μέθοδο όπου απαιτείται θερμοκρασία 61 - 70°Cγια 30' και επομένως το μίγμα απαλλάσσεται από όλους τους παθογόνους μικροοργανισμούς. Κατά την συνεχή μέθοδο θα πρέπει να έχουμε θερμοκρασία 80°C για 25'. Κατά την ταχεία παστερίωση η επεξεργασία του μίγματος ποικίλλει πάρα πολύ και σε κάποιες περιπτώσεις το θερμό μίγμα ομογενοποιείται προτού επιτευχθεί η παστερίωση (Clarke, 2004).

Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δοθεί στο στάδιο της παστερίωσης διότι παραμονή του μίγματος παραπάνω χρόνο από τον προβλεπόμενο σε αυτές τις θερμοκρασίες ή σε μεγαλύτερες μπορεί να δώσει την γεύση καμένου γάλακτος στο μίγμα (Marshall *et al*, 2003).

2.2.1.4. Ωρίμανση

Αμέσως μετά το μίγμα θα πρέπει να ψυχθεί στους 5°Cμε την βοήθεια ψυκτήρων-εναλλακτών θερμότητας και στην συνέχεια θα μεταβιβαστεί σε δεξαμενές αυτοδύναμης ψύξης όπου θα ξεκινήσει η διαδικασία της ωρίμανσης του μίγματος και θα παραμείνει σε θερμοκρασία 4 – 6°C για 6 με 24 ώρες. Διαφορετικά το μίγμα θα αποκτήσει μεγάλο ιξώδες και επιπλέον η χαμηλή θερμοκρασία αναστέλλει την

ανάπτυξη βακτηρίων που ενδεχομένως να έχουν επιζήσει από την παστερίωση με αποτέλεσμα ένα προϊόν μεγάλου μικροβιακού φορτίου.

Εφόσον όμως έχει πραγματοποιηθεί καλή ομογενοποίηση και έχοντας στην κατοχή μας τους τελειότερους μηχανισμούς απόδαρσης με παράλληλη χρήση σταθεροποιητών ο χρόνος μπορεί να περιοριστεί σε 3 - 4 ώρες.

Στο στάδιο αυτό αναμένεται η δομή και η υφή του γάλακτος να γίνει περισσότερο λεία, αφού στο στάδιο αυτό οι πρωτεΐνες ενυδατώνονται πλήρως και διογκώνονται τα διάφορα υδροκολλοειδή, προκαλώντας έτσι τη κρυστάλλωση του λίπους.

Το παγωτό αποκτά την ικανότητα να ανθίσταται στο λιώσιμο, επιπλέον αυξάνεται η ποιότητα του παγωτού διότι βελτιώνεται η ικανότητα απόδαρσης του μίγματος δηλαδή η ικανότητα εναέρωσης. Κατά την εναέρωση προσδίδεται η κατάλληλη υφή και δομή του παγωτού. Υπερβολικός βαθμός εναέρωσης έχει ως αποτέλεσμα ένα αφράτο και άγευστο παγωτό ενώ η ανεπαρκής εναέρωση το κάνει υδαρές και βαρύ. Ένα παγωτό με μικρή περιεκτικότητα σε στερεά συστατικά έχει λιγότερες πιθανότητες για μία ικανοποιητική εναέρωση σε σχέση με ένα παγωτό πλούσιο σε στερεά συστατικά. Σαν γενικός κανόνας ισχύει ότι η εναέρωση μπορεί να είναι δύο με τρεις φορές μεγαλύτερη του ποσοστού των στερεών συστατικών.

Βασικές Προϋποθέσεις εναέρωσης :

- Νομικές απαιτήσεις αγορανομίας , εφόσον υπάρχουν.
- Η περιεκτικότητα του μίγματος σε στερεό υπόλειμμα
- Τα παγωτά με φρούτα ή ξηρούς καρπούς χρειάζονται λιγότερη εναέρωση.

Κατά το στάδιο της ωρίμανσης αν για κάποιο λόγο η λειτουργία του ψυκτικού συστήματος σταματήσει τότε το προϊόν θα πρέπει να απορριφθεί, διότι μπορεί μεν μια νέα παστερίωση να εξουδετερώσει τους παθογόνους μικροοργανισμούς αλλά δεν είναι σε θέση να κάνει το ίδιο και με τις τοξίνες τους (Clarke, 2004).

2.2.1.5. Προσθήκη γεύσεων, χρωστικών, αρωματικών

Αμέσως μετά το στάδιο της ωρίμανσης είναι η πιο κατάλληλη στιγμή για την προσθήκη χρωμάτων, γευστικών και αρωματικών ουσιών (Clarke, 2004).

2.2.1.6. Ψύξη μίγματος

Μετά την ωρίμανση, ακολουθεί η κατάψυξη. Το μίγμα διαβιβάζεται σε ειδικούς καταψύκτες, στους οποίους εισέρχεται αέρας και εξέρχεται σε θερμοκρασία -5°C. Τελικά το μίγμα διογκώνεται από 50% έως 120% λόγω της έντονης ανάδευσης που σκοπό έχει την καλύτερη ενσωμάτωση αέρα.

Στο στάδιο αυτό το παγωτό αποκτά την αφρώδη σύσταση του. Η κρισιμότητα στο στάδιο αυτό είναι ιδιαίτερα μεγάλη από άποψης υγιεινής, αφού ενδεχομένως να συμβεί αερογενής μόλυνση του μίγματος. Για τον παραπάνω λόγο τα μηχανήματα κατάψυξης θα πρέπει να διαθέτουν σύστημα διηθήσεως του αέρα και κατακρατήσεως των μικροβίων. Στο σημείο αυτό η θερμοκρασία του μίγματος θα πρέπει να κυμαίνεται από -4°C έως - 6°C και το νερό θα πρέπει να έχει κρυσταλλωθεί στο 50% (Clarke, 2004).

2.2.1.7. Συσκευασία – προσθήκη πρόσθετων συστατικών

Στο τελικό στάδιο όπου πραγματοποιείται η συσκευασία του παγωτού είτε σε ατομικές συσκευασίες είτε σε μεγαλύτερες - οικογενειακές σε μια ποικιλία χρωμάτων και μεγεθών, είναι δυνατή και η πρόσθεση ξηρών καρπών, φρούτων και άλλων διαφόρων συστατικών ή ακόμη επικάλυψη με σοκολάτα (Clarke, 2004).

2.2.1.8. Ταχεία κατάψυξη

Μετά την συσκευασία το παγωτό μεταφέρεται σε ψυγεία τούνελ σε -40°C με απώτερο σκοπό η θερμοκρασία στο εσωτερικό του παγωτού να φτάσει στους -20°C με -26°C. Η ταχεία κατάψυξη ευνοεί το σχηματισμό μικρών παγοκρυστάλλων και κρυστάλλων λακτόζης. Πολύ σημαντικός είναι επίσης ο ρυθμός σκλήρυνσης, λόγω του ότι διακύμανση της θερμοκρασίας θα μπορούσε να προκαλέσει μερική τήξη και στην συνέχεια τον σχηματισμό μεγάλων παγοκρυστάλλων (Clarke, 2004).

2.2.1.9. Αποθήκευση

Στην συνέχεια ακολουθεί το τελικό στάδιο της αποθήκευσης - συντήρησης πριν από διάθεση για κατανάλωση, όπου το παγωτό θα συντηρηθεί στους -20°Cέως -25°C. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να σημειωθεί ότι κατά την αποθήκευση του παγωτού η διακύμανση της θερμοκρασίας δεν θα πρέπει να είναι παραπάνω από 4%. Ενώ όταν πρόκειται η συντήρηση να ξεπεράσει τους 3 - 4 μήνες οι καταψύκτες θα πρέπει να έχουν τουλάχιστον -25°C (Clarke, 2004).

2.2.2. Κύρια συστατικά των παγωτών

Τα μίγματα παγωμένων γαλακτοκομικών γλυκισμάτων γενικά περιέχουν επτά κατηγορίες συστατικών: λίπος (γαλακτοκομικό ή φυτικό), στερεά γάλακτος (χωρίς λιπαρά) (η κύρια πηγή πρωτεΐνης), γλυκαντικές ουσίες, σταθεροποιητές, γαλακτωματοποιητές, το νερό και αρώματα. Μόλις αναμιχθούν και καταψυχθούν, ο αέρας γίνεται άλλο ένα σημαντικό συστατικό.

Τα συστατικά του παγωτού χωρίζονται σε γαλακτοκομικά και σε μη γαλακτοκομικά. Στα γαλακτοκομικά περιλαμβάνονται τα βασικά συστατικά του παγωτού, όπως το λίπος και τα στερεά γάλακτος χωρίς λίπος, τα οποία παίζουν και το σημαντικότερο ρόλο για την παρασκευή ενός απλού παγωτού, διότι δίνουν όγκο ή μάζα στο μίγμα. Τα μη γαλακτοκομικά περιλαμβάνουν διάφορες γλυκαντικές ουσίες, σταθεροποιητές, γαλακτωματοποιητές, γευστικές και αρωματικές ουσίες, κάποια ειδικά προϊόντα, φρούτα, ξηρούς καρπούς, κακάο, σοκολάτα και νερό.

Η ποσότητα κάθε συστατικού του μίγματος θα πρέπει να υπολογίζεται με ακρίβεια έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η κατάλληλη σύνθεση και το ισοζύγιο λίπους, στερεών, ζαχάρου και σταθεροποιητή. Σε κάθε τυποποίηση δεν θα πρέπει ο σταθεροποιητής να ξεπερνά το 0,5% κατά βάρος και ο γαλακτωματοποιητής το 0,2%, επίσης λιγότερο από 10% κατά βάρος λίπος γάλακτος και όχι λιγότερο από 20% σε ολικά στερεά γάλακτος.

Επίσης ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δοθεί όταν χρησιμοποιούμε παντεσπάνι, κέικ, κακάο, σοκολάτα, ξηρούς καρπούς, φρούτα και σιρόπια διότι στην περίπτωση αυτή θα πρέπει να μειωθεί το λίπος, τόσο ώστε συνολικά να μην ξεπερνά το 8 % και τα ολικά στερεά γάλακτος λιγότερα από 16 %. Σε καμιά περίπτωση η πυκνότητα του παγωτού δεν θα πρέπει να είναι μικρότερη από 540 kg/ m^3 ή να περιέχει λιγότερο από 193 kgολικά στερεά ανά m^3. (Clarke, 2004)

2.2.2.1.Σταθεροποιητές

Οι σταθεροποιητές είναι μια ομάδα συστατικών (συνήθως πολυσακχαρίτες όπως κόμμι χαρουπιών, καρβοξυμεθυλοκυτταρίνη, και ξανθάνη) που παράγουν ομαλότητα στη δομή και την υφή, επιβραδύνουν ή μειώνουν το πάγωμα και την κρυστάλλωση της λακτόζης κατά την αποθήκευση (ή συγκαλύπτουν το φαινόμενο της κρυσταλλικής ανάπτυξης), παρέχουν ομοιομορφία στο προϊόν και αντίσταση

στην τήξη. Η λειτουργία τους οφείλεται κατά κύριο λόγο μέσω της αλληλεπίδρασής τους με το νερό.

Η ζελατίνη, το άγαρ-άγαρ, εκχυλίσματα φυτών, κόμμεα σπερμάτων, το αλγινικό νάτριο, εκχυλίσματα θαλάσσιων φυτών, παράγωγα κυτταρίνης και το σαλέπι σε ποσοστό 1%, είναι μερικές από τις ουσίες που χρησιμοποιούνται ως σταθεροποιητές, οι οποίες συμβάλλουν στην σταθεροποίηση του παγωτού αλλά και για την προσρόφηση νερού από αυτό, κατανέμοντας τα κολλοειδή διαλύματα και άλλες ουσίες της υδατικής φάσης. Για να δράσει ένας σταθεροποιητής θα πρέπει πρώτα να έχει προηγηθεί η σωστή διεξαγωγή του σταδίου της ωρίμανσης. Η μέγιστη ποσότητα του σταθεροποιητή εξαρτάται από το είδος του σταθεροποιητή, αλλά σε καμία περίπτωση δεν θα πρέπει να ξεπερνά το 0,15 – 0,5% (Dickinson, 1992).

Η ιδιότητα των σταθεροποιητών είναι να ακινητοποιούν το νερό και έτσι επιφέρουν τα ακόλουθα επιθυμητά χαρακτηριστικά στο παγωτό (Clarke, 2004):

- Αυξάνουν το ιξώδες του μίγματος
- Βελτιώνουν τη δομή και την υφή
- Βελτιώνουν την ενσωμάτωση αέρα
- Δεν επιτρέπουν την εμφάνιση μεγάλων παγοκρυστάλλων
- Σταθεροποιούν τις πρωτεΐνες αντιδρώντας μαζί τους
- Βελτιώνουν τις ιδιότητες του παγωτού κατά το λιώσιμο
- Διατηρούν την δομή του παγωτού αφού προλαμβάνουν την απώλεια του όγκου.

Για την επιλογή ενός σταθεροποιητή θα πρέπει να επιδιώκονται οι εξής ιδιότητες για τον σταθεροποιητή:

- Να είναι ουδέτερος στην γεύση.
- Να παρουσιάζει θερμοανθεκτικότητα.
- Να μην προσδίδει υπερβολικό ιξώδες.
- Να δίνει καλή εναέρωση.
- Να διαμερίζεται εύκολα στην υγρή φάση χωρίς σβόλιασμα.

2.2.2.2. Γαλακτωματοποιητές

Οι γαλακτωματοποιητές είναι ουσίες με ένα υδρόφιλο και ένα λιπόφιλο πόλο και η προσθήκη τους σε τρόφιμα συντελούν αποτέλεσμα το μη διαχωρισμό της υδάτινης φάσης από την λιπαρή. Είναι ευρέως διαδεδομένοι στην βιομηχανία επεξεργασίας του γάλακτος. Διάφοροι γαλακτωματοποιητές είναι τα μονο- και διγλυκερίδια όπου ανήκουν στους φυσικούς γαλακτωματοποιητές, κάποια άλατα λιπαρών οξέων, εστέρες ζαχάρων και λιπαροί εστέρες της σορβιτάνης (Dickinson, 1992).

Οι γαλακτωματοποιητές χρησιμοποιούνται σε μικρές ποσότητες που δεν θα πρέπει να ξεπερνούν την ποσότητα του 0.2%, αλλά η συνεισφορά τους σε ένα προϊόν είναι ιδιαίτερα μεγάλη (Clarke, 2004):

- Εμποδίζεται η εμφάνιση μεγάλων παγοκρυστάλλων στο παγωτό
- Βελτιώνεται η διασπορά και η καλή κατανομή των λιποσφαιρίων μέσα στο μίγμα και η υφή του παγωτού βελτιώνεται
- Παρέχεται ομοιογένεια στην μάζα του προϊόντος δίνοντας λεία υφή στο παγωτό
- Συγκρατούν το νερό
- Διευκολύνουν τις αντιδράσεις λίπους - πρωτεΐνης
- Βελτιώνουν τις ιδιότητες του παγωτού κατά το λιώσιμο του
- Διατηρούν τη δομή του παγωτού, αφού αντιστέκονται στην απώλεια όγκου του παγωτού
- Το παγωτό δείχνει στεγνό και δεν κολλά στα τοιχώματα κατά την έξοδο του από τον καταταψύκτη
- Συντελούν στη συσσωμάτωση των λιποσφαιρίων και διευκολύνουν την ενσωμάτωση αέρα

Για το λόγο ότι με την προσθήκη κάποιων γαλακτωματοποιητών ενδέχεται η εμφάνιση μεγάλης διόγκωσης, θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή, ιδιαίτερα κατά την προσθήκη πηκτίνης και ζελατίνης.

Άλλοι από τους επιτρεπόμενους γαλακτωματοποιητές - σταθεροποιητές είναι η λεκιθίνη (Ε322), το αλγινικό νάτριο (Ε401), το αλγινικό οξύ (Ε400), το αλγινικό κάλιο (Ε402), το άγαρ- άγαρ (Ε406) και οι καραγενάνες (Ε407).

2.2.2.3. Στερεά γάλακτος

Τα στερεό υπόλειμμα όπως οι πρωτεΐνες λακτόζη, η καζεΐνη και ορό γάλακτος, μεταλλικά στοιχεία (τέφρα), βιταμίνες, και άλλα δευτερεύοντα συστατικά από το γάλα. Οι Πρωτεΐνες συμβάλλουν σε μεγάλο βαθμό στην ανάπτυξη της δομής στο παγωτό, ταυτόχρονα στην γαλακτωματοποίηση, την σωστή ανάμειξη και στην ικανότητα συγκράτησης νερού. Οι γαλακτωματοποιητικές ιδιότητες των πρωτεϊνών στο μίγμα προκύπτουν από την προσρόφηση τους στα σφαιρίδια λίπους κατά τη στιγμή της ομογενοποίησης. Οι ιδιότητες των πρωτεϊνών στην ανάμειξη του μίγματος παγωτού συμβάλλουν στο σχηματισμό φυσαλίδων αέρα στο μίγμα. Η ικανότητα συγκράτησης του νερού των πρωτεϊνών οδηγεί σε αυξημένο ιξώδες στο μίγμα, το οποίο προσδίδει μια ενισχυμένη δομή στο παγωτό και αυξάνει το χρόνο «λιωσίματος» του παγωτού, και συμβάλλει στη μείωση δημιουργίας κρυστάλλων.

