

**ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ  
ΙΔΡΥΜΑ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ**

**ΤΜΗΜΑ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ:**

**«ΔΙΑΤΡΟΦΗ ΚΑΙ ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑ»**

**ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ**

**«ΔΙΑΤΡΟΦΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΤΡΟΦΙΜΑ»**

**ΤΙΤΛΟΣ:**

**ΔΙΕΡΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΣΕ ΠΡΟΣΘΕΤΑ  
ΠΑΓΩΤΟΥ**

**ΙΩΑΝΝΗΣ ΕΡΚΕΚΟΓΛΟΥ**

**ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ, 2018**

**ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ  
ΙΔΡΥΜΑ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ,  
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ**

**ΤΜΗΜΑ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
«ΔΙΑΤΡΟΦΗ ΚΑΙ ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑ»**

**ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ  
«ΔΙΑΤΡΟΦΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΤΡΟΦΙΜΑ»**

**Τίτλος**

**Διερεύνηση των ιδιοτήτων σε πρόσθετα παγωτού**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Ιωάννης Ερκέκογλου, Χημικός, Μεταπτυχιακός φοιτητής**

**Επιβλέπων καθηγητής: Αθανάσιος Παπαδόπουλος, Καθηγητής**

**ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ, ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2018**

**ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ  
ΙΔΡΥΜΑ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ,  
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ**

**ΤΜΗΜΑ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
«ΔΙΑΤΡΟΦΗ ΚΑΙ ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑ»**

**ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ  
«ΔΙΑΤΡΟΦΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΤΡΟΦΙΜΑ»**

**Τίτλος**

**Διερεύνηση των ιδιοτήτων σε πρόσθετα παγωτού**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

Ιωάννης Ερκέκογλου, Χημικός, Μεταπτυχιακός φοιτητής

**ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ:** Αθανάσιος Παπαδόπουλος – Καθηγητής, Αλεξάνδρειο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Θεσσαλονίκης

**ΜΕΛΟΣ:** Μαρία Χασαπίδου – Καθηγήτρια, Αλεξάνδρειο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Θεσσαλονίκης

**ΜΕΛΟΣ:** Αγαθή Πρίτσα – Επίκουρη Καθηγήτρια, Αλεξάνδρειο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Θεσσαλονίκης

**ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ, ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2018**

***ΣΕΛΙΔΑ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΩΝ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΩΝ***

copyright ©2018, Ιωάννης Ερκέκογλου

**ALL RIGHTS RESERVED**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**

**«ΔΙΑΤΡΟΦΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΤΡΟΦΙΜΑ»**

**Εγκρίθηκε την .....**

**ΒΑΘΜΟΣ: ΑΡΙΣΤΗ:.....**

**ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:**

**ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ**

**ΥΠΟΓΡΑΦΗ**

**Αθανάσιος Παπαδόπουλος, Καθηγητής**

.....

**Μαρία Χασαπίδου, Καθηγήτρια**

.....

**Αγαθή Πρίτσα, Επικουρη Καθηγήτρια**

.....

*Αφιερωμένο  
στον ανιψιό μου  
και σε όλους  
τους σύγχρονους σκλάβους  
της μνημονιακής,  
καπιταλιστικής Ελλάδας.  
Θέλει Αρετή και Τόλμη  
η ελευθερία...*

## Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του προγράμματος μεταπτυχιακών σπουδών στην Διατροφή και Διαιτολογία με κατεύθυνση Λειτουργικά Τρόφιμα κατά το χρονικό διάστημα Ιούλιος 2017-Σεπτέμβριος 2018.

Θα ήθελα να εκφράσω τις πιο θερμές μου ευχαριστίες στον επιβλέποντά μου, καθηγητή Αθανάσιο Παπαδόπουλο για την ευκαιρία που μου προσέφερε να παρακολουθήσω το συγκεκριμένο πρόγραμμα σπουδών. Τον ευχαριστώ για την συνεχή παρουσία του, την επιστημονική επίβλεψη, την ενθάρρυνση και την υποστήριξη σε όλη την διάρκεια των σπουδών και της διπλωματικής μου εργασίας.

Ευχαριστώ ακόμα, τα μέλη της τριμελούς επιτροπής: κα. Μαρία Χασαπίδου, καθηγήτρια και την κα Αγαθή Πρίτσα, για τις εύστοχες παρατηρήσεις τους κατά τη διόρθωση της διπλωματικής εργασίας.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω όλο το επιστημονικό προσωπικό για τις γνώσεις που μου μετέδωσαν κατά τις μεταπτυχιακές μου σπουδές και τους συμφοιτητές μου για το ευχάριστο κλίμα που επικρατούσε στα μαθήματα.

Ευχαριστώ ακόμα ιδιαίτερα τους φίλους μου Χρυσάνθη Σερβία, Γεώργιο Ψιμόπουλο, Νίκο Βαβαλέκα, Δέσποινα Κλαλιώτου, Δήμητρα Γρηγοριάδου και Κωνσταντίνο Τραγούδα για το ευχάριστο κλίμα κατά την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας.

Ευχαριστώ ολόψυχα τους φίλους μου Αντώνιο Ασημίνα και Νικόλαο Ελευθεριάδη για τη διαρκή υποστήριξη, την ηλεκτρονική βιβλιογραφία και την βοήθεια στην στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων, καθώς και την Βασιλική Κεχαγιά για τη συνεχή συμπαράσταση κατά την ολοκλήρωση της παρούσας διατριβής.

Τελειώνοντας, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την οικογένειά μου, τον πατέρα μου Νίκο, την μητέρα μου Ολυμπία, την αδερφή μου Λένα για την αμέριστη αγάπη τους, την κατανόηση τους και τη διαρκή συμπαράσταση και ενθάρρυνσή τους όλα αυτά τα χρόνια σε κάθε μου βήμα.

Ιωάννης Ερκέκογλου,  
Θεσσαλονίκη, 2018

## Περίληψη

Τα τελευταία χρόνια, η υψηλή κατανάλωση απλών υδατανθράκων και πιο συγκεκριμένα ζάχαρης, έχει οδηγήσει στην αύξηση του επιπολασμού διάφορων παθήσεων όπως η παχυσαρκία, ο διαβήτης τύπου II, οι δυσλιπιδαιμίες κ.α. Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας σε συνεργασία με άλλους διεθνείς οργανισμούς και τις κυβερνήσεις των χωρών όλου του κόσμου, έχουν εκδώσει οδηγίες σχετικά με τη μείωση της ζάχαρης στα επεξεργασμένα τρόφιμα. Η μείωση της ζάχαρης σε αρκετά τρόφιμα δεν μπορεί να λάβει χώρα, όχι μόνο λόγω της επίδρασης της αντικατάστασης της στην γεύση των προϊόντων, τα οποία δεν είναι αποδεκτά από τον καταναλωτή, αλλά κυρίως λόγω της επίδρασης στις ρεολογικές ιδιότητες και στην δομή και υφή αυτών. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι η βιομηχανία παγωτού καθώς τα προϊόντα παγωτού περιέχουν ζάχαρη σε ποσοστό 30%, ενώ τα σιρόπια που χρησιμοποιούνται σαν πρόσθετα περιέχουν ζάχαρη σε ποσοστό 50-65%. Στην παρούσα διατριβή έγινε προσπάθεια μελέτης της επίδρασης της συγκέντρωσης διάφορων πηκτωματογόνων παραγόντων και γλυκαντικών ουσιών στις ρεολογικές ιδιότητες και την υφή των πηκτωμάτων, καθώς και της επίδρασης της αντικατάστασης της ζάχαρης με άλλες γλυκαντικές ουσίες στην γεύση του τελικού προϊόντος με σκοπό την ανάπτυξη ενός σιροπιού χωρίς προσθήκη ζάχαρης. Οι πηκτωματογόνοι παράγοντες που μελετήθηκαν ήταν η πηκτίνη, η καραγενάνη, το κόμμι γκουάρ, η ζελατίνη και το άμυλο (πιο συχνά χρησιμοποιούμενοι πηκτωματογόνοι παράγοντες στην βιομηχανία παγωτού), ενώ οι γλυκαντικές ουσίες που μελετήθηκαν για την αντικατάσταση της ζάχαρης ήταν το ιμπερτοσάκχαρο, η δεξτρόζη, η σορβιτόλη και η πολυδεξτρόζη σε συνδυασμό με ασπαρτάμη και ακεσουλφάμη. Η επίδραση της αντικατάστασης της ζάχαρης στην γλυκιά γεύση μελετήθηκε με γευστική δοκιμή ζεύγους από πάνελ που δημιουργήθηκε κι εκπαιδεύτηκε γι' αυτό το σκοπό. Οι ρεολογικές ιδιότητες και οι ιδιότητες υφής που μελετήθηκαν ήταν το ιξώδες, το hardness, το adhesiveness, το cohesiveness, το fracturability και το gumminess. Σύμφωνα με αυτή την μελέτη, δεν είναι δυνατή η απλή αντικατάσταση της ζάχαρης με οποιαδήποτε γλυκαντική ουσία και για να επιτευχθεί αντικατάσταση της ζάχαρης απαιτείται η χρήση δύο ή περισσότερων γλυκαντικών υλών.