Το στερεό υπόλειμμα άνευ λίπους (ΣΥΑΛ) του γάλακτος αποτελείται από 38% πρωτεΐνες, από 54%λακτόζη και 8% άλατα και αποτελεί την κύρια ουσία σταθεροποίησης και γαλακτωματοποίησης στο μίγμα του παγωτού. Από τις πρωτεΐνες το 80% είναι η καζεΐνη και το υπόλοιπο είναι η αλβουμίνη και η γλοβουλίνη.

Γενικά, η παρουσία των πρωτεϊνών στο μίγμα είναι ευεργετική διότι:

- Δίνουν στερεή δομή, αυξάνουν το ιξώδες και κατά συνέπεια βοηθούν στην εναέρωση
- Η δράση τους μοιάζει με εκείνη του σταθεροποιητή, γεγονός που βοηθάει επίσης στην εναέρωση
- Παρομοίως, δρουν σαν γαλακτωματοποιητές και έτσι δίνουν στο παγωτό ικανότητα εξώθησης από τον καταψύκτη χωρίς να κολλά στα τοιχώματα, μπορεί με την παρουσία των ΣΥΑΛ να μειώνεται η ποσότητα των γαλακτωματοποιητών αλλά δεν μπορούν να υποκαταστήσουν πλήρως τις ιδιότητές τους
- Έχουν υψηλή διατροφική αξία

- Προσδίδουν στο παγωτό κρεμώδη υφή διότι σταθεροποιούν το λίπος κατά την προσρόφηση πρωτεϊνών στην επιφάνεια των λιποσφαιρίων μετά την ομογενοποίηση του μίγματος παγωτού

Η λακτόζη είναι 6 φορές λιγότερο γλυκιά από την ζάχαρη και είναι λιγότερο υδατοδιαλυτή. Γι' αυτό θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην υπερβολική της χρήση, διότι εμφανίζονται μεγάλοι παγοκρύσταλλοι που είναι αισθητοί στο στόμα. Συμβάλλει όμως, στην γλυκύτητα του γάλακτος και στην μείωση του σημείου πήξεως.

Η πιο σύνηθες ποσότητα ΣΥΑΛ είναι 10,5 - 11% για το σκληρό παγωτό και για το μαλακό 12% . Η άριστη ποσότητα πρωτεΐνης υπολογίζεται από 3,6 - 4,2% που αντιστοιχεί σε ΣΥΑΛ 9,5-11%. Τα άλατα έχουν ελαφρά υφάλμυρη γεύση και υπάρχουν σε ικανοποιητική ποσότητα στο ΣΥΑΛ ώστε να βελτιώσουν την γεύση του παγωτού.

2.2.2.4. Λίπος

Το λίπος του γάλακτος είναι πλούσιο σε γλυκερίδια των λιπαρών οξέων. Τα περισσότερα από αυτά έχουν σημείο τήξεως από -20°C μέχρι 40°C, γεγονός που επηρεάζει δυσμενώς το λιώσιμο του παγωτού, αλλά αυτό μπορεί να ρυθμιστεί από τους σταθεροποιητές και τους γαλακτωματοποιητές και από τον τρόπο της κατάψυξης. Σε γενικές γραμμές προτιμώνται υδρογονωμένα λίπη που να έχουν σημείο τήξης <37^{0}Cκαι να μην δίνουν λιπώδη γεύση στο στόμα (Ohmes *etal*., 1998).

Το λίπος κατά την εναέρωση κατανέμεται με τρόπο τέτοιο που καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος της επιφάνειας των φυσαλίδων και ταυτοχρόνως δημιουργεί συσσωματώματα υπό μορφή αλυσίδων που συνδέουν τις φυσαλίδες μεταξύ τους. Στην επιφάνεια των λιποσφαιρίων προσκολλώνται καζεϊνικά μικκύλια και πρωτεΐνες ορού, όταν πρόκειται για λίπος φυτικής προέλευσης. Ακόμη, μπορούν να παρατηρηθούν μικρότερα ενεργά μόρια επιφάνειας όπως για παράδειγμα τα μονο- και διγλυκερίδια και άλλοι γαλακτωματοποιητές. Κάποια μόρια σταθεροποιητών προσκολλάνε άμεσα ή σε σύμπλοκα με πρωτεΐνες πάνω στην επιφάνεια των λιποσφαιρίων. Τα υπόλοιπα συστατικά διανέμονται στην υδατική φάση, κατανεμημένα στο πλάσμα (Clarke, 2004).

Παρακάτω, δίνονται οι ιδιότητες των λιποσφαιρίων συγκεντρωτικά:

- Τα λιποσφαίρια αυξάνουν το ιξώδες αφού σχηματίζουν ένα χαλαρό πλέγμα συσσωματωμάτων και συμβάλλουν στη σταθερότητα της δομής και του σχήματος του παγωτού.
- Τα λιποσφαίρια σταθεροποιούν τις φυσαλίδες αέρα διότι καλύπτουν την επιφάνεια τους, γι' αυτό το λόγο είναι επιθυμητή η αύξηση της επιφάνειας τους που επιτυγχάνεται από την ομογενοποίηση, γιατί όσο περισσότερα λιποσφαίρια περιέχονται στο μίγμα, τόσο περισσότερες φυσαλίδες θα δεσμευτούν και έτσι θα έχουμε καλύτερη εναέρωση.
- Τα λιποσφαίρια δίνουν πλούσια γεύση. Επίσης, γίνεται καλύτερη η υφή και η εμφάνιση του παγωτού. Το λίπος όμως μας δίνει παραπάνω θερμίδες και αυξάνει το κόστος.
- Μειώνουν την ποσότητα του σταθεροποιητή αφού προσδίδουν στο παγωτό περισσότερο στερεή κατάσταση και έτσι το παγωτό είναι ευχάριστο στην αίσθηση και την όψη, έχοντας κρεμώδη υφή.
- Τα λιποσφαίρια δεν επηρεάζουν το σημείο πήξεως του μίγματος και αυξάνουν το ιξώδες.
- Τα λιποσφαίρια συγκρατούν τις φυσαλίδες αέρος και έχουμε καλύτερη εναέρωση του μίγματος.

Το λίπος μέσα στο παγωτό προέρχεται κυρίως από το γάλα, αλλά επειδή η ποσότητα αυτή δεν επαρκεί, γι' αυτό το λόγο προστίθεται η κρέμα γάλακτος διότι διαλύεται σχετικά εύκολα μέσα στο μίγμα και προσδίδει πλούσια και κρεμώδη γεύση. Κρέμα η οποία πρόκειται να διατηρηθεί παστεριώνεται στους 80°C για 15 λεπτά και στην συνέχεια ψύχεται ή καταψύχεται στους -20°C για 6 μήνες. κατά την αποθήκευση της θα πρέπει να αποφεύγεται η επαφή της με σίδηρο ή χαλκό για αποφυγή οξειδώσεων του λίπους, για αυτό και προτιμάται να η κρέμα να είναι χαμηλής οξύτητας.

Επίσης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί βούτυρο αντί κρέμα με την προϋπόθεση ότι είναι φρέσκο και ανάλατο. Η λιποπεριεκτικότητα του είναι περίπου 82% και μπορεί να διατηρηθεί στους - 18°C για 6 μήνες. Το λιωμένο βούτυρο θεωρείται 100% λίπος και διατηρείται καλύτερα διότι δεν περιέχει ουσίες τις οποίες προσβάλλουν εύκολα οι μικροοργανισμοί (Ohmes*etal*, 1998).

2.2.2.5. Σάκχαρα – Γλυκαντικά

Τα γλυκαντικά εκτός από την παροχή γλυκύτητας, βελτιώνουν την υφή και ταυτόχρονα ενισχύουν την γεύση που χρησιμοποιείται στο παγωτό. Έχουν την ικανότητά να μειώνουν το σημείο πήξης του διαλύματος προσδίδοντας ένα μέτρο ελέγχου επί της σχέσεως θερμοκρασίας - σκληρότητας. Οι γλυκαντικές ουσίες (συμπεριλαμβανομένης της λακτόζης από τα στερεά γάλακτος) πρέπει να είναι ισορροπημένες για να επιτευχθεί η σωστή περιεκτικότητα σε στερεά, το κατάλληλο επίπεδο γλυκύτητας, και ένας ικανοποιητικός βαθμός σκληρότητας (Marshall *et al*, 2003).

Τα σάκχαρα παρέχουν γλυκύτητα στο παγωτό, γεγονός που επιτρέπει να ξεπεραστεί η γεύση της λιπαρότητας. Επίσης, αυξάνουν την ωσμωτική πίεση και έτσι μειώνουν το σημείο πήξεως του μίγματος κατά την κατάψυξη, κάνοντας το παγωτό πιο σκληρό (Quinzio 2009).

Οι ιδιότητες του παγωτού που βελτιώνονται με την αυξημένη παρουσία σακχάρου είναι οι παρακάτω (Clarke, 2004):

- Το παγωτό εξωθείται πιο εύκολα αφού παγώνει μικρότερο ποσοστό της υδατικής φάσης.
- Έτσι, σε ορισμένη θερμοκρασία το ποσοστό της παγωμένης υδατικής φάσης είναι μικρότερο και έτσι η τήξη του θα είναι πιο εύκολη.
- Με την παρουσία σακχάρων θα πρέπει να μειωθεί η θερμοκρασία για να παγώσει όλη η υδατική φάση και έτσι προσδίδεται μεγαλύτερη αίσθηση δροσερότητας.
- Αυξάνονται οι θερμίδες στο παγωτό, γεγονός όχι και τόσο επιθυμητό από τους καταναλωτές.
- Με την προσθήκη σακχάρων αυξάνονται τα ολικά στερεά του μίγματος και έτσι αυξάνεται το ιξώδες γεγονός που βελτιώνει τη δομή του παγωτού.
- Με την προσθήκη σακχάρων μειώνεται το ποσοστό της παγωμένης υδατικής φάσης κι έτσι έχει μεγαλύτερη αντοχή στην απόδαρση δηλαδή στην αποκορύφωση του λίπους.
- Το παγωτό γίνεται κολλώδες και είναι πιο επιρρεπές σε κρυστάλλωση της λακτόζης και τη δημιουργία αμμώδους υφής.

- Μειώνεται το σημείο πήξεως και έτσι χρειάζεται περισσότερη ενέργεια για κατάψυξη.

Οι υδατάνθρακες θα πρέπει να αποτελούν το 20% του παγωτού. Η άριστη ποσότητα της σακχαρόζης για να εμφανιστούν τα πλεονεκτήματα και να αποφεύγουμε τα μειονεκτήματα είναι 14 - 16% (Clarke, 2004).

Το πιο κοινό γλυκαντικό είναι η ζάχαρη, αλλά ευρέως χρησιμοποιείται και το σιρόπι γλυκόζης αραβοσίτου μέχρι και το 50% του γλυκαντικού. Η γλυκόζη περιορίζει την κρυστάλλωση λακτόζης. Η αποφυγή όμως της κρυστάλλωσης της λακτόζης ρυθμίζεται και από τις περιεκτικότητες σε λίπος και σε ΣΥΑΛ (Patino & Dickinson, 1999).

Τα χρησιμοποιούμενα βασικά σάκχαρα είναι οι μονοσακχαρίτες γλυκόζη, φρουκτόζη και οι δισακχαρίτες λακτόζη, σακχαρόζη και μαλτόζη. Επίσης, χρησιμοποιούνται σιρόπια γλυκόζης, υδρογονωμένα παράγωγα λακτόζης όπως λακτιτόλη και λακτουλόζη, τα οποία πλεονεκτούν στη χρήση από τους διαβητικούς. Τα υδρογονωμένα σιρόπια γλυκόζης παρουσιάζουν σταθερότητα και δεν προκαλούν αντιδράσεις αμαύρωσης ή Maillard. Τέλος, μπορούν να παρασκευαστούν παγωτά με γλυκαντικές ύλες που δεν είναι υδατάνθρακες όπως η σακχαρίνη και η ασπαρτάμη που χρησιμοποιούνται ευρέως από διαβητικούς αλλά και από παχύσαρκους (Marshall *et al.*, 2003).

2.2.2.6. Αέρας

Ο αέρας μπορεί να μην θεωρείται ουσιώδες συστατικό, ωστόσο αποτελεί το σημαντικότερο συστατικό του. Χωρίς τον ενσωματωμένο αέρα το παγωτό θα είχε την μορφή συμπαγούς μάζας παγωμένου γάλακτος αναμιγμένο με άλλα συστατικά χωρίς κρεμώδη υφή και χωρίς να προσδίδει την ευχάριστη υφή στο στόμα. Η ποσότητα της εναέρωσης και του τρόπου ενσωματώσεως του αέρα και της διανομής των φυσαλίδων εξαρτώνται από την παρουσία και την αναλογία των υπολοίπων συστατικών (Stogo, 1998).

2.2.3. Συστατικά παγωτού χαμηλής θερμιδικής αξίας

2.2.3.1. Καζεινικό νάτριο

Οι καζεΐνες είναι οι κύριες πρωτεΐνες του γάλακτος αποτελώντας το 80% του συνόλου των πρωτεϊνών του και με βάση τη διάταξη των αμινοξέων στο μόριο τους διακρίνονται σε α_{s1}-, α_{s2}-, β- και κ-καζεΐνη. Οι ουσίες αυτές είναι αδιάλυτες στο νερό και λαμβάνονται από το αποκορυφωμένο γάλα με καθίζηση είτε με προσθήκη οξέος, είτε με οξίνιση (μείωση του pH) του γάλακτος με μικροβιακή δράση, είτε με πυτία, είτε με τη χρήση άλλων ενζύμων που προκαλούν πήξη του γάλακτος. Τα καζεϊνικά άλατα είναι ενώσεις των καζεϊνών με νάτριο ή ασβέστιο και παράγονται με την επίδραση ελαφρών διαλυμάτων καυστικού νατρίου ή υδροξειδίου του ασβεστίου αντίστοιχα. Πλεονέκτημα των καζεϊνικών αλάτων είναι η μεγαλύτερη διαλυτότητά τους (Μάντης, 2005). Σύμφωνα με τον Κώδικα Τροφίμων και Ποτών τα "Βρώσιμα καζεϊνικά άλατα" πρέπει να ανταποκρίνονται στις παρακάτω προδιαγραφές:

<u>Ουσιώδεις παράγοντες της σύνθεσης</u>

- Ανώτατη περιεκτικότητα σε υγρασία - 8% m/m
- Κατώτατη περιεκτικότητα σε πρωτεϊνική καζεΐνη γάλακτος υπολογιζόμενη επί ξηρού υπολείμματος - 88% m/m
- Ανώτατη περιεκτικότητα σε λιπαρές ουσίες γάλακτος υπολογιζόμενη επί ξηρού υπολείμματος - 2% m/m
- Ανώτατη περιεκτικότητα σε άνυδρη λακτόζη - 1% m/m
- pH - 6-8
- Ανώτατη περιεκτικότητα σε ίζημα (καμένα σωματίδια) - 22,5mg σε 25g

<u>Χαρακτηριστικά</u>

- Οσμή: πολύ ελαφρά αρώματα και ξένες οσμές
- Μορφή: χρώμα μεταξύ του λευκού και λευκού κρεμ. Το προϊόν δεν πρέπει να περιέχει συσσωματώματα που ανθίστανται σε πίεση.
- Διαλυτότητα: σχεδόν τελείως διαλυτά στο απεσταγμένο νερό εκτός από το καζεϊνικό άλας του ασβεστίου.

Τα καζεϊνικά άλατα έχουν εξαιρετικές ιδιότητες γαλακτωματοποίησης και σταθεροποίησης του γαλακτώματος. Ένα από τα πιο πολυχρησιμοποιημένα καζεϊνικό

άλας στην επεξεργασία των τροφίμων είναι το καζεϊνικό νάτριο χάρη στην πολύ καλή του διαλυτότητα, την επιφανειακή του δραστηριότητα, την αντοχή του στη θερμότητα και την ικανότητά του στην κατακράτηση του νερού. (Dickinson, 1999).