## Λέξεις Κλειδιά

Πηκτωματογόνοι παράγοντες, γλυκαντικές ουσίες, πηκτώματα, χωρίς προσθήκη ζάχαρης, ρεολογικές ιδιότητες



### Abstract

Last decades, the high consumption of simple carbohydrates, and more specifically sugar, has led to an increase in the prevalence of various diseases such as obesity, type II diabetes, dyslipidemias etc. The World Health Organization, in collaboration with other international organizations and governments of countries around the world, has issued guidelines on reducing sugar in processed foods. The reduction of sugar in several foods can not take place, not only because of the effect of its substitution on the taste of the final products, which are not acceptable by the consumer, but also because the effect on their rheological properties and their structure and texture. One such example is the ice cream industry, as ice cream products contain 30% sugar, whereas the syrups used as additives contain 50-65% sugar. This research attempts to study the effect of the concentration of various gelling agents and sweeteners on the rheological properties and texture of the gels as well as the effect of replacing sugar with other sweeteners on the taste of the final product in order to develop a syrup without added sugar. The gelling agents studied were pectin, carrageenan, guar gum, gelatin and starch (most commonly used gelling agents in the ice cream industry), while sweeteners studied to replace sugar were invert sugar, dextrose, sorbitol and polydextrose in combination with aspartame and acesulfame. The effect of sugar replacement on the sweet taste was studied using panel created and trained for this purpose. The rheological properties and texture properties studied were viscosity, hardness, adhesiveness, cohesiveness, fracturability and gumminess. According to this study, it is not possible to simply substitute sugar with any sweetener and two or more sweeteners must be used to replace the sugar.

### Keywords

Gelling agents, sweeteners, gels, sugar-free, rheological properties

## Περιεχόμενα

Πρόλογος.....	6
Περίληψη.....	7
Abstract .....	8
Ευρετήριο Πινάκων.....	13
Ευρετήριο Εικόνων .....	15
1. Εισαγωγή .....	17
1.1. Πηκτώματα.....	21
1.2. Πηκτωματογόνοι παράγοντες.....	22
1.2.1. Ζελατίνη .....	24
1.2.2. Πρωτεΐνες σόγιας .....	25
1.2.3. Πρωτεΐνες του ορού του γάλακτος.....	25
1.2.4. Καζεΐνες.....	26
1.2.5. Πρωτεΐνες του αυγού.....	26
1.2.6. Αλγινικά άλατα .....	26
1.2.7. Πηκτίνη .....	27
1.2.8. Άγαρ .....	28
1.2.9. Άμυλο.....	29
1.2.10. Καραγενάνη.....	29
1.2.11. Κόμμι κυτταρίνης.....	30
1.2.12. Κόμμι τζελάν (Gellan gum).....	31
1.2.13. Κόμμι γκουάρ (Guar gum) .....	31
1.2.14. Κόμμι χαρουπιού (Locust bean gum).....	31
1.2.15. Κόμμι ξανθάνης (Xanthan gum) .....	32
1.2.16. Μικτά πηκτώματα .....	32
1.2.17. Συνθήκες που επηρεάζουν τον σχηματισμό πηκτωμάτων.....	33
1.2.17.1. Θερμοκρασία .....	33
1.2.17.2. Πίεση .....	33
1.2.17.3. Παρουσία ιόντων.....	34
1.2.17.4. pH.....	34
1.2.17.5. Παρουσία ενζύμων .....	34
1.2.17.6. Διαλύτης .....	34
1.2.17.7. Συγκέντρωση πηκτωματογόνου παράγοντα .....	35
1.2.17.8. Γραμμομοριακή μάζα/ Βαθμός πολυμερισμού .....	35
1.3. Γλυκαντικές ύλες .....	35
1.3.1. Φυσικές ζαχαρούχες γλυκαντικές ύλες .....	36

1.3.1.1.	Ζάχαρη.....	36
1.3.1.2.	Ιμβερτοσάχαρο.....	36
1.3.1.3.	Γλυκαντικές ύλες που προέρχονται από το άμυλο.....	37
1.3.1.3.1.	Δεξτρόζη.....	38
1.3.1.3.2.	Σιρόπι γλυκόζης.....	38
1.3.1.3.3.	Φρουκτόζη/ Σιρόπι φρουκτόζης.....	39
1.3.1.3.4.	Δεξτρίνες.....	39
1.3.1.3.5.	Μαλτοδεξτρίνες.....	39
1.3.2.	Φυσικές μη ζαχαρούχες γλυκαντικές ύλες-Πολυόλες.....	39
1.3.2.1.	Σορβιτόλη (E 420).....	40
1.3.2.2.	Μαννιτόλη (E 421).....	40
1.3.2.3.	Ξυλιτόλη (E 967).....	41
1.3.2.4.	Ερυθριτόλη (E 968).....	41
1.3.2.5.	Μαλιτιτόλη (E 965).....	41
1.3.2.6.	Λακτιτόλη (E 966).....	41
1.3.2.7.	Ισομαλτόζη (E 953).....	41
1.3.3.	Γλυκαντικά συνθετικής παρασκευής.....	42
1.3.3.1.	Ακεσουλφαμικό Κάλι (E 950).....	42
1.3.3.2.	Ασπαρτάμη (E 951).....	42
1.3.3.3.	Κυκλαμικά (E 952).....	42
1.3.3.4.	Νεοεσπεριδίνη (E 959).....	43
1.3.3.5.	Ζαχαρίνη (E 954).....	43
1.3.3.6.	Σουκραλόζη (E 955).....	43
1.3.4.	Άλλες γλυκαντικές ύλες.....	44
1.3.4.1.	Θαυματίνη (E 957).....	44
1.3.4.2.	Στεβιοζίτης-γλυκοζίτης της στεβιόλης.....	44
1.4.	Ιδιότητες πηκτωμάτων και τεχνικές χαρακτηρισμού πηκτωμάτων.....	44
1.4.1.	Μέγεθος σωματιδίων, σχήμα και δομή.....	44
1.4.1.1.	Ανάλυση διάθλασης με λέιζερ.....	45
1.4.1.2.	Μικροσκοπία.....	45
1.4.1.3.	Τεχνικές NMR.....	45
1.4.2.	Υφή.....	45
1.4.3.	Ιξώδες.....	46
1.4.4.	Γεύση - Οσμή.....	48
1.4.4.1.	Οργανοληπτική εκτίμηση / αξιολόγηση των τροφίμων.....	49
1.4.4.2.	Δοκιμές οργανοληπτικής εκτίμησης.....	49

1.4.4.2.1.	Τριγωνική δοκιμή (ISO 4120: 2004).....	50
1.4.4.2.2.	Δοκιμή Duo-Trio (ISO 10399: 2004).....	50
1.4.4.2.3.	Δοκιμή ‘Α’ όχι ‘Α’ (ISO 8588: 1987).....	50
1.4.4.2.4.	Δοκιμή σύγκρισης ζεύγους (ISO 5495: 1983).....	50
1.4.4.2.5.	Δοκιμή Κατάταξης (ISO 8587: 2006).....	51
1.4.4.2.6.	Μέθοδοι βαθμολόγησης με κλίμακες (ISO 4121: 1987).....	51
1.4.4.2.7.	Αναλογική διαβάθμιση.....	51
1.4.4.2.8.	Περιγραφική οργανοληπτική ανάλυση.....	51
1.5.	Επίδραση της κατανάλωσης ζάχαρης στην υγεία του ανθρώπου.....	51
1.5.1.	Παχυσαρκία.....	51
1.5.2.	Διαβήτης.....	53
1.5.3.	Καρδιαγγειακά και μεταβολικά νοσήματα και δυσλιπιδαιμίες.....	53
1.5.4.	Στοματική υγεία-Τερηδόνα.....	54
1.5.5.	Μικροβίωμα.....	55
2.	Υλικά.....	57
2.1.	Γλυκαντικές ενώσεις.....	57
2.2.	Πηκτωματογόνοι παράγοντες.....	57
2.3.	Λοιπές ενώσεις-Διαλύτες.....	57
2.4.	Όργανα-Συσκευές-Σκεύη.....	58
2.5.	Μέθοδοι.....	59
2.5.1.	Παρασκευή πρότυπων διαλυμάτων.....	59
2.5.2.	Παρασκευή πηκτωμάτων.....	59
2.5.3.	Δημιουργία πάνελ δοκιμαστών.....	60
2.5.4.	Δοκιμασία κατάταξης γλυκιάς γεύσης.....	61
2.5.5.	Δοκιμασία ζεύγους-‘Α’, όχι ‘Α’.....	62
2.5.6.	Προσδιορισμός ιξώδους.....	62
2.5.7.	Ανάλυση Υφής.....	63
2.5.8.	Προσδιορισμός συγκέντρωσης σακχάρων (Brix).....	64
2.5.9.	Στατιστική επεξεργασία.....	64
3.	Αποτελέσματα-Συζήτηση.....	65
3.1.	Μελέτη της επίδρασης της αντικατάστασης της ζάχαρης με άλλες γλυκαντικές ουσίες στην γλυκύτητα.....	65
3.2.	Επίδραση των πηκτωματογόνων παραγόντων στις ρεολογικές ιδιότητες και την υφή των πηκτωμάτων.....	71
3.3.	Επίδραση των γλυκαντικών υλών στις ρεολογικές ιδιότητες και την υφή των πηκτωμάτων.....	83

3.4. Ανάπτυξη σιροπιού χωρίς προσθήκη ζάχαρης .....	96
4. Συμπεράσματα .....	100
5. Προτάσεις για μελλοντική έρευνα.....	101
6. Βιβλιογραφία .....	103
Παράρτημα .....	111

## Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 1. Υδροκολλοειδή που χρησιμοποιούνται σαν πηκτωματογόνοι παράγοντες (Banerjee S., 2012).....	23
Πίνακας 2. Πρωτεΐνες που χρησιμοποιούνται σαν πηκτωματογόνοι παράγοντες (Banerjee S., 2012).....	24
Πίνακας 3. Χαρακτηριστικά γλυκαντικών υλών (Douglas H. Goff, 2013). ....	37
Πίνακας 4. Πρότυπα διαλύματα που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διαδικασία επιλογής δοκιμαστών για την δημιουργία πάνελ και ο 3ψήφιος κωδικός τους. ....	61
Πίνακας 5. Διαλύματα που δημιουργήθηκαν για την δοκιμή κατάταξης της γλυκιάς γεύσης των γλυκαντικών ουσιών που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα διατριβή... ..	62
Πίνακας 6. Ηλικία και φύλλο των δοκιμαστών, βαθμολογία σε κάθε δοκιμασία, συνολική βαθμολογία και τελική επιλογή δοκιμαστών. ....	66
Πίνακας 7. Εκτίμηση της σειράς γλυκύτητας των γλυκαντικών ενώσεων. ....	68
Πίνακας 8. Δείγματα που χρησιμοποιήθηκαν στις δοκιμές ζεύγους. ....	69
Πίνακας 9. Αποτελέσματα δοκιμής ζεύγους μεταξύ διαλυμάτων με άλλες γλυκαντικές ουσίες με ίση σχετική γλυκύτητα με τη ζάχαρη. ....	70
Πίνακας 10. Αποτελέσματα δοκιμής ζεύγους μεταξύ διαλυμάτων με άλλες γλυκαντικές ουσίες με ίση σχετική γλυκύτητα με τη ζάχαρη με προσθήκη χρωστικής και αρώματος ώστε να μειωθούν οι διαφοροποιήσεις. ....	71
Πίνακας 11. Επίδραση της συγκέντρωσης των πηκτωματογόνων παραγόντων σε συγκεκριμένες ρεολογικές ιδιότητες της πηκτής. ....	73
Πίνακας 12. Κανονικοποιημένα ανώτατα/ κατώτατα όρια των ρεολογικών ιδιοτήτων που μελετήθηκαν των πηκτωμάτων που χρησιμοποιούνται στην βιομηχανία τροφίμων.....	75
Πίνακας 13. Επίδραση διαφορετικών συγκεντρώσεων πηκτίνης στις ρεολογικές ιδιότητες των πηκτωμάτων. ....	76
Πίνακας 14. Επίδραση διαφορετικών συγκεντρώσεων καραγενάνης στις ρεολογικές ιδιότητες των πηκτωμάτων. ....	77
Πίνακας 15. Επίδραση διαφορετικών συγκεντρώσεων κόμμι γκουάρ στις ρεολογικές ιδιότητες των πηκτωμάτων. ....	78
Πίνακας 16. Επίδραση διαφορετικών συγκεντρώσεων ζελατίνης στις ρεολογικές ιδιότητες των πηκτωμάτων. ....	79
Πίνακας 17. Επίδραση διαφορετικών συγκεντρώσεων αμύλου στις ρεολογικές ιδιότητες των πηκτωμάτων. ....	80
Πίνακας 18. Μελέτη της επίδρασης της μεταβολής της συγκέντρωσης των γλυκαντικών ουσιών, της αντικατάστασης της ζάχαρης με άλλες γλυκαντικές ουσίες και της αλληλεπίδραση τους.....	84
Πίνακας 19. Επίδραση της αντικατάστασης της ζάχαρης με ιμβερτοσάκχαρο, δεξτρόζη, σορβιτόλη και πολυδεξτρόζης στο ιξώδες του πηκτώματος σε διάφορες συγκεντρώσεις.....	86
Πίνακας 20. Επίδραση της αντικατάστασης της ζάχαρης με ιμβερτοσάκχαρο, δεξτρόζη, σορβιτόλη και πολυδεξτρόζης στο hardness του πηκτώματος σε διάφορες συγκεντρώσεις.....	88

Πίνακας 21. Επίδραση της αντικατάστασης της ζάχαρης με ιμβερτοσάκχαρο, δεξτρόζη, σορβιτόλη και πολυδεξτρόζης στο adhesiveness του πηκτώματος σε διάφορες συγκεντρώσεις.....	89
Πίνακας 22. Επίδραση της αντικατάστασης της ζάχαρης με ιμβερτοσάκχαρο, δεξτρόζη, σορβιτόλη και πολυδεξτρόζης στο fracturability του πηκτώματος σε διάφορες συγκεντρώσεις.....	90
Πίνακας 23. Επίδραση της αντικατάστασης της ζάχαρης με ιμβερτοσάκχαρο, δεξτρόζη, σορβιτόλη και πολυδεξτρόζης στο cohesiveness του πηκτώματος σε διάφορες συγκεντρώσεις.....	92
Πίνακας 24. Επίδραση της αντικατάστασης της ζάχαρης με ιμβερτοσάκχαρο, δεξτρόζη, σορβιτόλη και πολυδεξτρόζης στο gumminess του πηκτώματος σε διάφορες συγκεντρώσεις.....	93
Πίνακας 25. Επίδραση της αντικατάστασης της ζάχαρης με ιμβερτοσάκχαρο, δεξτρόζη, σορβιτόλη ή πολυδεξτρόζη στις ρεολογικές ιδιότητες και την υφή των πηκτωμάτων σε διαφορετικές συγκεντρώσεις.....	95
Πίνακας 26. Συνταγές, σχετική γλυκύτητα, Brix και ενέργεια σιροπιού με γεύση φράουλα με προσθήκη και χωρίς προσθήκη ζάχαρης.....	96
Πίνακας 27. Ρεολογικές ιδιότητες και ιδιότητες υφής σιροπιών με γεύση φράουλα με και χωρίς την προσθήκη ζάχαρης. ....	97
Πίνακας 28. Αποτελέσματα δοκιμής ζεύγους μεταξύ σιροπιού με γεύση φράουλα με προσθήκη ζάχαρης και χωρίς προσθήκη ζάχαρης. ....	99

## Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 1. Σπάνια διαφημιστική αφίσα εποχής της εταιρείας ΕΒΓΑ όπου απεικονίζεται το πρώτο προϊόν παγωτού που κυκλοφόρησε στην Ελλάδα. ....	18
Εικόνα 2. Πλανόδιοι πωλητές παγωτού της εταιρείας ΚΡΙ ΚΡΙ στην πόλη των Σερρών.....	18
Εικόνα 3. Διαφορετικά είδη παγωτών που είναι δυνατό να παραχθούν με την ανάπτυξη της τεχνολογίας. Στη φωτογραφία διακρίνονται τα εξής προϊόντα: Scandal Chocolate Orgy της ΕΒΓΑ, Boss sandwich της Nestle, Derby caramel, Master almond choclets και Rodeo moment Cookies της ΚΡΙ ΚΡΙ.....	19
Εικόνα 4. Αριστερά: Παγωτό χωρίς ζάχαρη. Δεξιά: Παγωτό με χαμηλά λιπαρά και υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη. ....	20
Εικόνα 5. Επαναλαμβανόμενη δομική μονάδα της ζελατίνης (Burey P., 2008). ....	24
Εικόνα 6. Μηχανισμός σχηματισμού πηκτώματος από μόρια ζελατίνης. ....	25
Εικόνα 7. Εικόνα Α. Δομή αλγινικών αλάτων. Εικόνα Β. Μηχανισμός σχηματισμού πηκτώματος από αλγινικά άλατα (Nussinovitch, 1997).....	27
Εικόνα 8. Δομή πηκτίνης (Burey P., 2008) .....	27
Εικόνα 9. Δομή αγαρόζης.....	28
Εικόνα 10. Εικόνα Α: Δομή και μέγεθος κόκκων αμύλου διαφορετικής προέλευσης. Εικόνα Β: Δομή εμπορικά διαθέσιμων καραγενανών (Burey P., 2008). ....	29
Εικόνα 11. Μηχανισμός σχηματισμού πηκτώματος από καραγενάνες. ....	30
Εικόνα 12. Δομή κυτταρίνης. ....	30
Εικόνα 13. Αριστερά: Δομή κόμμι γκουάρ. Δεξιά: Δομή κόμμι χαρουπιού. ....	31
Εικόνα 14. Γλυκαντικές ύλες που προκύπτουν από την υδρόλυση του αμύλου και η επίδραση στις ιδιότητες των τροφίμων (Douglas H. Goff, 2013).....	38
Εικόνα 15. Χημική δομή των πολυολών. ....	40
Εικόνα 16. Χημική δομή των πιο συχνά χρησιμοποιούμενων γλυκαντικών συνθετικής παρασκευής στη βιομηχανία τροφίμων.....	43
Εικόνα 17. Αριστερά: Αναλυτής υφής Brookfield CT3. Δεξιά: Ροόμετρο Brookfield Rheometer DV-III-T.....	58
Εικόνα 18. Τυπική καμπύλη μέτρησης προφίλ υφής με χρήση οργάνου. ....	64
Εικόνα 19. Επίδραση της συγκέντρωσης της ζάχαρης, του ιβερτοσάκχαρου, της δεξτρόζης, της σορβιτόλης και της πολυδεξτρόζης στο ιξώδες του πηκτώματος. ....	86
Εικόνα 20. Επίδραση της συγκέντρωσης της ζάχαρης, του ιβερτοσάκχαρου, της δεξτρόζης, της σορβιτόλης και της πολυδεξτρόζης στο hardness του πηκτώματος..	88
Εικόνα 21. Επίδραση της συγκέντρωσης της ζάχαρης, του ιβερτοσάκχαρου, της δεξτρόζης, της σορβιτόλης και της πολυδεξτρόζης στο adhesiveness του πηκτώματος. ....	89
Εικόνα 22. Επίδραση της συγκέντρωσης της ζάχαρης, του ιβερτοσάκχαρου, της δεξτρόζης, της σορβιτόλης και της πολυδεξτρόζης στο fracturability του πηκτώματος. ....	90
Εικόνα 23. Επίδραση της συγκέντρωσης της ζάχαρης, του ιβερτοσάκχαρου, της δεξτρόζης, της σορβιτόλης και της πολυδεξτρόζης στο cohesiveness του πηκτώματος. ....	92



Εικόνα 24. Επίδραση της συγκέντρωσης της ζάχαρης, του ιβερτοσάκχαρου, της δεξτρόζης, της σορβιτόλης και της πολυδεξτρόζης στο gumminess του πηκτώματος.  
..... 93

## 1. Εισαγωγή

Η ιστορία του παγωτού φτάνει μέχρι τον δεύτερο αιώνα π.Χ., αν και δεν έχει αναφερθεί ακριβής ημερομηνία ανακάλυψης ή κάποιος εφευρέτης. Γνωρίζουμε ότι ο Μέγας Αλέξανδρος απολάμβανε χιόνι και πάγο αναμεμιγμένα με μέλι και νέκταρ. Οι βιβλικές αναφορές δείχνουν επίσης ότι ο βασιλιάς Σολομώντας ήταν λάτρης των παγωμένων ποτών. Κατά τη διάρκεια της Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας, ο Νέρωνας Κλαύδιος Καίσαρας (54-86 π.Χ.) έστελνε συχνά δρομείς στα βουνά να συλλέξουν χιόνι, το οποίο στη συνέχεια ανακάτευε με φρούτα και χυμούς φρούτων (Quinzio 2009).

Πάνω από χίλια χρόνια αργότερα, ο Μάρκο Πόλο επέστρεψε στην Ιταλία από την Άπω Ανατολή με μια συνταγή που μοιάζει πολύ με αυτό που τώρα ονομάζεται "Sherbet". Οι ιστορικοί εκτιμούν ότι αυτή η συνταγή εξελίχθηκε σε παγωτό τον 16<sup>ο</sup> αιώνα. Η Αγγλία φαίνεται την ίδια εποχή να έχει ανακαλύψει το παγωτό, ή ίσως και νωρίτερα από τους Ιταλούς. Ο "πάγος κρέμας", όπως ονομάστηκε, εμφανιζόταν τακτικά στο τραπέζι του Καρόλου Α' κατά τον 17ο αιώνα. Παρόμοια κατεψυγμένα επιδόρπια εμφανίστηκαν στην Γαλλία το 1553 από την Catherine de Medici όταν έγινε σύζυγος του Henry Β' της Γαλλίας. Μόλις το 1660 το παγωτό διατέθηκε στο ευρύ κοινό. Η Sicilian Procopio χρησιμοποίησε μια συνταγή που συνδυάζει γάλα, κρέμα γάλακτος, βούτυρο και αυγά στο Café Procope, το πρώτο καφέ του Παρισιού (Reinders 1999).

Μέχρι το 1800, το παγωτό παρέμενε ένα σπάνιο και εξωτικό επιδόρπιο που απολάμβανε κυρίως η αριστοκρατική τάξη. Όπως και σε άλλες βιομηχανίες, η παραγωγή του παγωτού αυξήθηκε με την ανάπτυξη της τεχνολογίας και την εφεύρεση τεχνολογιών όπως η ατμοπαραγωγή, η μηχανική ψύξη, ο ομογενοποιός, η ηλεκτρική ενέργεια και οι κινητήρες, οι μηχανές συσκευασίας και οι συσκευές κατάψυξης. Επιπλέον, τα μηχανοκίνητα οχήματα παράδοσης άλλαξαν δραματικά την βιομηχανία παγωτού (Douglas H. Goff 2013).

Η ιστορία του τυποποιημένου παγωτού στην Ελλάδα ξεκινά το 1936 όταν για πρώτη φορά η Ελληνική Βιομηχανία Γάλακτος (ΕΒΓΑ) ξεκίνησε την παραγωγή παγωτού. Την δεκαετία του 60 κι άλλες ελληνικές επιχειρήσεις ξεκίνησαν την παραγωγή παγωτού, όπως η ΑΓΝΟ και η ΚΡΙ ΚΡΙ που δραστηριοποιούνταν στην Βόρειο Ελλάδα. Στη συνέχεια ακολούθησαν κι άλλες εταιρείες όπως η ΑΣΤΥ και το 1967 η ΔΕΛΤΑ.



**Εικόνα 1.** Σπάνια διαφημιστική αφίσα εποχής της εταιρείας ΕΒΓΑ όπου απεικονίζεται το πρώτο προϊόν παγωτού που κυκλοφόρησε στην Ελλάδα.

Το πρώτο παγωτό ήταν ξυλάκι (Εικόνα 1) και η διάθεσή του γινόταν από πλανόδιους πωλητές με ξύλινο καλάθι το οποίο περιείχε πάγο, για να διατηρεί την θερμοκρασία κάτω από τους 0°C, ήταν χωρητικότητας 40 τεμαχίων και ζύγιζε περίπου 30 κιλά (Εικόνα 2Α). Στην συνέχεια χρησιμοποιήθηκαν τρίκυκλα οχήματα (Εικόνα 2Β) πριν την χρήση φορτηγών ψυγείων.