2.2.3.2. Πρωτεΐνες ορού

Η παρασκευή συστατικών γάλακτος με σκοπό τη χρησιμοποίησή τους στην προετοιμασία διαφόρων τροφίμων προέκυψε εδώ και μερικά χρόνια από την ανάγκη αξιοποιήσεως πλεονασμάτων γάλακτος (αποβουτυρωμένο γάλα), προϊόντων γάλακτος (βούτυρο) και υποπροϊόντων βιομηχανιών γάλακτος (τυρόγαλα) (Κεντά, 2011). Με τη χρησιμοποίηση των συστατικών του γάλακτος μπορούν να επιτευχθούν ένας ή και περισσότεροι από τους παρακάτω σκοπούς:

- εμπλουτισμός άλλων τροφίμων με θρεπτικά συστατικά
- εξασφάλιση στα τρόφιμα που χρησιμοποιούνται επιθυμητών χαρακτηριστικών (συνεκτικότητα, υφή, κλπ)
- βελτίωση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών (γεύση, χρώμα, βελτίωση αίσθησης επαφής στο στόμα κλπ).

Η σύνθεση διαφόρων προϊόντων με πρωτεΐνες ορού, επηρεάζεται από τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται για την απομόνωση των πρωτεϊνών. Αυτές μπορούν να εμποδίσουν το διαχωρισμό νερού ή λίπους και την απελευθέρωση αέρα στους αφρούς, ενώ παράλληλα μπορούν να βελτιώσουν την υφή των τροφίμων όπου προστίθενται.

Οι παράγοντες που παίζουν καθοριστικό ρόλο για ορισμένες λειτουργικές ιδιότητες είναι:

- δέσμευση νερού
- σχηματισμός πηκτής
- γαλακτωματοποίηση και σχηματισμός αφρού.

Οι πρωτεΐνες ορού σε σύγκριση με τις καζεΐνες έχουν το πλεονέκτημα να είναι διαλυτές και σε χαμηλό pH, πράγμα που επιτρέπει τη χρήση τους σε όξινα προϊόντα (μη αλκοολούχα ποτά, χυμοί φρούτων κτλ) είτε για βελτίωση των χαρακτηριστικών του τροφίμου, είτε της θρεπτικής αξίας (Κεχαγιάς, 1997).

2.2.3.3.Μαλτιτόλη

Η μαλτιτόλη είναι μια αλκοόλη σακχάρου (μια πολυόλη) που χρησιμοποιείται ως ένα υποκατάστατο της ζάχαρης. Έχει 75-90% της γλυκύτητας της σακχαρόζη (επιτραπέζια ζάχαρη) και σχεδόν πανομοιότυπες ιδιότητες. Χρησιμοποιείται για να αντικαταστήσει την επιτραπέζια ζάχαρη γιατί έχει λιγότερες θερμίδες, δεν προωθεί την τερηδόνα των δοντιών, και έχει ένα κάπως μικρότερο αποτέλεσμα επί της γλυκόζης στο αίμα. Η μαλτιτόλη γίνεται με υδρογόνωση της μαλτόζης που λαμβάνεται από το άμυλο.

Η υψηλή γλυκύτητα της επιτρέπει να μπορεί να χρησιμοποιηθεί χωρίς να αναμιγνύεται με άλλα γλυκαντικά, και εμφανίζει αμελητέα επίδραση ψύξης (θετική θερμότητα του διαλύματος) σε σύγκριση με άλλες αλκοόλες σακχάρων, και είναι πολύ παρόμοια με την λεπτή επίδραση ψύξης της σακχαρόζης. Χρησιμοποιούνται ιδιαίτερα στην παραγωγή των γλυκών: σκληρές καραμέλες χωρίς ζάχαρη, τσίχλες, σοκολάτες, ψημένα αγαθά, και παγωτό. Η φαρμακευτική βιομηχανία χρησιμοποιεί τη μαλτιτόλη ως ένα συστατικό, που χρησιμοποιείται ως γλυκαντικό χαμηλών θερμίδων. Η ομοιότητά της προς τη σακχαρόζη επιτρέπει να χρησιμοποιηθεί σε σιρόπια με το πλεονέκτημα ότιη κρυστάλλωση είναι λιγότερο πιθανή. Η μαλτιτόλη μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί σαν ένας πλαστικοποιητής σε κάψουλες ζελατίνης και ως ένα υγροσκοπικό.

Δεν μεταβολίζεται από τα στοματικά βακτήρια, οπότε δεν προωθεί την τερηδόνα των δοντιών. Απορροφάται πιο αργά από τη σακχαρόζη, το οποίο την καθιστά κάπως πιο κατάλληλη για άτομα με διαβήτη, από τη σακχαρόζη. Όπως και άλλες αλκοόλες σακχάρων, μεγάλες ποσότητες μαλτιτόλης μπορούν να έχουν ένα υπακτικό αποτέλεσμα (Aphirak *et al.*,2012).

2.2.3.4. Ινουλίνη

Η ινουλίνη αναφέρεται ως μια ομάδα ολιγοσακχαριτών που περιέχουν φρουκτόζες. Ανήκουν σε μια κατηγορία υδατανθράκων που είναι γνωστή ως φρουκτάνες. Οι φρουκτάνες, εκτός από την ινουλίνη, περιλαμβάνουν και μια άλλη ομάδα ολιγοσακχαριτών που περιέχουν φρουκτόζες, τις λεβάνες. Η ινουλίνη είναι συνήθως φυτικής προέλευσης, ενώ οι λεβάνες βρίσκονται στους μύκητες και τα βακτηρίδια. Η ινουλίνη αποτελείται κυρίως από μονάδες φρουκτόζης και έχει χαρακτηριστικά μια τελική γλυκόζη. Ο δεσμός μεταξύ των μονάδων φρουκτόζης

στην ινουλίνη είναι ένας β (2->1) γλυκοζιδιτικός δεσμός. Η ινουλίνη των φυτών περιέχει 2 έως 150 μονάδες φρουκτόζης. (Lobato*et al.,* 2009). Η μικρότερη ινουλίνη καλείται 1- κεστόση και αποτελείται από δύο υπολείμματα φρουκτόζης και ένα γλυκόζης. Η ινουλίνη φυσικά συντίθεται από σουκρόζη.

Ο σχηματισμός του πηκτώματος της ινουλίνης οφείλεται στην κατακρήμνιση των μορίων του διαλύματος της ινουλίνης σε σωματίδια ικανά να διαμορφώσουν ένα πήκτωμα μέσω της διαδικασίας της συσσώρευσης. Τα διαλυτά πολυμερή σώματα γίνονται αδιάλυτα για να διαμορφώσουν μια ημισταθερή δομή (πήκτωμα) που οφείλεται στην ένωση των πολυμερών μορίων στο διάλυμα (κολλοειδές διάλυμα). Τα πηκτώματα ινουλίνης διαμορφώνονται από ένα δίκτυο μικρών κρυσταλλιτών. Οι ρεολογικές ιδιότητές της είναι αρκετά διαφορετικές από αυτές της μη-κρυσταλλωμένης ινουλίνης. Στην πραγματικότητα, οι ιδιότητές της περισσότερο μοιάζουν με αυτού ενός δικτύου κρυστάλλων λίπους σε λάδι. (Bot *et al*., 2004). Πριν από το σχηματισμό του πηκτώματος το διάλυμα της ινουλίνης παρουσιάζει συνήθως υπόλευκο κιτρινωπό χρώμα. Το χρώμα της πηκτής της ινουλίνης είναι συνήθως λευκό. Όπως και στα υπόλοιπα βιοπολυμερή σχηματισμός του πηκτώματος της ινουλίνης επηρεάζεται από παράγοντες, σημαντικότεροι εκ των οποίων είναι: συγκέντρωση της ινουλίνης, θερμοκρασία θέρμανσης, χρόνος θέρμανσης, διαλύτης που πιθανόν μπορεί να χρησιμοποιηθεί και το pH. Η συγκέντρωση της ινουλίνης είναι αυτή που καθορίζει και τη σκληρότητα της πηκτής. Η σχέση είναι αναλογική καθώς αυξανόμενη συγκέντρωση ινουλίνης αυξάνει και την σκληρότητα της πηκτής. (Kim *et al.,* 2001).

Υπάρχουν πολλοί παράγοντες που επηρεάζουν και συνηγορούν στην υφή και τη δομή του παγωτού όπως, η ολική περιεκτικότητα σε στερεά, η περιεκτικότητα λιπαρών του γάλακτος, η διασπορά των λιπιδίων καθώς και το μέγεθος των κρυσταλλιτών του λίπος και του πάγου. Συνήθως, μειώνοντας την περιεκτικότητα σε λιπαρά στα παγωμένα προϊόντα επηρεάζονται ποιοτικές ιδιότητες τους όπως το ιξώδες, η κρεμότητα, η σκληρότητα, η τήξη και η γεύση, και αυτό γιατί η αλληλεπίδραση μεταξύ πρωτεϊνών και λιπαρών ελέγχει τη δομή του παγωτού. Η ινουλίνη δρα ως υποκαταστάτης λίπους και σακχάρων και χάρης αυτή της την ικανότητα δεν έχει επίδραση στη γεύση του προϊόντος. Στο παγωτό η αντικατάσταση του λίπους από την ινουλίνη βασίζεται στην ικανότητα να σταθεροποιεί τη δομή υδατικών φάσεων δημιουργώντας μια κρεμώδης αίσθηση στο στόμα. Επίσης,

ινουλίνη αυξάνει το ιξώδες του μίγματος. αύξηση του ιξώδους σε σκευάσματα παγωτών-γιαουρτιών εξηγείται με την αλληλεπίδραση της διαιτητικής ίνας και τα υγρά συστατικά του μίγματος. Η ινουλίνη ως υψηλά υγροσκοπική ουσία μπορεί να δεσμεύσει νερό και να σχηματίσει ένα δίκτυο πηκτής και σε συνδυασμό με τα υπόλοιπα συστατικά του μίγματος μπορεί να αλλάξει την ρεολογία του. Εκτός αυτών, η ινουλίνη έχει την ιδιότητα σε αυξανόμενες συγκεντρώσεις να μειώνει το ρυθμό τήξης του παγωτού. Συγκεκριμένα παγωτά με υψηλά ολικά στερεά λιώνουν γρηγορότερα σε σχέση με αυτά με λιγότερα στερεά. Γενικά αποδεικνύεται ότι ινουλίνη λειτουργεί ως σταθεροποιητής στο παγωτό (Lobato *et al.*, 2009).

2.2.3.5. Γαλακτοφρουκτόζη (Λακτουλόζη)

Η γαλακτοφρουκτόζη είναι ένας συνθετικός δισακχαρίτης της κετόζης που μπορεί να ληφθεί από λακτόζη με διαφορετικές μεθόδους σύνθεσης. Οι χημικές μέθοδοι βασίζονται στον ισομερισμό της λακτόζης παρουσία βασικών καταλυτών και ενζυμικών μεθόδων. Οι πρεβιοτικές ιδιότητες της γαλακτοφρουκτόζης είναι γνωστές εδώ και περισσότερα από 50 χρόνια και πολυάριθμες μελέτες έχουν επιβεβαιώσει πολλά οφέλη για την υγεία, ως συστατικό τροφίμων, συμπεριλαμβανομένης της επιλεκτικής διέγερσης της εντερικής χλωρίδας, του καθαρτικού αποτελέσματος και της βελτίωσης της απορρόφησης του ασβεστίου. Η γαλακτοφρουκτόζη είναι χρήσιμη ως υποκατάστατο σακχαρόζης ή λακτόζης, ιδιαίτερα σε σκευάσματα γάλακτος σε σκόνη και βρέφη.

2.2.3.6. Καρβοξυμεθυλοκυτταρινικό νάτριο (CMC)

Το καρβοξυμεθυλοκυτταρινικό νάτριο είναι παράγωγο της κυτταρίνης. Η κυτταρίνη είναι κύριο συστατικό των κυτταρικών τοιχωμάτων των φυτών, δομικό συστατικό των φυτικών ιστών μαζί με ημικυτταρίνες, πηκτινικές ουσίες και λιγνίνη. Η κυτταρίνη δεν είναι μία θρεπτική ουσία για τον άνθρωπο, που δεν διαθέτει τα κατάλληλα ένζυμα για την πέψη της. Παρά ταύτα η κυτταρίνη είναι χρήσιμη στην ανθρώπινη διατροφή μαζί με τους άλλους μη μεταβολίσιμους σύνθετους υδατάνθρακες ως διαιτητική ίνα (dietaryfiber) συντελώντας στην ομαλή λειτουργία του εντερικού συστήματος. Η κυτταρίνη αποτελείται από β-γλυκοπυρανοζυλικά μόρια που ενώνονται με (1→4) δεσμούς (Belitz *et al.*2006).

Η δομή της κυτταρίνης διευκρινίσθηκε σημαντικά με έρευνες με ακτίνες Χ. Παρουσιάζει δομή κρυσταλλική από παράλληλη διάταξη των επιμήκωνευθυγράμμων αλυσίδων γλυκάνηςδιακοπτόμενη από άμορφες περιοχές άτακτης διάταξης των αλυσίδων. Καθαρή κρυσταλλική κυτταρίνη σε λεπτοδιαμερισμένους κόκκους χρησιμοποιείται ως πηκτικό μέσο στη βιομηχανία ως «μικροκρυσταλλική κυτταρίνη». Λόγω του υψηλού μοριακού βάρους και της κρυσταλλικής δομής, η κυτταρίνη είναι αδιάλυτη στο νερό. Επίσης, η ικανότητα διόγκωσης ή η δυνατότητα της να απορροφά νερό, εξαρτάται εν μέρει από την προέλευση της κυτταρίνης.

Τα παράγωγα κυτταρίνης μπορεί να χρησιμοποιηθούν ως πυκνωτικά μέσα σε διαιτητικά τρόφιμα λίγων θερμίδων : Σημαντικότεροι είναι οι:

- Μεθυλοκυτταρίνη (Methylcellulose MC) Έχει τη χαρακτηριστική ιδιότητα να δημιουργείπήγματα κατά τη θέρμανση (thermogelation).
- Καρβοξυμεθυλοκυτταρίνη (Carboxymethylcellulose, CMC)

2.3. Ρεολογία

2.3.1. Ρεολογία παγωτού

Το παγωτό είναι ένα σύνθετο κολλοειδές κατεψυγμένο σύστημα που αποτελείται από μερικώς συσσωματωμένα σταγονίδια λίπους, αέρα, κρυστάλλους πάγου και συνεχή υδατική φάση, στην οποία οι πολυσακχαρίτες, οι πρωτεΐνες, η λακτόζη και τα ορυκτά άλατα διασκορπίζονται (Marshall *et al.*, 2003). Λόγω της θερμοδυναμικής αστάθειας του παγωτού, τα φαινόμενα ανακρυστάλλωσης εμφανίζονται κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης, οδηγώντας στην σταδιακή αύξηση του μεγέθους των κρυστάλλων πάγου, επομένως και στην αλλοίωση των ποιοτικών χαρακτηριστικών του προϊόντος (Regand & Goff, 2003).

Στην ουσία, τα παγωτά μπορούν να θεωρηθούν αφροί που αποτελούνται από κυψελίδες αέρα που περιβάλλονται από ένα μερικώς παγωμένο γαλάκτωμα. Οι παράγοντες που επηρεάζουν αυτή την ποιότητα αφρού και επομένως την υφή και την δομή του παγωτού είναι η συνολική σύνθεση στερεών και λιπαρών γάλακτος καθώς

και το μέγεθος και η κατάσταση των κρυστάλλων πάγου και των λιπαρών σωματιδίων.

Σε περίπτωση μείωσης της περιεκτικότητας των λιπαρών και των στερεών σε ένα κατεψυγμένο γαλακτοκομικό προϊόν όπως το παγωτό, ποιοτικά χαρακτηριστικά όπως το ιξώδες, η κρυστάλλωση του πάγου, η κρεμώδης υφή, η σκληρότητα, η τήξη καθώς και η γεύση θα επηρεαστούν.

2.3.2. Ρεολογικές έννοιες

Η δύναμη η οποία εφαρμόζεται σε ένα υλικό και το εξαναγκάζει να κινηθεί λέγεται τάση (σ). Δηλαδή, ως τάση ορίζεται μια εφαρμοζόμενη δύναμη ανά μονάδα επιφάνειας ($\sigma = F/A$) και συνήθης μονάδα μέτρησης είναι το Pascal (N/m^2). Η κατεύθυνση εφαρμογής της δύναμης σε σχέση με την υπό τάση επιφάνεια καθορίζει και τον τύπο της τάσης. Εάν 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). Υπάρχουν και άλλοι τύποι τάσης όπως στρέψης, κάμψης, ισοτροπική κ.α.

Παραμόρφωση καλείται η μετακίνηση σωματιδίων ενός υλικού σε σχέση το ένα με το άλλο έτσι ώστε να μη καταστρέφεται η συνέχεια του σώματος, με αποτέλεσμα μόνο τη μεταβολή του σχήματος ή/και του όγκου. Η παραμόρφωση (γ) που υφίσταται το υλικό σε σχέση με το χρόνο εκφράζεται ως ρυθμός παραμόρφωσης, ή ταχύτητα παραμόρφωσης, ή ταχύτητα διάτμησης.

Το ιξώδες είναι μία ιδιότητα που όλα τα ρευστά έχουν, είτε παρουσιάζουν και ελαστική συμπεριφορά είτε όχι. Ωστόσο πολλά φαινόμενα δεν μπορούν να εξηγηθούν πλήρως λαμβάνοντας υπόψη μόνο το ιξώδες των ρευστών και γι' αυτό είναι απαραίτητο να ληφθεί υπόψη και η ελαστική τους συμπεριφορά. Κατά την παραμόρφωσή τους υπό σταθερές συνθήκες, τα ιξωδοελαστικά ρευστά αναπτύσσουν τάσεις και ο προσδιορισμός τους επιτρέπει την εκτίμηση της ελαστικότητάς τους. Η εκτίμηση της ιξωδοελαστικότητας μπορεί ακόμη να γίνει με τη παραμόρφωση του υλικού υπό μη σταθερές συνθήκες. Οι δύο μεγάλες κατηγορίες των πειραμάτων υπό

μη σταθερές συνθήκες είναι οι δοκιμές αιφνίδιας μεταβολής τάσης ή αλλιώς μεταβατικές (transient tests) και οι ταλαντωτικές (oscillatory shear flow) (Steffe, 1996).

Παρακάτω παρατίθενται ορισμοί ρεολογικών συντελεστών που θα βοηθήσουν στην καλύτερη κατανόηση των αποτελεσμάτων των ρεολογικών δοκιμών που πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια της μελέτης των αναπληρωμάτων τυριών.

- Συντελεστής ελαστικότητας (G’, storage modulus): ποσότητα ενέργειας που αποθηκεύεται στο υλικό ή ανακτάται ανά κύκλο παραμόρφωσης. Σε ένα υγρό κατά την εφαρμογή τάσης όλη η ενέργεια εκλύεται ως θερμότητα και ο G’ είναι 0.
- Συντελεστής ιξώδους (G’’, loss modulus): μέτρο της ενέργειας που χάνεται σαν ιξώδη σκόρπισμα ανά κύκλο παραμόρφωσης. Σε ένα τελείως ελαστικό στερεό κατά την εφαρμογή τάσης όλη η ενέργεια αποθηκεύεται και ο G’’ είναι 0.

2.3.3 Δοκιμή ταλάντωσης

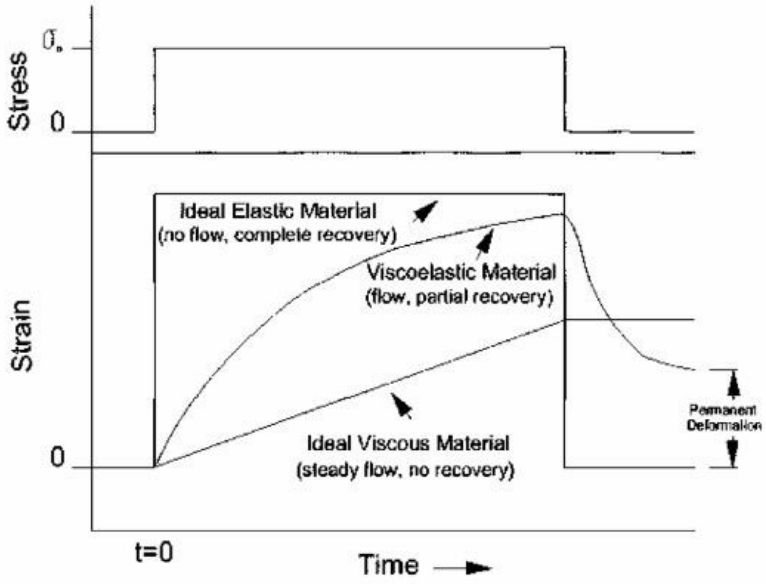
Κατά αυτή τη δοκιμή το δείγμα υποβάλλεται σε περιοδική τάση διάτμησης ή συμπίεσης μέσα στα όρια της γραμμικής ελαστικότητας του (μικρό ποσοστό παραμόρφωσης) (Ferry, 1980). Το δείγμα βρίσκεται μεταξύ δύο παράλληλων πλακών, εκ των οποίων η κάτω παραμένει ακίνητη ενώ η επάνω κινείται παλινδρομικά και στη περίπτωση της διάτμησης κινείται σε οριζόντια διεύθυνση πάντα σε επαφή με το δείγμα.

Στη 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 (tanδ).

2.3.4. Δοκιμή ερπυσμού

Η δοκιμή αυτή έχει ιδιαίτερη χρησιμότητα και σημασία γιατί βοηθά στη μελέτη της φύσης των δευτερευόντων δεσμών συνοχής ενός υλικού και συγχρόνως επιτρέπει τον υπολογισμό του νευτώνειου ιξώδους. Επιπλέον, υπό προϋποθέσεις μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό του μέσου μοριακού βάρους των μεγαλομορίων του υπό μελέτη συστήματος. Η δοκιμή ερπυσμού μπορεί να γίνει είτε υπό καθεστώς διάτμησης είτε υπό καθεστώς μονοαξονικής συμπίεσης ή εφελκυσμού.

Στη περίπτωση της διάτμησης, στο δείγμα που βρίσκεται μεταξύ δύο πλακών εφαρμόζεται αιφνίδια καθορισμένη τάση (το μέγεθος της οποίας έχει προϋπολογισθεί ώστε να βρίσκεται εντός των ορίων της γραμμικής ελαστικότητας). Η τάση ασκείται για ορισμένο χρονικό διάστημα κατά το οποίο το δείγμα έρπει ανάλογα με τον τύπο του δηλαδή αν είναι πυκνό διάλυμα, πηκτή ή στερεό, και κατόπιν η τάση παύει να ασκείται και το δείγμα επανακάμπτει δομικά στη προηγούμενη κατάσταση του είτε ολοκληρωτικά, αν πρόκειται για στερεό (ελαστικό), είτε εν μέρει, αν πρόκειται για πηκτή (ιξωδοελαστικό), είτε και καθόλου αν πρόκειται για πυκνό διάλυμα (ιξώδες)(Σχήμα 1).



Σχήμα 1. Καμπύλες ερπυσμού και επανάκαμψης (Steffe, 1996).

3.ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο σκοπός της εργασίας ήταν η πραγματοποίηση ενός παγωτού χαμηλής θερμιδικής αξίας, με τα οργανοληπτικά και τα μηχανικά χαρακτηριστικά ενός παγωτού που περιέχει ζάχαρη και είναι πλήρες σε λιπαρά.

Στην προσπάθεια αυτή, στόχος ήταν να επιλεχθούν τα κατάλληλα υλικά ώστε στις σωστές αναλογίες να αντικαταστήσουν πλήρως την ζάχαρη και τα λιπαρά, επιτυγχάνοντας την επιθυμητή δομή και γεύση. Χρησιμοποιήθηκαν σε γάλα 0% λίπος οι γλυκαντικές ύλες: ινουλίνη, γαλακτοφρουκτόζη και μαλτιτόλη ώστε να αντικατασταθεί η ζάχαρη καθώς και CMC (Καρβοξυμεθυλοκυτταρινικό νάτριο) , πρωτεΐνη ορού και καζεινικό νάτριο για την δημιουργία της δομής του παγωτού χωρίς την εμφάνιση παγοκρυστάλλων. Η εξαγωγή των αποτελεσμάτων έγινε σύμφωνα με δυο οργανοληπτικούς ελέγχους και την ρεολογική μέτρηση των δειγμάτων.

4.ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

4.1. Πρώτες ύλες

Για την παρασκευή παγωτού χαμηλής θερμιδικής αξίας, οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιήθηκαν ήταν:

- Γάλα 0% λιπαρά
- Καζεινικό νάτριο
- Πρωτείνη γάλακτος 35%
- Μαλτιτόλη
- Ινουλίνη
- Γαλακτοφρουκτόζη (Λακτουλόζη)
- Καρβοξυμεθυλοκυτταρινικό νάτριο
- Βανιλίνη

4.2. Μηχανήματα και όργανα

- Παγωτομηχανή με παστεριωτή (Tritico 610 – Οίκου Bravo)
- Ψυγείο ταχείας κατάψυξης (Shockfreezer – Οίκου Polin)
- Συσκευή ανάδευσης υλικών (Mixer)
- Καταψύκτης
- Ζυγαριά ζαχαροπλαστικής
- Καταψύκτης βιτρίνα παγωτού
- Ρεόμετρο (Bohlin viscometry C-vor, Bohlin Instruments)

4.3. Διαδικασία παρασκευής δειγμάτων

Η παραγωγή των δειγμάτων παγωτού, πραγματοποιήθηκε στο εργοστάσιο παραγωγής της εταιρείας «Βεργίδης Μόδεστος Αρτοποιία – Ζαχαροπλαστική», στο τμήμα παγωτού. Τα υλικά ζυγίστηκαν με ζυγαριά ακριβείας. Για την παραγωγή των δειγμάτων χρησιμοποιήθηκε μια παγωτομηχανή χωρητικότητας 10 λίτρων, η οποία διαθέτει και παστεριωτή. Όλα τα δείγματα στην αρχή παστεριώθηκαν στους 85°C, για την καλύτερη ομογενοποίηση των υλικών, αλλά και για λόγους ασφαλείας. Στην συνέχεια έγινε η μετάβαση των δειγμάτων στο κάδο ψύξης και ανάμειξης τους με τον

περιστρεφόμενο βραχίονα με μαχαίρια, όπου έγινε η σταδιακή ψύξη τους μέχρι τους -7. Έπειτα το παγωτό βγήκε από την μηχανή και τοποθετήθηκε σε πλαστικούς περιέκτες (βασκέτες) και στην συνέχεια προχώρησε στο Ψυγείο ταχείας κατάψυξης στους -35^{0}C, μέχρις ότου να παγώσει ολόκληρη η δομή του. Τέλος τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε καταψύκτη στους -18°C.

4.4. Μέθοδοι ανάλυσης

Για τις ανάγκες ανάπτυξης παγωτού χωρίς προσθήκη ζάχαρης και λιπαρών, πραγματοποιήθηκε πείραμα δύο φάσεων. Στην πρώτη φάση αναλύθηκαν τα συστατικά τα οποία προσδίδουν γλυκύτητα στο προϊόν. Στην δεύτερη φάση αναλύθηκαν τα συστατικά τα οποία σχετίζονται με την δομή του προϊόντος.

4.4.1. Πρώτο στάδιο πειραματικής διαδικασίας

Το πειραματικό σχέδιο για την πρώτη φάση πειραματικής διαδικασίας, προσαρμόστηκε αποκλειστικά στην χρήση πειραμάτων μίξης (mixture experiments) με 3 συστατικά υποκατάστατων ζάχαρης: ινουλίνη, γαλακτοφρουκτόζη και μαλτιτόλη σε 10 διαφορετικές αναλογίες ποσοστών προσθήκης 2-8%.

Με την προϋπόθεση ότι όλες οι αναμίξεις θα έχουν το ίδιο ποσοστό προσθήκης, τα υπόλοιπα συστατικά του πειράματος διατηρήθηκαν σταθερά. Στην παρούσα μελέτη οι αναμίξεις προσέγγισαν το 18% του συνολικού μίγματος. Το υπόλοιπο 82% αποτελείται από 0,6% καζεινικό νάτριο, 1% πρωτεΐνη ορού γάλακτος (35% περιεκτικότητα), 1% CMC και 78,9% γάλα με 0% λιπαρά. Στον Πίνακα 1 αναγράφονται οι περιεκτικότητες επί τις εκατό κάθε συστατικού για κάθε ανάμιξη.

Με τον τρόπο αυτό δημιουργήθηκε ένα πειραματικό σχέδιο τριών επιλέξιμων παραγόντων (Πίνακας 2),στον οποίο μελετάται η επίδραση τους σε τέσσερεις οργανοληπτικές μεταβλητές, γλυκύτητα, κρεμώδης υφή, κολλώδης υφή και αποδοχή, τρείς εκ των οποίων είναι αντικειμενικές και η τελευταία ηδονική.

Πίνακας 1.Περιεκτικότητες επί τοις εκατό του συνόλου των συστατικών για την παρασκευή παγωτού χωρίς προσθήκη ζάχαρης και λιπαρών

Α/Α	ΚΑΖΕΙΝΙΚΑ%	ΠΡΩΤΕΙΝΗ ΟΡΟΥ %	CMC%	ΙΝΟΥΛΙΝΗ%	ΜΑΛΤΙΤΟΛΗ %	ΓΑΛΑΚΤΟΦΡΟΥΚΤΟΖΗ %
1	0,6	1	1,5	8	2	8
2	0,6	1	1,5	2	8	8
3	0,6	1	1,5	8	8	2
4	0,6	1	1,5	8	5	5
5	0,6	1	1,5	5	8	5
6	0,6	1	1,5	5	5	8
7	0,6	1	1,5	6	6	6
8	0,6	1	1,5	7	4	7
9	0,6	1	1,5	4	7	7
10	0,6	1	1,5	7	7	4

Πίνακας 2.Μελετώμενοι παράγοντες του πειραματικού σχεδίου και οι οργανοληπτικές μεταβλητές.

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ	**ΕΥΡΟΣ ΠΡΟΣΘΗΚΗΣ**	
ΙΝΟΥΛΙΝΗ	2%	8%
ΜΑΛΤΙΤΟΛΗ	2%	8%
ΓΑΛΑΚΤΟΦΡΟΥΚΤΟΖΗ	2%	8%
ΟΡΓΑΝΟΛΗΠΤΙΚΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ	**ΚΛΙΜΑΚΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ**	
Γλυκύτητα	**ΑΔΙΑΒΑΘΜΗΤΗ 0-15cm**	
Κρεμώδη υφή		
Κολλώδη υφή		
Αποδοχή		

Λόγω της ιδιαιτερότητας του προϊόντος (άμεσο σερβίρισμα των δειγμάτων από καταψύκτη) και για την καλύτερη δυνατή αξιολόγηση των δειγμάτων από τους δοκιμαστές, ήταν αναγκαία η εύρεση ενός ευέλικτου οργανοληπτικού σχεδίου με λίγες μονάδες δοκιμής διαθέσιμες ανά δοκιμαστή. Το πλησιέστερο με τα παραπάνω δεδομένα είναι το ατελώς ομαδοποιημένο ισορροπημένο σχέδιο (BIBD – Balanced Incomplete Block Design) που επιλέχθηκε σύμφωνα με τους Cochran & Cox, βασίστηκε στα εξής χαρακτηριστικά: $t=10$, $k=3$, $n=9$, $b=30$ και $\lambda=2$, όπου t είναι ο

αριθμός των μεταχειρίσεων (δείγματα), b ο αριθμός των δοκιμαστών, n ο αριθμός των επαναλήψεων της κάθε μεταχείρισης, k οι μονάδες δοκιμής ανά δοκιμαστή και λ ο αριθμός συνεύρεσης κάθε ζεύγους μεταχειρίσεων στο σχέδιο (Πίνακας 3). Ο οργανοληπτικός έλεγχος διεξήχθη στις εγκαταστάσεις του Αλεξάνδρειου Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Θεσσαλονίκης, στην αίθουσα οργανοληπτικών ελέγχων του Τμήματος Τεχνολογίας Τροφίμων. Για την σωστή μεταφορά των δειγμάτων στον χώρο, χρησιμοποιήθηκε φορτηγό – κατάψυξη το οποίο λειτουργούσε στους -16°C και για το σερβίρισμα μια βιτρίνα παγωτού, η οποία λειτουργούσε στους -16°C.

Πίνακας 3. Ατελώς ομαδοποιημένο οργανοληπτικό σχέδιο: b=30, t=10, k=3, n=9, λ=2 (BIB design)

	Μεταχειρίσεις										
Δοκιμαστές	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	k
1	˅	˅	˅								3
2		˅			˅			˅			3
3			˅	˅			˅				3
4	˅			˅		˅					3
5					˅		˅	˅			3
6				˅		˅			˅		3
7	˅						˅		˅		3
8		˅						˅		˅	3
9			˅						˅	˅	3
10					˅	˅				˅	3
11	˅	˅		˅							3
12		˅	˅			˅					3
13			˅	˅				˅			3
14				˅	˅				˅		3
15	˅				˅		˅				3
16						˅		˅	˅		3
17			˅				˅			˅	3
18	˅							˅		˅	3
19		˅			˅				˅		3
20						˅	˅			˅	3
21	˅		˅		˅						3
22		˅				˅	˅				3
23			˅					˅	˅		3
24		˅		˅						˅	3
25			˅		˅	˅					3
26	˅					˅		˅			3
27		˅					˅		˅		3
28				˅			˅	˅			3
29	˅								˅	˅	3
30				˅	˅					˅	3
N	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9

4.4.2 Δεύτερο στάδιο πειραματικής διαδικασίας

Στο δεύτερο στάδιο του πειράματος, αναλύθηκε η μεταβολή της δομής των δειγμάτων σε καθορισμένα ποσοστά CMC. Οι μεταχειρίσεις που επιλέχθηκαν από το πρώτο στάδιο του πειράματος θα επαναληφθούν με ποσοστιαία αλλαγή της προσθήκης του CMC σε ποσοστά 0,5%, 0,8%, 1%, 1,2% και 1,5% αντίστοιχα (Πίνακας 4). Αρχικά πραγματοποιήθηκε οργανοληπτικός έλεγχος και στην συνέχεια ρεολογικές μετρήσεις. Οι μετρήσεις έγιναν σε ρεόμετρο Bohlin (Bohlin reometer C-VOR) όπου πραγματοποιήθηκαν δυο ρεολογικά τεστ που προσομοίασαν την διαδικασία εισαγωγής του δείγματος στη στοματική κοιλότητα, σε συνθήκες πραγματικής θερμοκρασίας και πίεσης.