**Εικόνα 2.** Πλανόδιοι πωλητές παγωτού της εταιρείας ΚΡΙ ΚΡΙ στην πόλη των Σερρών.

Το παγωτό είναι ένα παγωμένο μίγμα που αποτελείται από επτά κατηγορίες συστατικών: λιπαρά, συστατικά του γάλακτος άνευ λίπους, γλυκαντικά, σταθεροποιητές, γαλακτωματοποιητές, νερό και αρώματα. Άλλα συστατικά που χρησιμοποιούνται συνήθως είναι συστατικά του αυγού, χρωστικές και προϊόντα αμύλου. Στη συνέχεια το μίγμα αναδεύεται, ομογενοποιείται, παστεριώνεται, ψύχεται και ωριμάζει στους 4°C. Στη συνέχεια παγώνει στους -5 °C και διογκώνεται. Έπειτα, προστίθενται τα πρόσθετα (ξηροί καρποί, κομμάτια αρτοποιίας, σοκολάτας ή καραμέλας, φρούτα, σιρόπια, επικάλυψη σοκολάτας) και τέλος συσκευάζεται και αποθηκεύεται στους -18°C (Weir 2010).

Η ποιότητα και η σύνθεση των προϊόντων παγωτού συνεχώς βελτιώνεται καθώς οι εταιρείες προσπαθούν να κερδίσουν μεγαλύτερα μερίδια αγοράς και να αυξήσουν την κερδοφορία τους. Προς αυτή την κατεύθυνση οι βιομηχανίες ανέπτυξαν πρωτότυπα προϊόντα τόσο σε γεύσεις και σχήματα, όσο και με νέες συσκευασίες για ευκολία στη χρήση και αύξηση του χρόνου ζωής του προϊόντος. Εκμεταλλευόμενες την ανάπτυξη της τεχνολογίας, μπόρεσαν να δημιουργήσουν καινοτόμα προϊόντα με νέα σύνθεση και με προσθήκη διάφορων πρόσθετων που βελτιώνουν τόσο τη γεύση όσο και την εικόνα του τελικού προϊόντος. Τα πρόσθετα αυτά μπορεί να είναι σιρόπια διαφορετικών γεύσεων, επικάλυψη σοκολάτας, επικάλυψη σιροπιών διαφορετικών γεύσεων, κομμάτια βάφλας, μπισκότου, cake, σοκολάτας, φρούτων και ξηροί καρποί (Douglas H. Goff 2013).

Μετά την παραγωγή των πρώτων παγωτών που ήταν σε ξυλάκι, ακολούθησε η παραγωγή των κυπέλλων, των πυραύλων και των παγωτών sandwich, όπως επίσης και η παραγωγή παγωτών σε ξυλάκι σε διάφορα σχήματα. Στα περισσότερα από αυτά γίνεται προσθήκη σιροπιών, ξηρών καρπών ή κομματιών (Εικόνα 3). Σε ορισμένα προϊόντα παγωτού που απευθύνονται στα παιδιά, εκτός από τα πρωτότυπα σχήματα και γεύσεις στα οποία διατίθενται, οι βιομηχανίες τροφίμων κρύβουν πολλές εκπλήξεις για τα παιδιά, όπως μικρά δώρα και αυτοκόλλητα στα κύπελλα ή σφυρίχτρες κ.α. που χρησιμοποιούνται σαν λαβή αντί για ξυλάκι.



Εικόνα 3. Διαφορετικά είδη παγωτών που είναι δυνατό να παραχθούν με την ανάπτυξη της τεχνολογίας. Στη φωτογραφία διακρίνονται τα εξής προϊόντα: Scandal Chocolate Orgy της ΕΒΓΑ, Boss sandwich της Nestle, Derby caramel, Master almond choclets και Rodeo moment Cookies της KPI KPI.

Ακολουθώντας τις τάσεις των καταναλωτών για κατανάλωση τροφίμων χαμηλά σε λιπαρά ακολούθησε η ανάπτυξη των γρανιτών, των sorbet και των sherbet τα οποία δεν περιέχουν λιπαρά και συστατικά γάλακτος παρά μόνο φρούτα, εκτός από γλυκαντικά, χρώματα κι αρώματα, ενώ στην συνέχεια αναπτύχθηκε το Frozen yogurt, δηλαδή παγωτό στο οποίο τα λιπαρά του γάλακτος έχουν αντικατασταθεί από γιαούρτι, ως μια πιο υγιεινή επιλογή (Pieter Walstra 2006).

Πολλές ακόμη αλλαγές στην σύνθεση των παγωτών ακολούθησαν με την αλλαγή στις καταναλωτικές συνήθειες του αγοραστικού κοινού. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα την εμφάνιση καινοτόμων προϊόντων παγωτού ελαττωμένης διαθρεπτικής αξίας ή/και εμπλουτισμένα με ευεργετικά συστατικά όπως παγωτό χωρίς ζάχαρη και παγωτό με υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη (Εικόνα 4).



Εικόνα 4. Αριστερά: Παγωτό χωρίς ζάχαρη. Δεξιά: Παγωτό με χαμηλά λιπαρά και υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη.

Όπως είναι λογικό, εκτός από τα παγωτά των οποίων η σύνθεση μεταβάλλεται ανάλογα με τις απαιτήσεις των καταναλωτών, μεταβάλλεται και η σύνθεση των προσθέτων τα οποία χρησιμοποιούνται για την διακόσμηση αυτών.

Τα πρόσθετα που χρησιμοποιούνται για την διακόσμηση των προϊόντων παγωτού θα πρέπει να έχουν επιθυμητές ιδιότητες, πρώτον, για να είναι αποδεκτά από τους καταναλωτές ανάλογα με την χρήση τους και δεύτερον, για να μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατά την παραγωγή του τελικού προϊόντος. Για παράδειγμα, η επικάλυψη σοκολάτας πρέπει να έχει το κατάλληλο ιξώδες, ώστε το ξυλάκι να εμβαπτίζεται μέσα σε αυτή και να παραμένει ένα λεπτό στρώμα αυτής ανά τεμάχιο τελικού προϊόντος, ενώ μετά την κατάψυξή της θα πρέπει να είναι τραγανή, να σπάει εύκολα και να λιώνει στο στόμα. Τα κομμάτια φρούτου πρέπει να έχουν κατάλληλη υφή σε θερμοκρασία κατάψυξης και να μην δυσκολεύουν τον καταναλωτή στο

μάσημα, όπως επίσης και κάθε είδος κομματιού στη μάζα του παγωτού δεν πρέπει να είναι πολύ σκληρό ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος τραυματισμού του καταναλωτή. Τα σιρόπια, τέλος, θα πρέπει να έχουν κατάλληλο ιξώδες ώστε να μπορούν να αντληθούν κατά την παραγωγή σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, ενώ θα πρέπει να παραμένουν ρευστά σε θερμοκρασία κατάψυξης και κατανάλωσης, αλλά όχι σε τέτοιο βαθμό ώστε να στάζουν και να λερωθεί ο περιέκτης ή ο καταναλωτής.

Τα σιρόπια αποτέλεσαν μετά τη σοκολάτα και τους ξηρούς καρπούς τα πρόσθετα που χρησιμοποιήθηκαν περισσότερο από τη βιομηχανία παγωτού για τη διακόσμηση των προϊόντων τους και τα συναντάμε μέχρι και σήμερα σε πολλά προϊόντα, καθώς όχι μόνο βελτιώνουν την εικόνα του προϊόντος αλλά ενισχύουν και τη γεύση του (Douglas H. Goff 2013).

### 1.1. Πηκτώματα

Τα σιρόπια (ή πηκτώματα όπως είναι η επιστημονική τους ορολογία ή πηκτές ή gel) είναι υδατικά διαλύματα που περιέχουν πηκτωματογόνους παράγοντες ή σταθεροποιητές, γλυκαντικές ουσίες και αρώματα, ενώ συχνά χρησιμοποιούνται χρωστικές και ρυθμιστές οξύτητας για τη ρύθμιση του pH. Είναι ένα ενδιάμεσο προϊόν το οποίο διαθέτει τόσο ελαστικά (στερεό) χαρακτηριστικά όσο και χαρακτηριστικά ροής (υγρό). Ο σχηματισμός της πηκτής λαμβάνει χώρα κατά την μετάβαση από το υγρό προς το στερεό (Banerjee S. 2012). Παράγονται με την προσθήκη όλων των συστατικών σε νερό, θέρμανση στους 82°C, ψύξη και αποθήκευση στους 4°C. Η θερμοκρασία των 82°C είναι απαραίτητη αφενός για την δημιουργία πηκτώματος και αφετέρου για την παστερίωση του μίγματος.

Η χρήση των γλυκαντικών και των πηκτωματογόνων παραγόντων παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο και επηρεάζουν τις ρεολογικές τους ιδιότητες (Goff HD 1993). Οι πηκτωματογόνοι παράγοντες που χρησιμοποιούνται σε τέτοια προϊόντα είναι επιτρεπόμενα υδροκολλοειδή τροφίμων. Αυτά τα υδροκολλοειδή προέρχονται από φυσικές πηγές και αναφέρονται σε ένα εύρος πολυσακχαριτών και πρωτεϊνών. Η εκτεταμένη χρήση τους οφείλεται στην ικανότητά τους να αναστέλλουν ή να μειώνουν την συναίρεση και να αυξάνουν την κατακράτηση νερού (Shetty 2007).