Πίνακας 4. Περιεκτικότητες επί τοις εκατό του συνόλου των συστατικών με ποσοστιαία αλλαγή του CMC.

Μεταχειρίσεις	Καζεινικά %	Πρωτεΐν η ορού %	CMC %	Ινουλίνη %	Μαλτιτόλη %	Γαλακτοφρουκτόζη %
3	0,6%	1%	0,5%	8%	8%	2%
3	0,6%	1%	0,8%	8%	8%	2%
3	0,6%	1%	1,0%	8%	8%	2%
3	0,6%	1%	1,2%	8%	8%	2%
3	0,6%	1%	1,5%	8%	8%	2%
9	0,6%	1%	0,5%	4%	7%	7%
9	0,6%	1%	0,8%	4%	7%	7%
9	0,6%	1%	1,0%	4%	7%	7%
9	0,6%	1%	1,2%	4%	7%	7%
9	0,6%	1%	1,5%	4%	7%	7%

4.4.2.1. Οργανοληπτικό σχέδιο

Τα δομικά χαρακτηριστικά που μελετήθηκαν ήταν η κρεμώδης υφή, η κολλώδης αίσθηση, όπου μελετήθηκαν και στο πρώτο στάδιο και η συνεκτικότητα του τελικού προϊόντος, καθώς είναι σημαντικό σε ένα παγωτό να παρουσιάζει συνοχή (Πίνακας 5).

Πίνακας 5. Ο μελετώμενος παράγοντας, ποσοστό προσθήκης CMC πειραματικού σχεδίου και οι οργανοληπτικές μεταβλητές.

			ΕΥΡΟΣ ΠΡΟΣΘΗΚΗΣ				
ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ	**3**	**CMC**	**0,50 %**	**0,80%**	**1%**	**1,20%**	**1,50%**
	9						
ΟΡΓΑΝΟΛΗΠΤΙΚΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ			**ΚΛΙΜΑΚΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ**				
ΚΡΕΜΩΔΕΣ			**ΑΔΙΑΒΑΘΜΗΤΗ 0-15cm**				
ΚΟΛΛΩΔΕΣ							
ΣΥΝΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ							
ΑΠΟΔΟΧΗ							

Το οργανοληπτικό σχέδιο το οποίο επιλέχθηκε για τις ανάγκες του πειράματος, με όσο το δυνατόν λιγότερες μονάδες δοκιμής ανά δοκιμαστή είναι ένα ισορροπημένο μερικώς ομαδοποιημένο οργανοληπτικό σχέδιο με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά: t=10 μεταχειρίσεις, κ=4 περιορισμένες μεταχειρίσεις, b=15 δοκιμαστές, n=6 επαναληπτικές μονάδες ανά μεταχείριση, λ=2 συνευρέσεις κάθε ζεύγους μεταχειρίσεων (Πίνακας 6). Στη συνέχεια οργανώθηκε ο οργανοληπτικός έλεγχος με τη συμμετοχή 15 δοκιμαστών και τεσσάρων μεταχειρίσεων ανά δοκιμαστή. Χρησιμοποιήθηκε αδιαβάθμητη κλίμακα αυξανόμενης έντασης των μελετώμενων χαρακτηριστικών από 0-15 cm που συμβολίζει το καθόλου- πολύ, αντίστοιχα.

Πίνακας 6. BIB design - Οργανοληπτικό σχέδιο b=15, t=10 n=6, k=4, λ=2

	Μεταχειρίσεις										
Δοκιμαστές	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**k**
1	ˇ	ˇ	ˇ	ˇ							**4**
2	ˇ	ˇ			ˇ	ˇ					**4**
3	ˇ		ˇ				ˇ	ˇ			**4**
4	ˇ			ˇ					ˇ	ˇ	**4**
5	ˇ				ˇ		ˇ		ˇ		**4**
6	ˇ					ˇ		ˇ		ˇ	**4**
7		ˇ	ˇ			ˇ			ˇ		**4**
8		ˇ		ˇ			ˇ			ˇ	**4**
9		ˇ			ˇ			ˇ		ˇ	**4**
10		ˇ					ˇ	ˇ	ˇ		**4**
11			ˇ		ˇ				ˇ	ˇ	**4**
12			ˇ			ˇ	ˇ			ˇ	**4**
13			ˇ	ˇ	ˇ			ˇ			**4**
14				ˇ	ˇ	ˇ	ˇ				**4**
15				ˇ		ˇ		ˇ	ˇ		**4**
	6	**6**	**6**	**6**	**6**	**6**	**6**	**6**	**6**	**6**	

4.4.2.2 Ρεολογικές μετρήσεις

Μετά την παρασκευή των παγωτών, τα δείγματα μεταφέρθηκαν στις εγκαταστάσεις του Τμήματος τεχνολογίας τροφίμων, με φορτηγό – κατάψυξη που λειτουργούσε στους -16°C, μέσα σε ειδικούς πλαστικούς περιέκτες και αποθηκεύτηκαν σε κατάψυξη στους -16°C. Σημαντική παράμετρος για την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων ήταν να μην υπάρχει αλλοίωση στα δείγματα λόγω πιθανής απόψυξης των παγωτών.

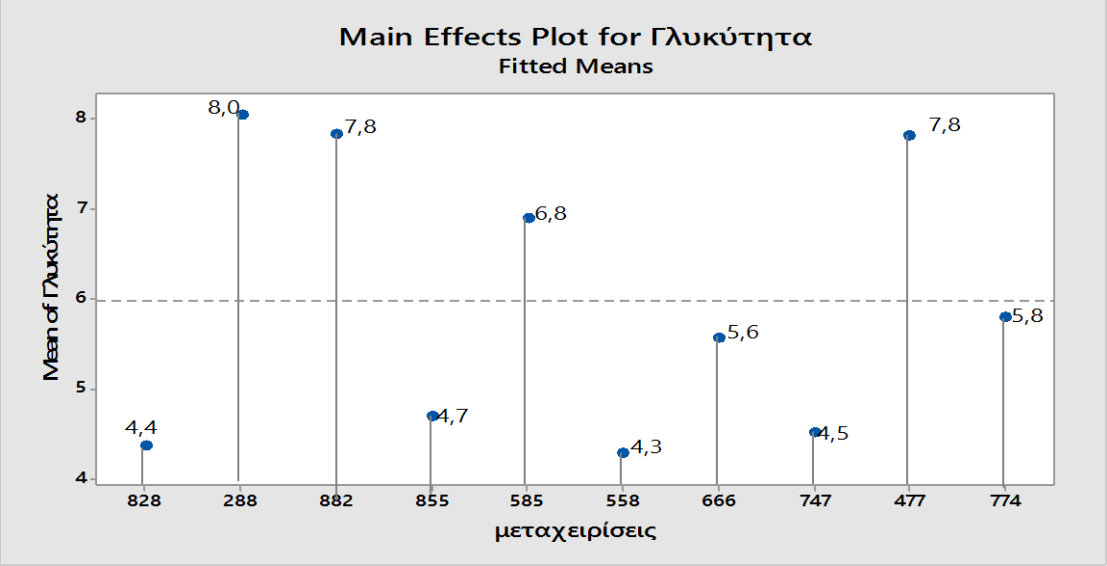
Στις ρεολογικές μετρήσεις που ακολούθησαν, ελέγχθηκε η συμπεριφορά των δειγμάτων σε ένα εύρος θερμοκρασιών από τους -3,5^{o}C μέχρι τους 27°C. Η επιλογή των θερμοκρασιών είχε ως βάση την προσομοίωση της εισαγωγής του δείγματος στην στοματική κοιλότητα. Η παραπάνω διαδικασία είχε ως σκοπό την ανάλυση της συμπεριφοράς των δειγμάτων, σε σχέση με ένα δείγμα ¨Μάρτυρα¨, το οποίο ήταν ένα ευρείας κυκλοφορίας παγωτό κρέμα βανίλια.

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν ήταν η δοκιμή ερπυσμού και η δοκιμή ταλάντωσης. Ο ερπυσμός είναι μία χρονικά εξαρτώμενη μεταβολή της παραμόρφωσης στην εφαρμογή σταθερής δύναμης σε ένα υλικό. Η σταθερή αυτή δύναμη διατηρείται για καθορισμένο χρονικό διάστημα και έπειτα καταργείται. Όταν η δύναμη εφαρμόζεται σε στερεό δείγμα, τότε αυτό παραμορφώνεται στιγμιαία, κατόπιν σταματά και επαναφέρεται πλήρως όταν η τάση καταργείται. Τέλος, στα ιξωδοελαστικά δείγματα σημειώνεται μια καμπυλωμένη παραμόρφωση σε συνάρτηση με το χρόνο ενώ η τάση εφαρμόζεται και παρατηρείται μερική επαναφορά του δείγματος όταν η τάση καταργείται.

5.ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

5.1 Αποτελέσματα πρώτου σταδίου πειραματικής διαδικασίας

Τα στατιστικά αποτελέσματα του οργανοληπτικού ελέγχου 30 δοκιμαστών παρουσιάζονται στα σχήματα 2, 3, 4 και 5, όπου εξετάζεται η επίδραση των γλυκαντικών υλών στη γλυκύτητα, την κρεμώδη υφή, την κολλώδη υφή και την αποδοχή αντίστοιχα. Οι τριψήφιοι ακέραιοι που αναγράφονται στο άξονα των μεταχειρίσεων αντιστοιχούν σε ποσοστά προσθήκης (κατά σειρά) ινουλίνης, μαλτιτόλης και γαλακτοφρουκτόζης.



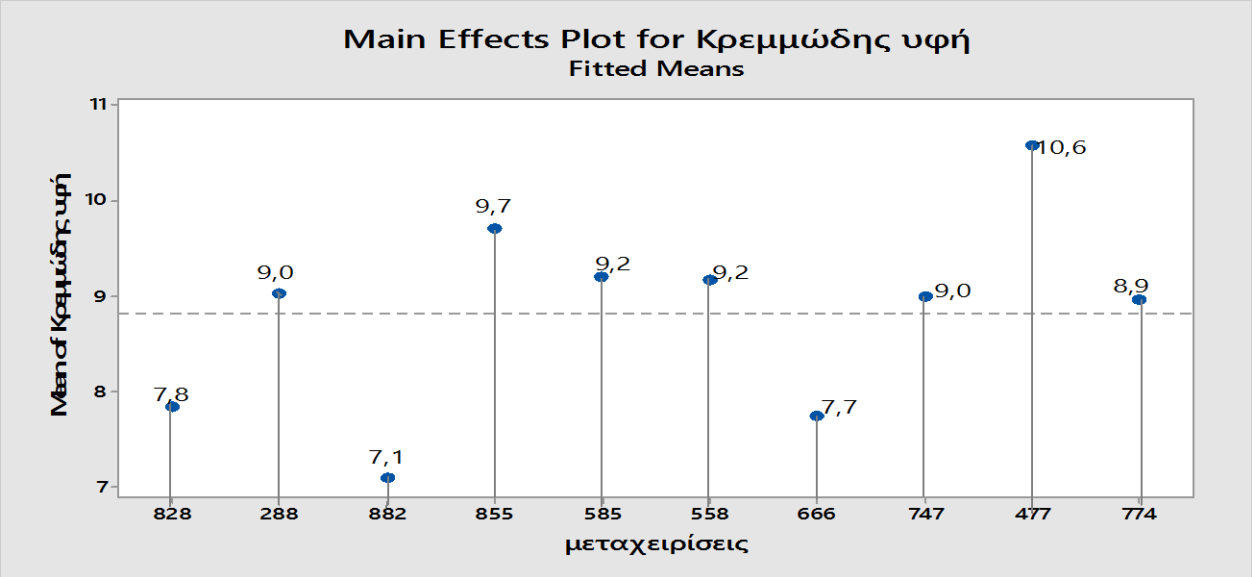
Σχήμα 2.Κατανομή των διορθωμένων μέσων τιμών γλυκύτητας των δέκα μεταχειρίσεων.

Στο σχήμα 2, οι μεταχειρίσεις που παρουσιάζουν τις μεγαλύτερες τιμές γλυκύτητας είναι οι:

- 2%ινουλίνη -8%μαλτιτόλη -8%γαλακτοφρουκτόζη
- 8%ινουλίνη-8%μαλτιτόλη -2%γαλακτοφρουκτόζη
- 4%ινουλίνη -7%μαλτιτόλη -7%γαλακτοφρουκτόζη
- 5%ινουλίνη -8%μαλτιτόλη -5%γαλακτοφρουκτόζη

Παρατηρούμε ότι οι μεταχειρίσεις που εμφάνισαν τις μεγαλύτερες τιμές γλυκύτητας, έχουν όλες υψηλό ποσοστό προσθήκης μαλτιτόλης. Η μαλτιτόλη έχει το 75-90% της γλυκύτητας της σακχαρόζης, οπότε είναι λογικό να εμφανίζονται σε

αυξημένα ποσοστά προσθήκης, πιο γλυκές μεταχειρίσεις, όπως προκύπτει και από τον οργανοληπτικό έλεγχο.

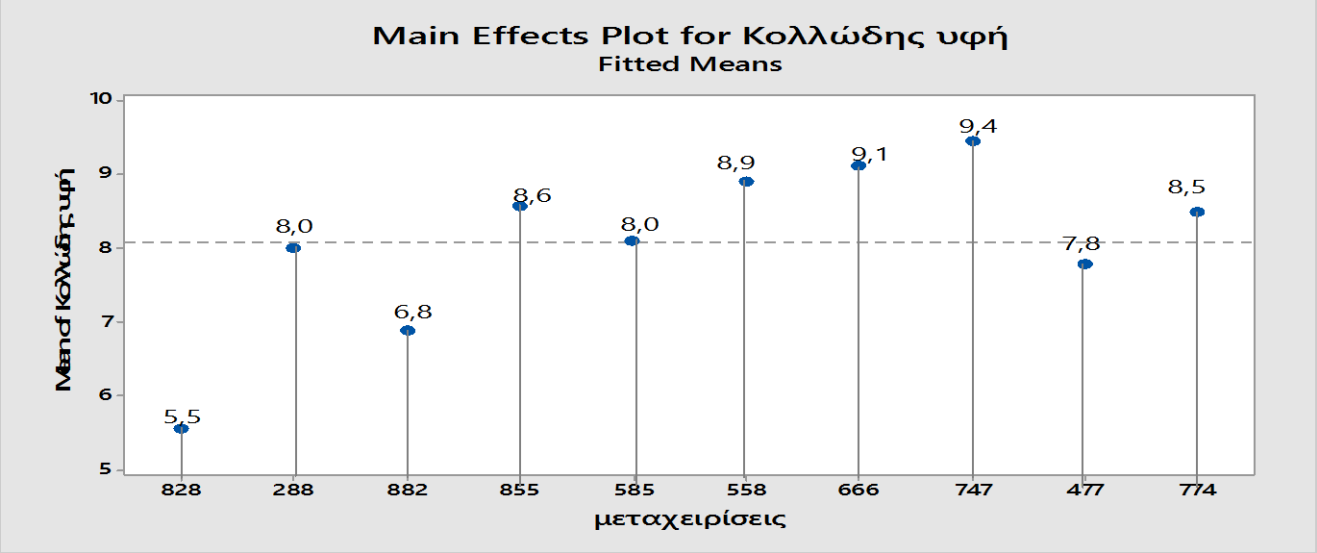


Σχήμα 3.Κατανομή των διορθωμένων μέσων τιμών της κρεμώδους υφής των δέκα μεταχειρίσεων.

Στο σχήμα 3, οι μεταχειρίσεις με την πιο κρεμώδη υφή, σύμφωνα με τους δοκιμαστές είναι οι:

- 2% ινουλίνη - 8% μαλτιτόλη - 8% γαλακτοφρουκτόζη
- 8% ινουλίνη - 5% μαλτιτόλη - 5% γαλακτοφρουκτόζη
- 5% ινουλίνη - 8% μαλτιτόλη - 5% γαλακτοφρουκτόζη
- 5% ινουλίνη - 5% μαλτιτόλη - 8% γαλακτοφρουκτόζη
- 7% ινουλίνη - 4% μαλτιτόλη - 7% γαλακτοφρουκτόζη
- 4% ινουλίνη - 7% μαλτιτόλη - 7% γαλακτοφρουκτόζη
- 7% ινουλίνη - 7% μαλτιτόλη - 4% γαλακτοφρουκτόζη

Γενικώς από το σχήμα 3, προκύπτει ότι κανένα από τα μελετώμενα συστατικά δεν επηρεάζει την κρεμώδη υφή των μεταχειρίσεων. Σχεδόν όλες οι μεταχειρίσεις, εμφάνισαν έντονη κρεμώδη υφή.



Σχήμα 4.Κατανομή των διορθωμένων μέσων τιμών των μεταχειρίσεων ως προς την κολλώδη υφή τους.

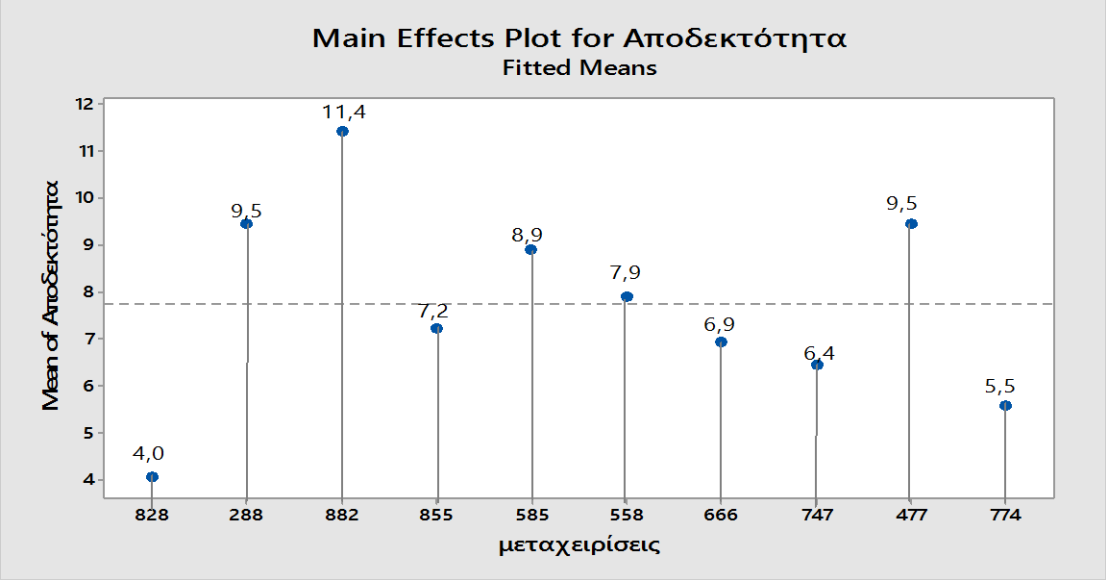
Στο Σχήμα 4,οι μεταχειρίσεις που εμφανίζουν τις μεγαλύτερες τιμές σχετικά με την κολλώδη υφή τους, είναι οι:

- 8%ινουλίνη -5%μαλτιτόλη -5%γαλακτοφρουκτόζη
- 5%ινουλίνη -5%μαλτιτόλη -8%γαλακτοφρουκτόζη
- 6%ινουλίνη -6%μαλτιτόλη -6% γαλακτοφρουκτόζη
- 7%ινουλίνη -4%μαλτιτόλη -7%γαλακτοφρουκτόζη
- 7%ινουλίνη -7%μαλτιτόλη -4%γαλακτοφρουκτόζη

Ενώ οι μεταχειρίσεις που εμφανίζουν τις χαμηλότερες τιμές είναι οι:

- 8% ινουλίνη-2% μαλτιτόλη- 8% γαλακτοφρουκτόζη
- 8% ινουλίνη-8% μαλτιτόλη-2% γαλακτοφρουκτόζη
- 4% ινουλίνη-7% μαλτιτόλη-7% γαλακτοφρουκτόζη

Από το Σχήμα 4, προκύπτει ότι γενικά υπάρχει έντονη κολλώδης υφή στις μεταχειρίσεις.



Σχήμα 5.Κατανομή των διορθωμένων μέσων τιμών αποδοχής των μεταχειρίσεων.

Στο Σχήμα 5 παρατηρείται ότι οι μεταχειρίσεις που έγιναν αποδεκτές από τους δοκιμαστές είναι οι:

- 2%ινουλίνη -8%μαλτιτόλη -8%γαλακτοφρουκτόζη
- 8%ινουλίνη -8%μαλτιτόλη -2%γαλακτοφρουκτόζη
- 5%ινουλίνη -8%μαλτιτόλη -5%γαλακτοφρουκτόζη
- 4%ινουλίνη -7%μαλτιτόλη -7%γαλακτοφρουκτόζη

Για την αποδοχή των μεταχειρίσεων από τους δοκιμαστές, παρατηρούμε ότι, υψηλότερες τιμές αποδοχής, είχαν οι μεταχειρίσεις με αυξημένο ποσοστό προσθήκης μαλτιτόλης, όπως και στην γλυκύτητα. Είναι εμφανές ότι το σημαντικότερο κριτήριο αξιολόγησης των δειγμάτων παγωτού ήταν η γλυκύτητα τους.

Σύμφωνα με τα παραπάνω σχήματα, αποτυπώνονται τα αποτελέσματα στον Πίνακα 7.

Πίνακας 7. Αποτελέσματα οργανοληπτικού ελέγχου.

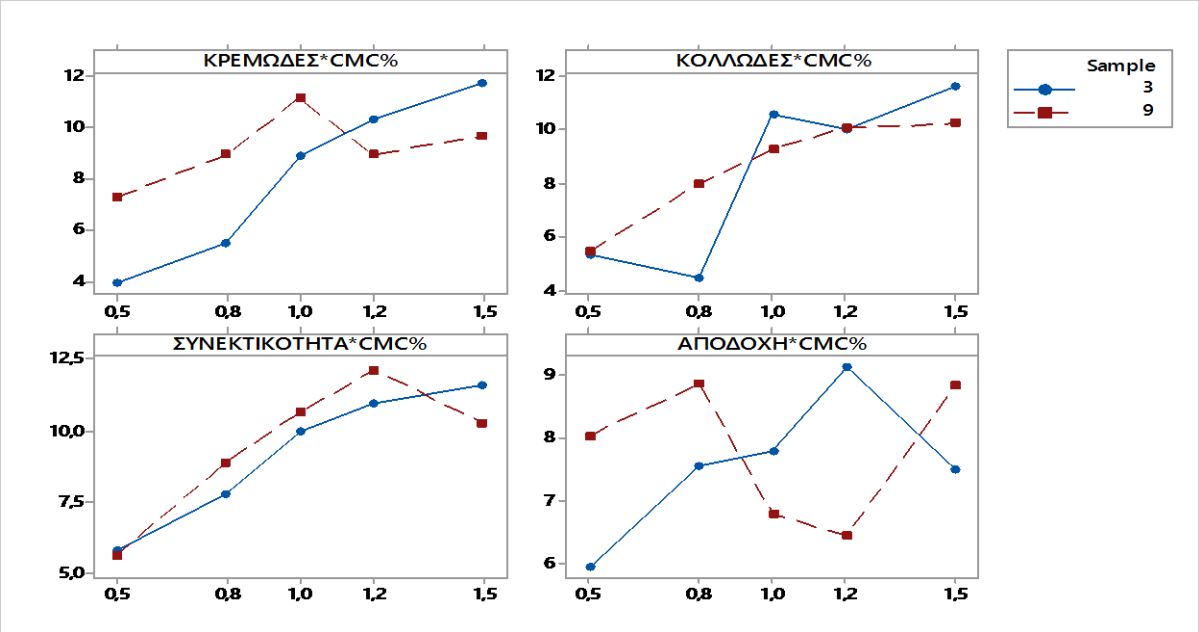
Μεταβλητές	Επιθυμητό αποτέλεσμα	Αριθμοί-Μεταχειρίσεις
Γλυκύτητα	Έντονη	2%-8%-8%, 8%-8%-2%, 4%-7%-7%
Κρεμώδης υφή	Έντονη	4%-7%-7%
Κολλώδης υφή	Μειωμένη	8%-2%-8%, 8%-8%-2%, 4%-7%-7%
Αποδοχή	Αυξημένη	2%-2%-8%, 8%-8%-2%, 4%-7%-7%

Οι μεταχειρίσεις που καλύπτουν περισσότερα τα κριτήρια που επιλέχθηκαν, είναι το εξής: **8%-8%-2%** και η **4%-7%-7%**, καθώς εκτός από την αυξημένη γλυκύτητα και αποδοχή, παρουσίασαν έντονη κρεμώδη υφή και μειωμένη κολλώδη υφή αντίστοιχα.

5.2 Αποτελέσματα δευτέρου σταδίου πειραματικής διαδικασίας

5.2.1 Αποτελέσματα οργανοληπτικού ελέγχου

Τα στατιστικά αποτελέσματα του οργανοληπτικού ελέγχου 15 δοκιμαστών παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στο Σχήμα 6.



Σχήμα 6. Μεταβολή των διορθωμένων μέσων τιμών των οργανοληπτικών μεταβλητών σε συνάρτηση με την προσθήκη CMC στις 2 μεταχειρίσεις

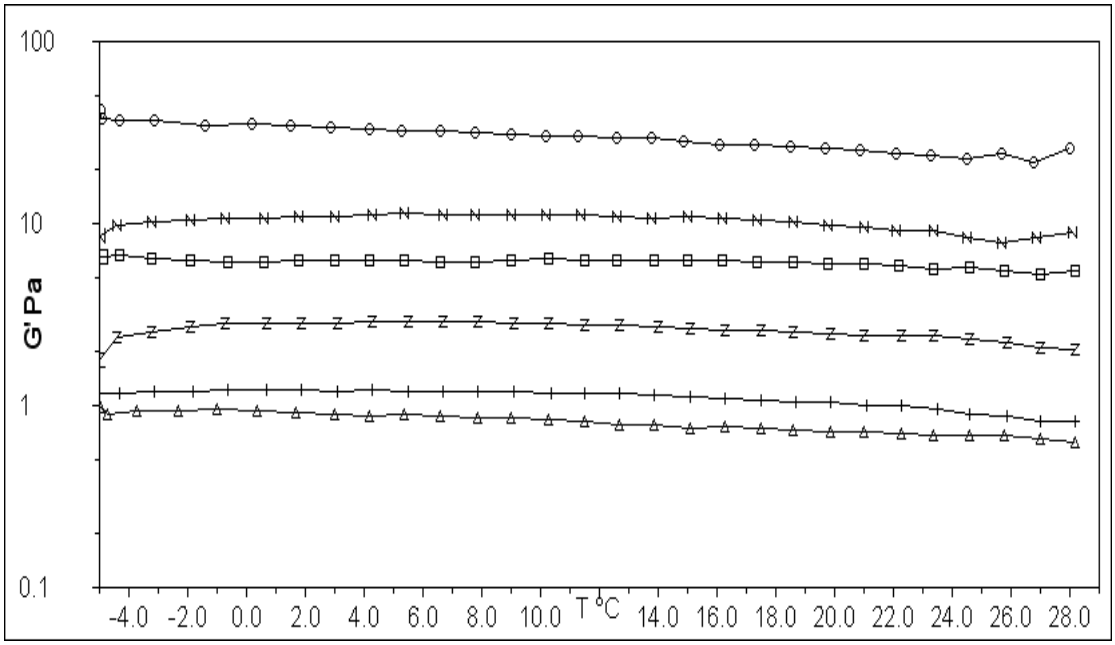
Από το Σχήμα 6, παρατηρείται ότι όσο αυξάνεται το CMC στις δύο μεταχειρίσεις, τόσο πιο κρεμώδη και κολλώδη γίνονται τα δείγματα, καθώς επίσης αυξάνεται και η συνεκτικότητα αυτών. Υπάρχει μια σταθερά αυξανόμενη τάση και είναι φυσιολογικό φαινόμενο καθώς η αύξηση της προσθήκης του CMC αυτόν τον σκοπό είχε και με τα αποτελέσματα του οργανοληπτικού επαληθεύτηκε η υπόθεση αυτή και από τους δοκιμαστές.

Μειωμένη αποδοχή, παρατηρείται στα χαμηλά ποσοστά προσθήκης CMC για την μεταχείριση ¨3¨. Όσο η προσθήκη αυξάνεται, ανάλογα αυξάνεται και η αποδοχή, ενώ μικρή πτώση υπάρχει στο υψηλότερο ποσοστό προσθήκης CMC. Αντιθέτως για την μεταχείριση ¨9¨, η αποδοχή στα χαμηλά ποσοστά προσθήκης είναι σε υψηλά επίπεδα, ενώ παράλληλα παρουσιάζεται πτώση όσο αυξάνεται η προσθήκη. Στο υψηλότερο ποσοστό προσθήκης CMC, παρατηρείται αύξηση της αποδοχής από τους δοκιμαστές.

5.2.2 Αποτελέσματα ρεολογικών μετρήσεων

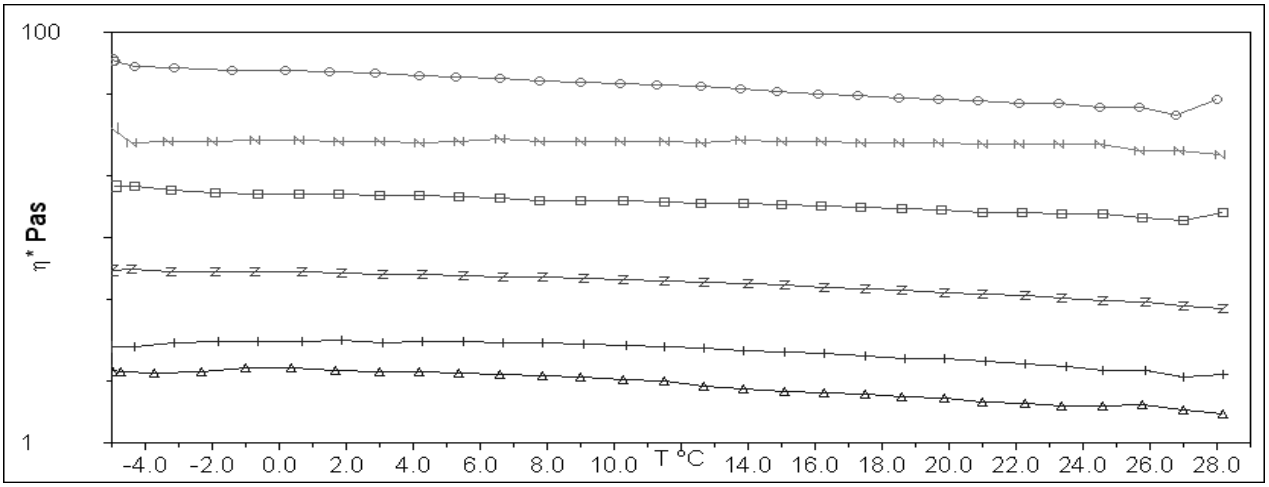
5.2.2.1 Αποτελέσματα δυναμικών δοκιμών ταλάντωσης

Στο Σχήμα 7, παρατηρείται ότι το παγωτό με ποσοστό προσθήκης CMC 1,5%, παρουσιάζει την μεγαλύτερη τιμή συντελεστή ελαστικότητας, σε σχέση με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις. Η μεταχείριση που έχει πανομοιότυπη συμπεριφορά με τον μάρτυρα, είναι το παγωτό με ποσοστό προσθήκης CMC 1,2%. Οι υπόλοιπες μεταχειρίσεις, εμφανίζουν χαμηλότερες τιμές συντελεστή ελαστικότητας.