Το ποσοστό και το είδος του γλυκαντικού που θα χρησιμοποιηθεί καθορίζει το σημείο πήξης του σιροπιού και τις τελικές ιδιότητες του σιροπιού, που εξαρτώνται από την εφαρμογή του σιροπιού, αν δηλαδή θα χρησιμοποιηθεί σαν επικάλυψη, στην μάζα του παγωτού, ή στην επιφάνεια. Προϊόντα που χρησιμοποιούνται σαν επικάλυψη θα πρέπει να έχουν κατάλληλες ρεολογικές ιδιότητες, να επιτρέπουν την

εμβάπτιση του παγωτού, να δημιουργούν λεπτό στρώμα στην επιφάνειά του και να μην είναι πολύ ελαστικά ώστε να μην δημιουργείται σταγόνα στην κορυφή αλλά να απλώνονται ομοιόμορφα στο επάνω μέρος του τελικού προϊόντος. Προϊόντα που περιέχονται στην μάζα ή την επιφάνειά θα πρέπει να έχουν κατάλληλες ρεολογικές ιδιότητες, να μην είναι πολύ ρευστά και να μην στάζουν, ώστε να μην λερώνεται ο περιέκτης ή ο καταναλωτής και να μην παγώνουν ώστε να μπορεί ο καταναλωτής να τα δαγκώσει ή να χρησιμοποιήσει το κουτάλι.

## 1.2. Πηκτωματογόνοι παράγοντες

Πηκτωματογόνοι παράγοντες είναι οι ουσίες που προσδίδουν σε ένα τρόφιμο υφή μέσω του σχηματισμού πηκτώματος (ΚΤΠ, άρθρο 33), όπως τα ζελέ, τα επιδόρπια και οι καραμέλες. Ορισμένοι σταθεροποιητές και πυκνωτικά μέσα είναι επίσης πηκτωματογόνοι παράγοντες, δημιουργώντας μια σύγχυση κατά την αναγραφή τους σύμφωνα με τον κανονισμό ΕΚ 1169/2011, ανάλογα με τη χρήση τους στα τρόφιμα. Σταθεροποιητές, σύμφωνα με το άρθρο 33 του Κώδικα Τροφίμων και Ποτών είναι οι ουσίες που επιτρέπουν τη διατήρηση της φυσικοχημικής κατάστασης ενός τροφίμου. Οι σταθεροποιητές περιλαμβάνουν ουσίες οι οποίες επιτρέπουν τη διατήρηση της ομοιογενούς διασποράς δύο οι περισσότερων μη μειγνυομένων ουσιών σε ένα τρόφιμο, ουσίες οι οποίες σταθεροποιούν, διατηρούν ή εντείνουν το υπάρχον χρώμα ενός τροφίμου και ουσίες οι οποίες αυξάνουν τη συνδετική ικανότητα του τροφίμου, συμπεριλαμβανομένου του σχηματισμού διασταυρούμενων δεσμών μεταξύ των πρωτεϊνών που επιτρέπουν τη συνδετικότητα τεμαχίων τροφίμου κατά την ανασύσταση τροφίμου. Πυκνωτικά μέσα, τέλος, είναι οι ουσίες που αυξάνουν το ιξώδες ενός τροφίμου.

Οι πηκτωματογόνοι παράγοντες που χρησιμοποιούνται στην βιομηχανία τροφίμων περιλαμβάνουν φυσικά κόμμεα, πρωτεΐνες, άμυλα, πηκτίνες και άγαρ και μπορούν ευρέως να ταξινομηθούν σε πολυσακχαρίτες και πρωτεΐνες. Οι περισσότεροι πολυσακχαρίτες είναι ετερο-πολυσακχαρίτες. Μπορεί να είναι ακανόνιστες μη διακλαδισμένες δομές, κανονικά ή ακανόνιστα διακλαδισμένα δομικά συμπολυμερή ή πολυμερή που περιέχουν σύνθετες αλλά καθορισμένες επαναλαμβανόμενες μονάδες (Banerjee S. 2012). Οι πηγές τους είναι επίσης διαφορετικές, συμπεριλαμβανομένης της φυτικής, ζωικής και μικροβιακής προέλευσης (Πίνακας 1). Από την άλλη πλευρά, αρκετές πρωτεΐνες χρησιμοποιούνται επίσης για την παρασκευή πηκτωμάτων. Αυτές περιλαμβάνουν τη ζεΐνη από καλαμπόκι, και αρκετές ζωικές πρωτεΐνες όπως η ζελατίνη και οι πρωτεΐνες ορού του γάλακτος (Πίνακας 2).

**Πίνακας 1. Υδροκολλοειδή που χρησιμοποιούνται σαν πηκτωματογόνοι παράγοντες (Banerjee S. 2012).**

<b>Πηκτωματογόνος παράγοντας</b>	<b>Πηγή</b>	<b>Εφαρμογές</b>
Άγαρ	Κόκκινα άλγη ( <i>Gelidium</i> sp. και <i>Gracilaria</i> sp.) ή φύκια ( <i>Sphaerococcus euchema</i> )	Χρησιμοποιείται ως καθαριστικό και χορτοφαγικό υποκατάστατο ζελατίνης σε ζελέ
Άμυλο	Πατάτα, ταπιόκα, ρύζι, αραβόσιτος, σιτάρι	Δευτερεύων πηκτωματογόνος παράγοντας για μείωση κόστους, πηκτώματα με βάση το ρύζι
Κυτταρίνη	Κυτταρικό τοίχωμα φυτών	Σως σαλάτας και γλυκά επιδόρπια
Καραγενάνη	Κόκκινα φύκια ( <i>Chondrus crispus</i> )	Γλυκά επιδόρπια και ζελέ ακινητοποίησης ενζύμων
Πηκτίνη	Κυτταρικό τοίχωμα φυτών και φρούτα	Μαρμελάδες, ζελέ, καραμελάκια, γιαούρτι
Κόμμι Γκουάρ	Ενδοσπέρμιο κόμμι γκουάρ	Γέμιση προϊόντων ζυμαρικών και αρτοποιίας, γιαούρτι και γλυκά επιδόρπια
Αραβικό Κόμμι	Χυμός δύο ειδών Ακακίας, ( <i>Acacia senegal</i> και <i>Acacia seyal</i> )	Καραμέλες, σοκολάτες, τσίγλες
Κόμμι Ξανθάνης	Ζύμωση της ζάχαρης ή της γλυκόζης με <i>Xanthomonas campestris</i>	Σως σαλάτας
Κόμμι Χαρουπιού	Εκχύλιση των σπόρων της χαρουπιάς	Γέμιση προϊόντων ζυμαρικών και αρτοποιίας, παγωτό και γλυκά επιδόρπια
Αλγινικά άλατα	Καφέ φύκια ( <i>Macrocystis pyrifera</i> , <i>Ascophyllum nodosum</i> και διάφορα είδη <i>Laminaria</i> )	Ζελεδάκια, παγωτά, ζελέ ακινητοποίησης και μικροενθυλάκωσης κυττάρων
Μανάνη Κοηjac	Ρίζα Κοηjac ( <i>Lasioideae amorphophallus</i> )	Ζελέ, προϊόντα κρεάτων με χαμηλά λιπαρά
Κόμμι Καραγία	Εκχύλιση από το δέντρο <i>Sterculia</i>	Σως, προϊόντα επικάλυψης και γέμιση προϊόντων αρτοποιίας
Κόμμι Τραγακάνθου	Αποξηραμένος χυμός διαφόρων ειδών οσπρίων του γένους <i>Astragalus</i> , όπως <i>A. adscendens</i> , <i>A. gummifer</i> , και <i>A. tragacanthus</i>	Γλυκά επιδόρπια, παγωτά, παγωμένα γλυκίσματα

Παρακάτω αναφέρονται οι πηκτωματογόνοι παράγοντες που χρησιμοποιούνται στην βιομηχανία τροφίμων, καθώς και ο μηχανισμός σχηματισμού πηκτώματος.