Σχήμα 7. Μηχανικό φάσμα δυναμικής δοκιμής μεταχειρίσεων 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5 και Μάρτυρα για τον συντελεστή ελαστικότητας, σε καθεστώς θερμοκρασιακής σάρωσης με συχνότητα ταλάντωσης f=0,1 Hz. Σύμβολα: N= Μάρτυρας, Δ= 0,5%, + = 0.8%, Z= 1,0%, □=1,2%, O = 1,5%

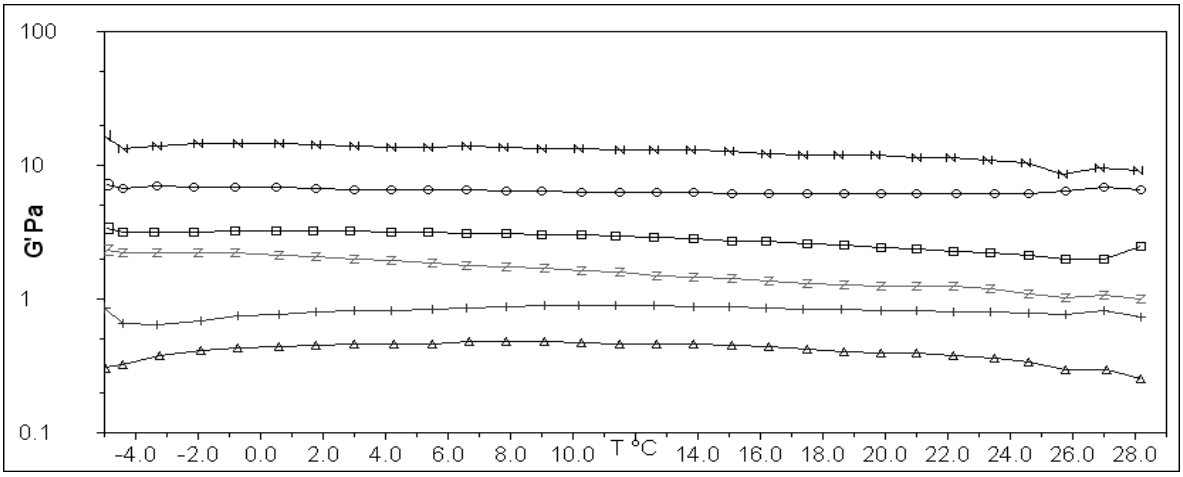
Στο Σχήμα 8, παρατηρείται ότι ο μάρτυρας παρουσιάζει σχετικά υψηλές τιμές ιξώδους, με τις μεταχειρίσεις με ποσοστό προσθήκης CMC 1,2% και 1,5% να πλησιάζουν, καθώς εμφανίζουν ελαφρώς μικρότερη και μεγαλύτερη τιμή ιξώδους αντίστοιχα. Οι υπόλοιπες μεταχειρίσεις με μικρότερα ποσοστά προσθήκης εμφανίζουν αισθητά μικρότερες τιμές ιξώδους.



Σχήμα 8.Μηχανικό φάσμα δυναμικής δοκιμής μεταχειρίσεων 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5 και Μάρτυρα για το ιξώδες, σε καθεστώς θερμοκρασιακής σάρωσης με συχνότητα ταλάντωσης f=0,1 Hz Σύμβολα: N= Μάρτυρας, Δ= 0,5%, + = 0.8%, Z= 1,0%, □=1,2%, O = 1,5%

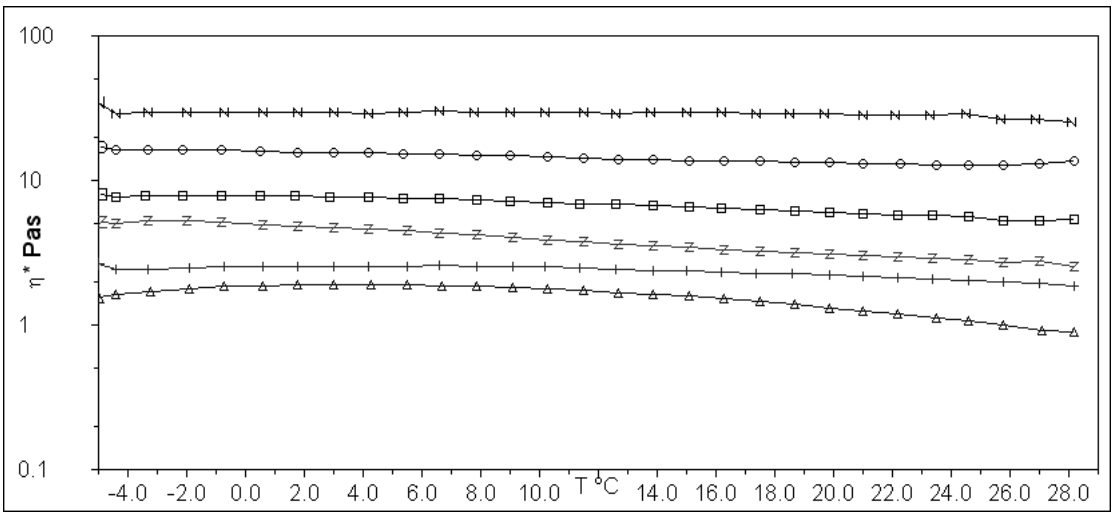
Στο Σχήμα 9, η τιμή του συντελεστή ελαστικότητας του μάρτυρα είναι μεγαλύτερη από ότι στις άλλες μεταχειρίσεις. Η διαφορά του μάρτυρα με τις

μεταχειρίσεις με ποσοστό προσθήκης CMC 1%, 1,2% δεν είναι μεγάλη, ενώ παρόμοια συμπεριφορά φαίνεται να έχει η μεταχείριση με ποσοστό προσθήκης CMC 1,5%. Οι υπόλοιπες μεταχειρίσεις εμφανίζουν αρκετά μικρές τιμές συντελεστή ελαστικότητας.



Σχήμα 9.Μηχανικό φάσμα δυναμικής δοκιμής μεταχειρίσεων 9.1, 9.2, 9.3, 9.4, 9.5 και Μάρτυρα για τον συντελεστή ελαστικότητας, σε καθεστώς θερμοκρασιακής σάρωσης με συχνότητα ταλάντωσης f=0,1 Hz. Σύμβολα: N= Μάρτυρας, Δ= 0,5%, + = 0.8%, Z= 1,0%, □=1,2%, O = 1,5%

Στο Σχήμα 10, οι τιμές ιξώδους των μεταχειρίσεων παρουσίασαν την ίδια συμπεριφορά με τις τιμές ιξωδοελαστικότητας του Σχήματος 9. Δηλαδή, ο μάρτυρας έχει τη μεγαλύτερη τιμή ιξώδους, οι μεταχειρίσεις 9.5, 9,4. 9.3 παρουσιάζουν παρόμοια συμπεριφορά με τον μάρτυρα, ενώ οι μεταχειρίσεις με τα χαμηλότερα ποσοστά προσθήκης CMC έχουν το χαμηλότερο ιξώδες.

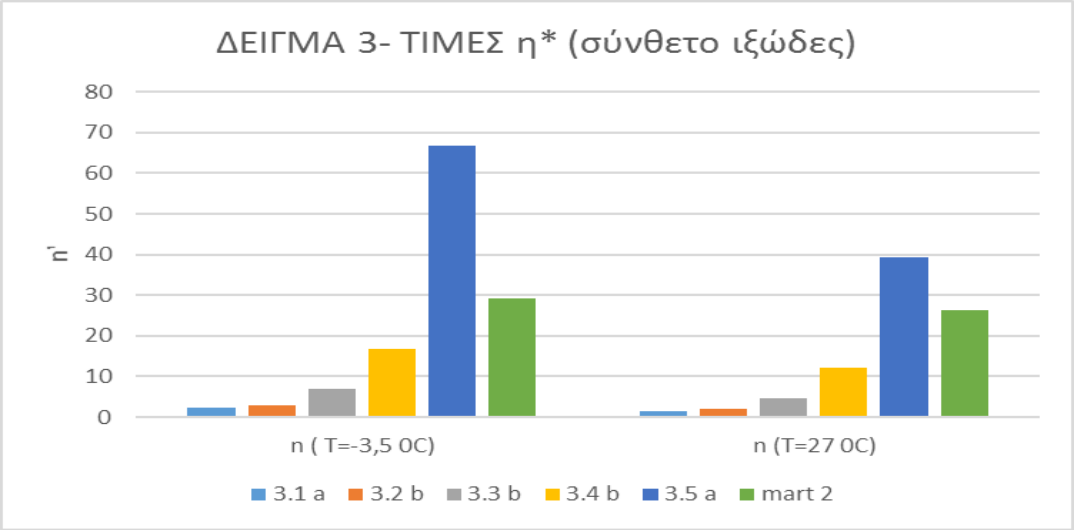


Σχήμα 10. Μηχανικό φάσμα δυναμικής δοκιμής μεταχειρίσεων 9.1, 9.2, 9.3, 9.4, 9.5 και Μάρτυρα για το ιξώδες, σε καθεστώς θερμοκρασιακής σάρωσης με συχνότητα ταλάντωσης f=0,1 Hz. Σύμβολα: N= Μάρτυρας, Δ= 0,5%, + = 0.8%, Z= 1,0%, □=1,2%, O = 1,5%

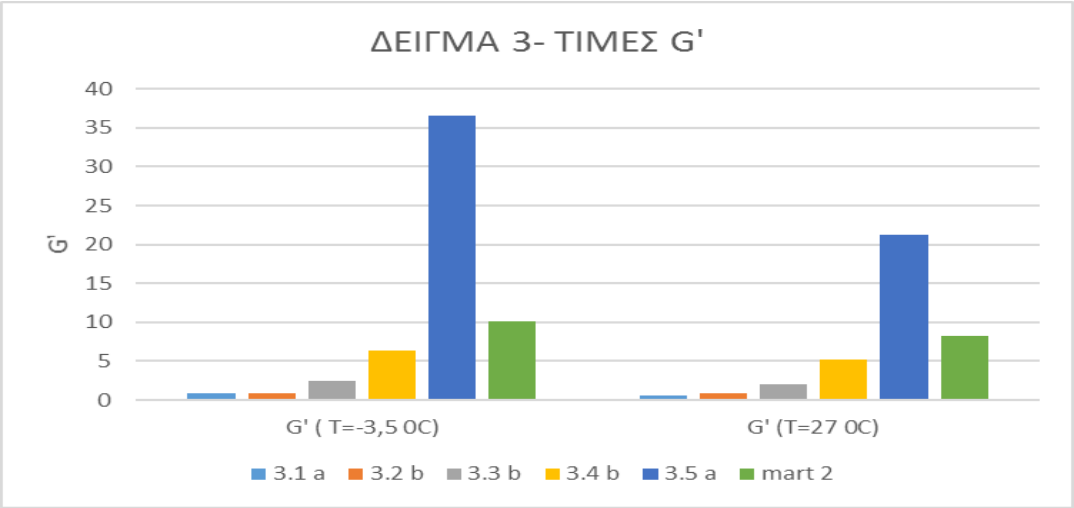
Μετά την ανάλυση των γραφημάτων των σχημάτων 7, 8, 9 και 10 προκύπτει ότι τα δείγματα σε όλο το θερμοκρασιακό φάσμα παρουσίασαν μια μηχανική

σταθερότητα, κάτι το οποίο μας δείχνει ότι το παγωτό έχει σώμα και σταθερή δομή και δεν καταρρέει. Επίσης, τα παγωτά είναι αφροί και συμπεριφέρονται ως στερεά στις θερμοκρασίες που μας ενδιαφέρουν.

Στα Σχήματα 11, 12, 13 και 14 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της δοκιμής ταλάντωσης, τα οποία αποτυπώνουν τις τιμές του συντελεστή ελαστικότητας και του σύνθετου ιξώδους για όλες τις μεταχειρίσεις, σε επιλεγμένες θερμοκρασίες -3,5^{o}Cκαι 27°C. Οι συγκεκριμένες θερμοκρασίες επιλέχθηκαν για να γίνει όσο το δυνατόν καλύτερη προσομοίωση των συνθηκών σερβιρίσματος και κατανάλωσης του παγωτού αντίστοιχα.



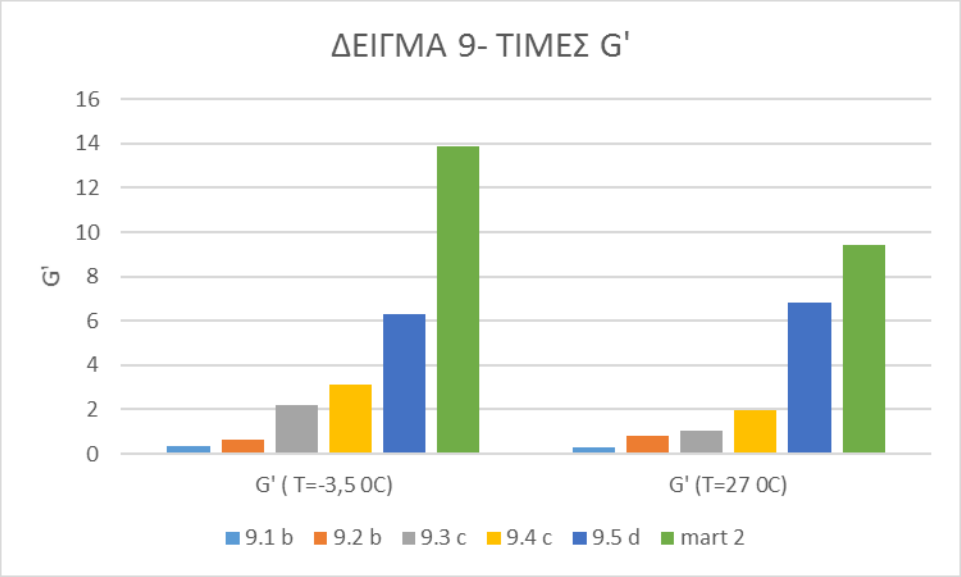
Σχήμα 11. Τιμές σύνθετου ιξώδους σε θερμοκρασίες T=-3,5^{o}Cκαι T=27°C (Συνταγή 3)



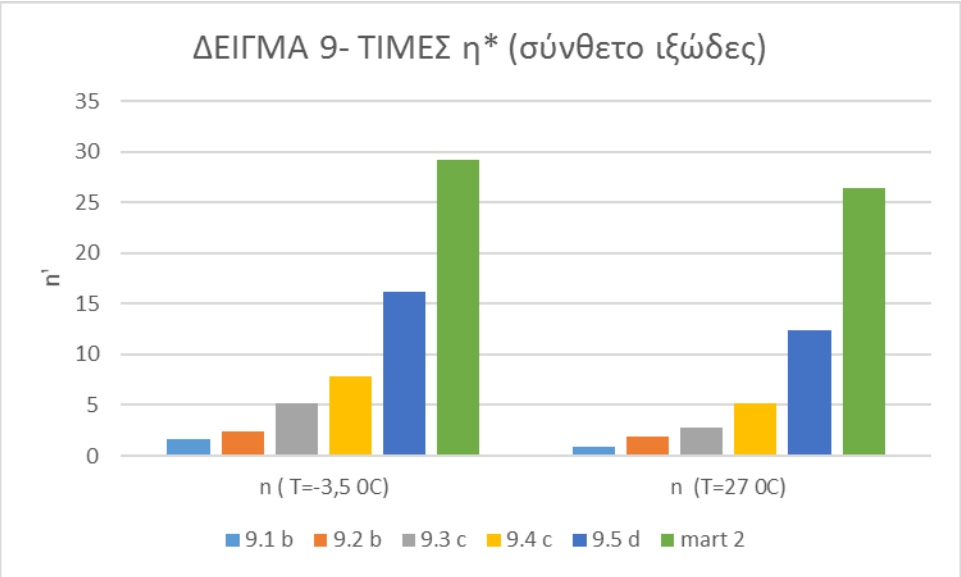
Σχήμα 12Τιμές συντελεστή ελαστικότητας σε θερμοκρασίες T=-3,5^{o}C και T=27°C (Συνταγή 3)

Στα Σχήματα 11 και 12 φαίνεται ότι και στις δυο περιπτώσεις θερμοκρασιών οι τιμές του σύνθετου ιξώδους και του συντελεστή ελαστικότητας μειώνονται σε

συνάρτηση με την θερμοκρασία. Επίσης , οι τιμές της μεταχείρισης με το μεγαλύτερο ποσοστό προσθήκης CMC είναι κατά πολύ μεγαλύτερες από τις υπόλοιπες. Η μεταχείριση που έχει τις πιο πολλές ομοιότητες με τον μάρτυρα είναι η μεταχείριση 3.4 με ποσοστό προσθήκης CMC 1,2%.



Σχήμα 13. Τιμές συντελεστή ελαστικότητας σε θερμοκρασίες T=-3,5ºC και T=27ºC (Συνταγή 9)



Σχήμα 14. Τιμές σύνθετου ιξώδους σε θερμοκρασίες T=-3,5ºC και T=27ºC (Συνταγή 9)

Σε αντίθεση με την παραπάνω κατηγορία μεταχειρίσεων (Σχήματα 13,14), ο μάρτυρας παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές σύνθετου ιξώδους και ελαστικότητας σε

σχέση με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις, ενώ η μεταχείριση που παρουσιάζει παρόμοια συμπεριφορά με τον μάρτυρα είναι η 9.5 (προσθήκη 1,5%CMC).