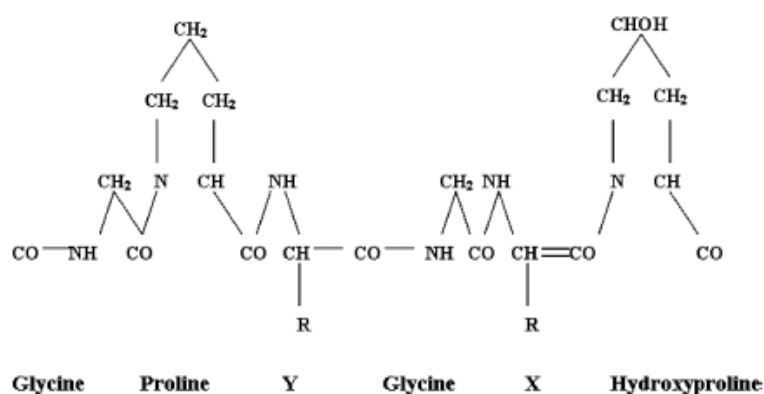


Πίνακας 2. Πρωτεΐνες που χρησιμοποιούνται σαν πηκτωματογόνοι παράγοντες (Banerjee S. 2012).

Πηκτωματογόνος παράγοντας	Πηγή	Εφαρμογές
Ζελατίνη	Δέρμα και κόκκαλα ζώων	Γλυκά επιδόρπια, ζελέ, προϊόντα αρτοποιίας και ζαχαροπλαστικής, γιαούρτι, μαρμελάδες, μαργαρίνη
Πρωτεΐνες του ορού	Γάλα διαφόρων ειδών ζώων	Προϊόντα αρτοποιίας και ζαχαροπλαστικής, παγωμένα γλυκίσματα
Πρωτεΐνες σόγιας	Σπόροι σόγιας	Ζελέ
Πρωτεΐνες αυγού	Αυγό	Προϊόντα αρτοποιίας
Ζεΐνη	Καλαμπόκι	Καραμέλες, καρύδια και φρούτα με επικάλυψη ζελέ, προϊόντα αρτοποιίας

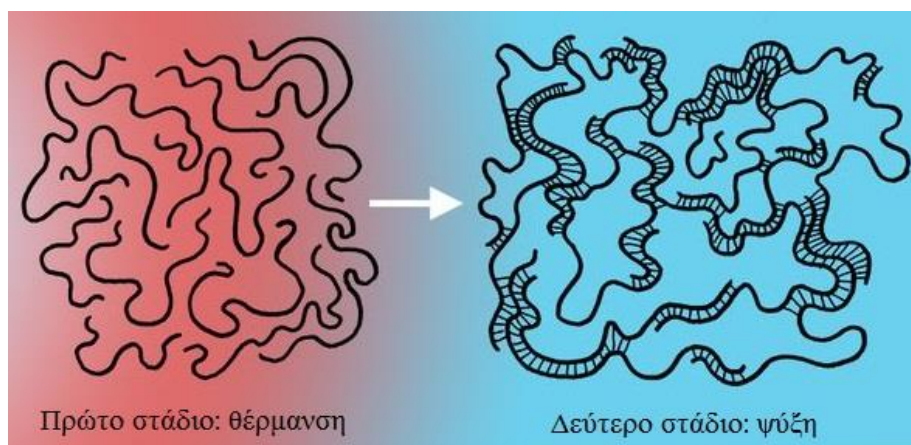
### 1.2.1. Ζελατίνη

Η ζελατίνη είναι πρωτεΐνη ζωικής προέλευσης. Παραλαμβάνεται από το κολλαγόνο με αλκαλική ή όξινη υδρόλυση. Το κολλαγόνο μπορεί να προέρχεται από το δέρμα, το κόκκαλο ή άλλα μέρη του ζώου πλούσια σε κολλαγόνο. Συνήθως παραλαμβάνεται από χοίρους, αγελάδες ή ψάρια (Belitz 1999). Η πρωτεΐνη αποτελείται από ένα μείγμα αμινοξέων από τα οποία η γλυκίνη, η προλίνη και η υδροξυπρολίνη απαντώνται σε αφθονία (Harris 1990).



Εικόνα 5. Επαναλαμβανόμενη δομική μονάδα της ζελατίνης (Burey P. 2008).

Τα μόρια ζελατίνης περιέχουν επαναλαμβανόμενες αλληλουχίες τριπλέτων γλυκίνης-X-Y, όπου τα X και Y είναι συχνά αμινοξέα προλίνης και υδροξυπρολίνης (Εικόνα 5).



Εικόνα 6. Μηχανισμός σχηματισμού πηκτώματος από μόρια ζελατίνης.

Η ζελατίνη όταν διαλύεται στο νερό σχηματίζει ένα ημι-στερεό κολλοειδές πηκτώμα. Η δημιουργία πηκτής ρυθμίζεται από τη μερική αναδιαμόρφωση των τριπλών ελίκων που βρίσκονται στο κολλαγόνο κατά τη διάρκεια της ψύξης. Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 6, στο πρώτο στάδιο, η ζελατίνη διαλύεται στο νερό και οι πεπτιδικές αλυσίδες απομακρύνονται. Στο δεύτερο στάδιο, οι πεπτιδικές αλυσίδες αλληλεπιδρούν μεταξύ τους αλλά με τυχαία διάταξη προσπαθώντας να ξαναδημιουργήσουν την δομή τριπλής έλικας με αποτέλεσμα να σχηματίζουν ένα τρισδιάστατο πλέγμα όπου εγκλωβίζονται τα μόρια του νερού (Harris 1990). Οι συνηθισμένες συγκεντρώσεις ζελατίνης που χρησιμοποιούνται στα τρόφιμα είναι 1-5% w/w (Tosh 2003).

#### 1.2.2. Πρωτεΐνες σόγιας

Η ζελατινοποίηση επιτυγχάνεται με θέρμανση αλεύρου σόγιας ή γάλακτος σόγιας που ακολουθείται από προσθήκη αλάτων (π.χ. ασβεστίου ή μαγνησίου) για να σχηματιστεί πηκτή ή τυρόπηγμα. Η οξίνιση (π.χ. με γλυκονο-δ-λακτόνη) των μετουσιωμένων πρωτεϊνικών μορίων, επίσης, επάγει την ζελατινοποίηση (Bhattacharya 2007).

#### 1.2.3. Πρωτεΐνες του ορού του γάλακτος

Η ζελατινοποίηση των πρωτεϊνών του ορού του γάλακτος επάγεται από τη θερμότητα και είναι χαρακτηριστική των σφαιρικών πρωτεϊνών, δηλαδή προχωρά μέσω μιας σειράς μεταβολών, (α) μετουσίωση (ξετύλιγμα-unfold) πρωτεϊνών, (β) συσσωμάτωση μη ξετυλιγμένων μορίων, (γ) σχηματισμός πλέγματος από συσσωματώματα, και (δ) σύνδεση πλέγματος σε ένα δίκτυο. Τα συσσωματώματα σχηματίζονται παρουσία αλάτων, κυρίως ασβεστίου (Damodaran, 1997).

#### 1.2.4. Καζεΐνες

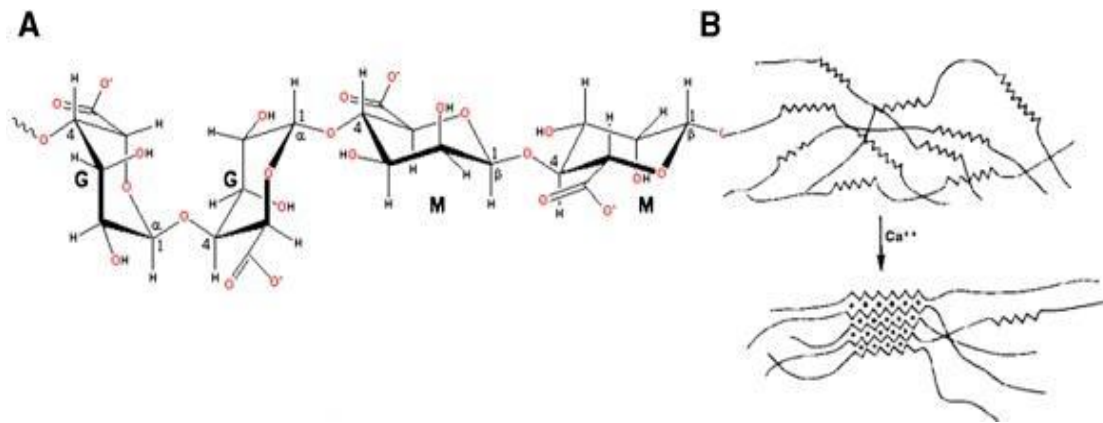
Τα μόρια καζεΐνης είναι πολύ υδρόφοβα και σχηματίζουν υπομικκύλια, τα οποία συγκρατούνται μεταξύ τους με υδρόφοβους δεσμούς και γέφυρες αλάτων. Η ενζυμική υδρόλυση της κ-καζεΐνης από την πυτιά απελευθερώνει CMP (caseinomacropепptide- καζεΐνομακροπεπτίδιο) και προκαλεί τη συσσωμάτωση των μικκυλίων που οδηγούν σε σχηματισμό πηκτώματος. Σχηματισμός πηκτώματος λόγω συσσωμάτωσης των μικκυλίων μπορεί να προκληθεί και από την ελάττωση του pH, διαδικασία που βρίσκει εφαρμογή στην παραγωγή γιαουρτιού (Fertsch 2003).