5.2.2.2. Αποτελέσματα δοκιμών ερπυσμού

Στην πρώτη στήλη του Πίνακα 8 παρατηρείται ότι όλες οι μεταχειρίσεις εκτός από την 3.5 έχουν μικρότερη τιμή σύνθετου ιξώδους από τον Μάρτυρα. Η μεταχείριση 9.5 με προσθήκη 1,5 % CMC πλησιάζει πολύ την τιμή του μάρτυρα. Αντίστοιχα το δείγμα 3.5 (μεταχείριση 3.5 με προσθήκη 1,5 %) δεν έχει παρόμοια συμπεριφορά καθώς είναι ιδιαίτερα αυξημένη η τιμή του ιξώδους. Χαμηλότερο ιξώδες έδωσαν οι μεταχειρίσεις με προσθήκη 0,5% και 0,8 % CMC. Παρόμοια επίπεδα ιξώδους σε σχέση με τον μάρτυρα, παρουσιάζουν οι μεταχειρίσεις 3.3 και 9.3 με ποσοστό προσθήκης 1% CMC. Οι μεταχειρίσεις με το μεγαλύτερο ποσοστό προσθήκης CMC, παρουσιάζουν κατά πολύ υψηλότερες τιμές ελαστικότητας σε σχέση με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις. Γενικά σε όλες τις μεταχειρίσεις υπάρχουν ισχυροί δεσμοί, κάτι που αποδεικνύει ότι τα παγωτά έχουν ισχυρή δομή.

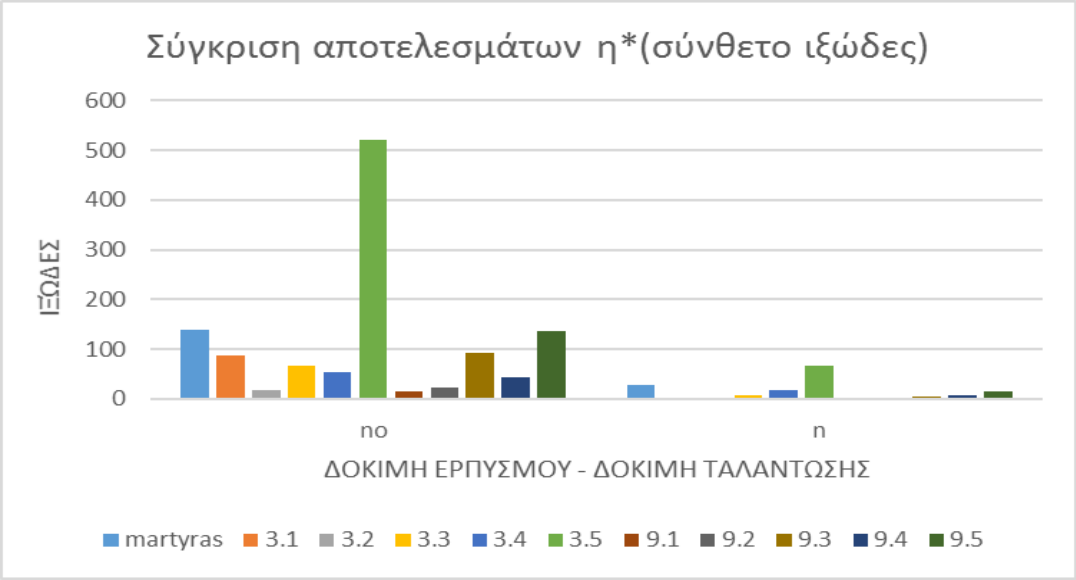
Πίνακας 8. Ρεολογικές παράμετροι δειγμάτων παγωτού, υπολογισμένες βάση των καμπυλών έρπυσης-ανάκτησης δοκιμών ερπυσμού σε θερμοκρασία -5ºC.

Δείγμα	η_o(Pa*s)	G_o (Pa)	G_g(Pa)	G_1 (Pa)	τ_1 (s)	G_2 (Pa)	τ_2 (s)	G_3 (Pa)	τ_3 (s)	G_4 (Pa)	τ_4 (s)
Μάρτυρας	139	0/90	0,37	17,6	35	24	52,5	1,1	100		
3.1	88	0,09	-	3,8	0,4	3,6	3,75	0,046	25	0,68	47
3.2	18,54	0,54	0,041	7,278	0,15	6,487	8,1	1,53	22,57	0,295	100
3.3	67,57	2,44	-	13,62	0,46	24,55	3,5	6,975	73,5		
3.4	54	0,55	0,19	9,9	0,15	20,42	55	1,5	73,5		
3.5	519,85	0,8	1,395	53	0,4	39,7	5,095	0,89	100		
9,1	15,85	0,138		3,447	0,7	0,115	100				
9.2	22,46	0,462	-	3,25	0,637	2,02	51	0,524	100		
9.3	91,31	0,432	0,5	10,79	0,26	2,48	50,7	1,445	100		
9.4	44,3	1,5	0,115	11,76	0,13	15,46	3,3	5,2	26		
9.5	137.4	1,89		60,71	0,46	30	375	1,96	47,51		

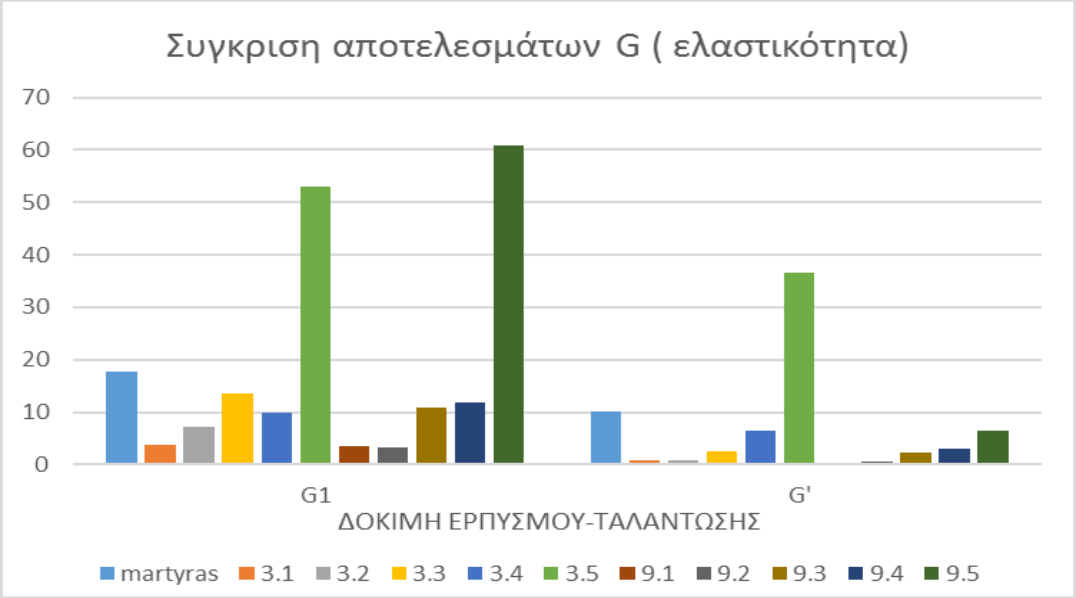
η_o: νευτώνειο ιξώδες σε καθεστώς μηδενικής διάτμησης, G_o: συντελεστής ελαστικότητας, Gg: συντελεστής στιγμιαίας ελαστικότητας, G1,2,3: συντελεστής ελαστικότητας μηχανικού στοιχείου, τ:χαρακτηριστικός χρόνος του μηχανικού στοιχείου.

5.2.2.3. Σύγκριση Αποτελεσμάτων Δοκιμής Ταλάντωσης και Ερπυσμού

Για την σύγκριση των δύο μεταχειρίσεων παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από τις δύο δοκιμές συνδυαστικά (Σχήματα 15,16).



Σχήμα 15. Σύγκριση τιμών ιξώδους των μεταχειρίσεων για τις δύο δοκιμές συνδυαστικά



Σχήμα 16. Σύγκριση τιμών ελαστικότητας των μεταχειρίσεων για τις δύο δοκιμές συνδυαστικά

Παρατηρείται ότι τα αποτελέσματα από τις δύο δοκιμές, εμφανίζουν ομοιότητες. Οι τιμές ιξώδους και ελαστικότητας που προκύπτουν από τον ερπυσμό σε σύγκριση με την ταλάντωση είναι μεγαλύτερες, καθώς στον ερπυσμό το δείγμα είναι σε μηδενική διάτμηση (στατικό) ενώ στην δοκιμή ταλάντωσης υπάρχει κίνηση.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τον οργανοληπτικό έλεγχο των δειγμάτων προκύπτει ότι:

- Όσο αυξάνεται το CMC, παράλληλα αυξάνεται η συνεκτικότητα, η κρεμώδης και η κολλώδης υφή.
- Η μαλτιτόλη απ' ότι προκύπτει από τους δοκιμαστές, είναι το σημαντικότερο συστατικό γλυκύτητας.
- Ο συνδυασμός των συστατικών ινουλίνη 4%, μαλτιτόλη 7% και γαλακτοφρουκτόζη 7%, δείχνει ότι σε χαμηλά ποσοστά CMC δίνουν δείγματα που είναι πιο κρεμώδη σε σχέση με τα δείγματα που περιέχουν αυξημένο ποσοστό ινουλίνης.
- Όσον αφορά την συνεκτικότητα, η αναλογία των υπόλοιπων συστατικών δεν δείχνει να επηρεάζει την δομή, ενώ παράλληλα είναι εμφανές ότι όσο αυξάνουμε το ποσοστό προσθήκης του CMC, τόσο πιο συνεκτικό γίνεται το προϊόν.
- Οι δοκιμαστές κατέταξαν σε υψηλό επίπεδο αποδοχής τα δείγματα που περιείχαν 8% ινουλίνη, 8% μαλτιτόλη, 2% γαλακτοφρουκτόζη και CMC 1,2%.
- Οι ρεολογικές μετρήσεις έδειξαν ότι τα επιλεγμένα δείγματα διατήρησαν σταθερή τη δομή τους σε όλο το εύρος των θερμοκρασιών στις οποίες μετρήθηκαν.
- Οι ρεολογικές μετρήσεις στην θερμοκρασία των 27°C, δείχνουν μείωση στις τιμές του σύνθετου ιξώδους και της ελαστικότητας τους, κάτι που είναι επιθυμητό καθώς στις συγκεκριμένες θερμοκρασίες το παγωτό αρχίζει και λιώνει μέσα στην στοματική κοιλότητα του καταναλωτή.
- Το δείγμα με αυξημένο ποσοστό ινουλίνης 8% και 1,5% CMC, εμφανίζει τις υψηλότερες τιμές ιξώδους και ελαστικότητας πιθανώς λόγω συνέργειας μεταξύ ινουλίνης και CMC.

7. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

Από την στιγμή που το συγκεκριμένο προϊόν, προορίζεται προς ευρεία κατανάλωση στο μέλλον θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί μια έρευνα η οποία θα απευθύνεται στο καταναλωτικό κοινό. Στην έρευνα αυτή θα μπορούσε να μοιράζεται σε έναν ικανοποιητικό αριθμό καταναλωτών (n=200), ένα ειδικά επεξεργασμένο ερωτηματολόγιο, από το οποίο θα μπορούσαν εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα για την αποδοχή και την δυναμικότητα του συγκεκριμένου προϊόντος

Παράλληλα θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί κλινική έρευνα σε ευπαθείς ομάδες (τρίτη ηλικία, διαβητικούς, παχύσαρκους), για να ελεγχθούν οι διάφορες θετικές είτε αρνητικές επιπτώσεις που μπορεί να υπάρχουν για την υγεία τους και παράλληλα αν είναι δυνατή η πιστοποίηση του για να μπορεί να προταθεί το προϊόν ως υγιεινή πρόταση διατροφής.

Τέλος μια επιπλέον ενδιαφέρουσα προοπτική είναι η παραγωγή παγωτού χαμηλής θερμιδικής αξίας με την χρήση φυτικού γάλακτος (αμυγδάλου, ρυζιού, σόγιας), καθώς τελευταία η ζήτηση για προϊόντα vegan είναι ιδιαίτερα αυξημένη.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική βιβλιογραφία:

.

- Καραουλάνης Γ.Δ. (1995). Η Χρήση των Πρόσθετων Ουσιών στην Τεχνολογία των Τροφίμων. Εκδόσεις Art of Text, Θεσσαλονίκη.
- Κεχαγιάς Χ. (1997). Τεχνολογία Γάλακτος & Γαλακτοκομικών Προϊόντων. Εκδόσεις Ίων, Αθήνα. σελ. 217–224
- Κώδικας Τροφίμων - Ποτών (2009). Γενικό Χημείο του Κράτους, Ανώτατο Χημικό Συμβούλιο, Αθήνα
- Μαντής Α.Ι. (2005). Υγιεινή και τεχνολογία του γάλακτος και των προϊόντων του. Γ' έκδοση, Εκδόσεις Κυριακίδη, Θεσσαλονίκη
- Πετρίδης Δ.(2000). Εφαρμοσμένη Στατιστική (με έμφαση στην επιστήμη των τροφίμων). 1η Έκδοση, Εκδόσεις Όμηρος, Θεσσαλονίκη.
- Belitz .H.D., GroschW., Schieberle P. (2006). Χημεία Τροφίμων. Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη

Ξενόγλωσση βιβλιογραφία:

- AbdEl-Rahman A. M., Madkor S.A., Ibrahim F.S., Kilara . A. (1997). Physical Characteristics of frozen desserts made with cream anhydrous milk fat or milk fat fractions. *Journal of Dairy Science*, 80, 1926 – 1935
- Aphirak P., Rongkom H., Wirjantoro T.I. (2012). Effect of fat replacer systems and maltitol on qualities of fat and calorie reduced dairy ice cream. *Journal of Natural Science*, 11,193-204
- Bot A., Erle D., Vreeker R., Agderof W.G., (2004). Influence of crystallization conditions on the large defonnation rheology of inoulin gels. *Journal of Food Hydrocolloids*, 18, 547-556
- Branen L.A., Davidson, M.P., Salminen, S. (1990). Food Additives. Marcel Dekker Inc, New York
- Darby R. (1996). Chemical engineering fluid mechanics. Marcel Dekker, New York

- Dickinson E. (1999). Caseins in emulsions: interfacial properties and interactions, *International Dairy Journal*, 9, 305-312
- Dogan M. (2011). Rheological behavior and physicochemical properties of kefir with honey. *Journal of Consumer Protection and Food Safety*, 63, 327-332
- Ferry J. D. (1980) Viscoelastic Properties of Polymers, 3rd Edition. J. Wiley & Sons, New York
- Garti N. (1999). What can nature offer from an emulsifier point of view: trends and progress. *Colloids and Surfaces, Physicochemical and engineering aspects*, 152, 125-146
- Granger C., Leger A., Barey P., Langendorff V., Cansell M. (2005). Influence of formulation on the structural networks in ice cream. *International Dairy Journal*, 23, 255 - 262.
- Gwartney E.A., Larick D.K., Foegeding E.A. (2004). Sensory texture and mechanical properties of stranded and particulate whey protein emulsion gels, *Journal of Food Science, 69, 333-339*
- Quinzio G. (2009). Of sugar and snow, A history of ice cream making. Univercity of California Press, Berkeley
- Kim Y., FaqihM. N., Wang S.S. (2001). Factors affecting gel formation of inulin. *Journal of Carbohydrate Polymers*, 46, 135-145
- Klesment T., Stekoltsikova J., Laos K. (2014). Influence of guar gum/furcellaran and guar gum/carrageenan stabilizer systems on the rheological and sensorial properties of ice cream during storage. *Journal of Food Science, 63, 193-198*
- Lobato L.P., Grossmann M.V., Benassi M.T.(2009). Inulin Addition in Starch-based Dairy Desserts: Instrumental texture and sensory aspects. *Journal of Food Science and Technology, 15,317-323*
- McClements D. J. (1999) Food Emulsions: Principles, practice and techniques. CRC Press LLC, New York

- Mullin J. W. (1992). Crystallization. 3rd Edition, Butterworth-Heinemann Press, Oxford
- Ohmes R., Marshall R.T., Heymann H. (1998). Sensory and physical properties of ice creams containing milk fat or fat replacers. *Journal of dairy science*, 81, 1222-1228
- Patel M.R, Baer R.J., Acharya R. (2006). Increasing the protein content of ice cream. *Journal of Dairy Science* ,89, 1400-1406
- Patino R., Dickinson E. (1999). Food Emulsions and Foams: Interfaces, Interactions and Stability.The Royal Society of Chemistry, Cambridge
- Perry H. R. (1999). Perry´s Chemical EngineersHandbook, 7th Edition. McGraw – Hill Book Company, Singapore
- Prindiville E.A., Marshall R.T., Heymann H. (2000). Effect of milk fat, cocoa butter, and whey protein fat replacers on the sensory properties of low fat and nonfat chocolate ice cream. *Journal of Diary Science*, 83, 2216-2223
- Marshall R.T, Goff H.D., Hartel R.W. (2003). *Ice Cream, 6th Edition.* Chapman & Hall, New York
- Steffe J. F. (1996). Rheological methods in food process engineering. 2nd edition. Freeman Press, USA.
- Stogo M. (1998). Ice Cream and Frozen Deserts: A Commercial Guide to Production and Marketing 1st Edition.Wiley, New York