#### 1.2.5. Πρωτεΐνες του αυγού

Τόσο οι πρωτεΐνες του κρόκου όσο και του ασπραδιού των αυγών έχουν τη δυνατότητα σχηματισμού πηκτωμάτων κατά τη θέρμανση. Ο σχηματισμός πηκτώματος είναι μια διαδικασία δύο σταδίων, ενός σταδίου μετουσίωσης που ακολουθείται από τη συσσωμάτωση των μετουσιωμένων πρωτεϊνών μετά από ψύξη του διαλύματος (Woodward 1986).

#### 1.2.6. Αλγινικά άλατα

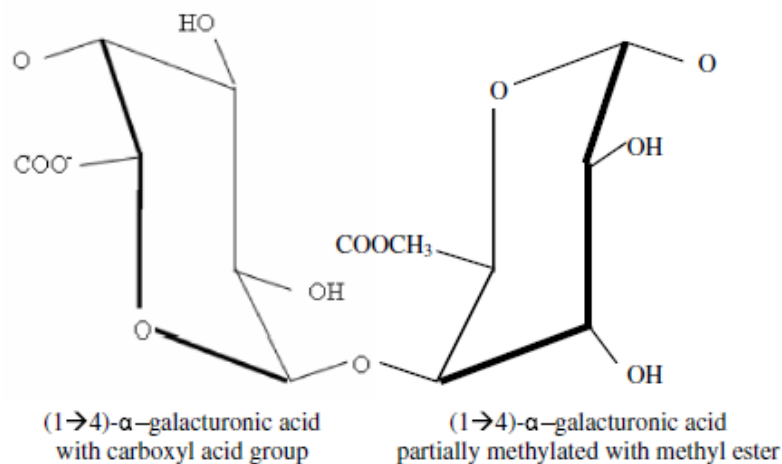
Τα αλγινικά άλατα είναι παράγωγα του αλγινικού οξέος και προέρχονται κυρίως από καφέ φύκια (*Phaeophyceae*) (King 1983). Είναι γραμμικά μη διακλαδισμένα πολυμερή που περιέχουν τμήματα L-γλουτουρονικού οξέος (G) συνδεδεμένα με β-1-4-γλυκοζιτικό δεσμό και D-μαννουρονικού οξέος (M) συνδεδεμένα με α-1-4-γλυκοζιτικό δεσμό (Εικόνα 7Α). Τα αλγινικά άλατα σχηματίζουν πηκτές με την προσθήκη πολυσθενών κατιόντων σε χαμηλό pH (<4). Τα τμήματα γουλουρονικού οξέος δίδουν μία διαμόρφωση «θήκης αυγού», όπως φαίνεται στην Εικόνα 7Α, παρέχοντας μία αποτελεσματική θέση σύνδεσης για τα κατιόντα (Nishinari 1994). Η αντοχή της πηκτής εξαρτάται από τη φύση του δισθενούς κατιόντος σύμφωνα με την εξής σειρά:  $Ba^{2+} > Sr^{2+} > Ca^{2+} > Mg^{2+}$ . Σε αντίθεση με τους περισσότερους πηκτωματογόνους πολυσακχαρίτες, οι πηκτές των αλγινικών αλάτων έχουν το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό ότι είναι ψυχρές, δηλαδή δεν απαιτείται η επίδραση της θερμοκρασίας (Εικόνα 7Β) (Nussinovitch 1997). Τα αλγινικά άλατα συνήθως χρησιμοποιούνται σε συγκεντρώσεις 1-2% w/v (Blandino 1999).



Εικόνα 7. Εικόνα Α. Δομή αλγινικών αλάτων. Εικόνα Β. Μηχανισμός σχηματισμού πηκτώματος από αλγινικά άλατα (Nussinovitch 1997).

### 1.2.7. Πηκτίνη

Η πηκτίνη απαντά σε όλα σχεδόν τα φυτά και είναι δομικό πολυμερές. Αποτελείται από μια γραμμική αλυσίδα μονάδων γαλακτουρονικού οξέος και έχει μοριακό βάρος περίπου 110-150000 (Phillips 2000) (Εικόνα 8). Ενώ στα φυτά υπάρχει, κατά μέσο όρο, μία ομάδα ελεύθερου οξέος μεταξύ τριών και τεσσάρων μεθυλεστέρων του γαλακτουρονικού οξέος, ωστόσο δεν υπάρχει αλληλουχία που επαναλαμβάνεται στην πολυμερική αλυσίδα. Αυτό αντιστοιχεί σε βαθμό εστεροποίησης (Degree of esterification-DE) 70-80%. Ο βαθμός εστεροποίησης μπορεί να ελεγχθεί κατά τη διαδικασία εκχύλισης έτσι ώστε το DE του τελικού προϊόντος της πηκτίνης να κυμαίνεται από 0-75%.



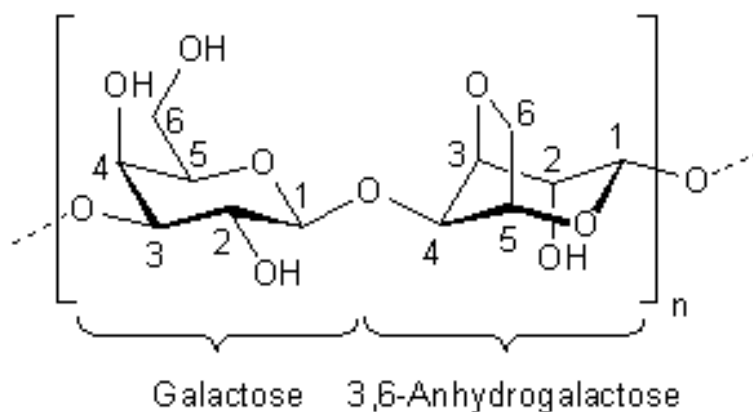
Εικόνα 8. Δομή πηκτίνης (Burey P. 2008)

Ο DE και η διάταξη των μεθυλεστέρων κατά μήκος του μορίου της πηκτίνης επηρεάζουν τον τρόπο με τον οποίο συμπεριφέρεται η πηκτίνη ως παράγοντας πηκτωματοποίησης ή παράγοντας σταθεροποίησης πρωτεϊνών (Hoefler 2004). Η ικανότητα σχηματισμού πηκτώματος της πηκτίνης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από

τον βαθμό εστεροποίησης. Οι πηκτίνες με μεγάλο αριθμό μεθυλομάδων [(HM) high methoxyl pectins-DE>50%] σχηματίζουν πηκτές μόνο παρουσία σακχάρων ή άλλων συνδιαλυμένων ουσιών (όπως σάκχαρα, πολυόλες ή μονοϋδρο αλκοόλες) και σε επαρκώς χαμηλή τιμή pH (3,0-4,5) (Oakenfull 1987). Τα σάκχαρα μεταβάλλουν τη δομή του διαλύτη και αναγκάζουν τις πολυμερικές αλυσίδες να έρθουν πιο κοντά με αποτέλεσμα να σχηματίζουν δίκτυο χάρη στην ανάπτυξη υδρόφοβων αλληλεπιδράσεων (Nussinovitch 1997). Ο σχηματισμός πηκτωμάτων από πηκτίνες με μικρό αριθμό μεθυλομάδων [(LM) low methoxy pectins-DE<50%] λαμβάνει χώρα παρουσία δισθενών κατιόντων π.χ. ασβεστίου με τον μηχανισμό «θήκης αυγού» που συναντάμε και στον σχηματισμό πηκτωμάτων με αλγινικά άλατα. Οι συνήθειες συγκεντρώσεις που χρησιμοποιούνται για τον σχηματισμό πηκτώματος είναι 2-4% και 0,1-4% για τις HM πηκτίνες και τις LM πηκτίνες, αντίστοιχα (Nussinovitch 1997).

#### 1.2.8. Άγαρ

Το άγαρ ή αγαρόζη, προέρχεται κυρίως από τα φύκια και πιο συγκεκριμένα τα γένη *Gelidium* και *Gracilaria* (Hoefler 2004). Αποτελείται από περιοχές μορίων D-γαλακτόζης ενωμένα με β-1-3-γλυκοζιτικό δεσμό και μορίων 3,6-άνυδρο-L-γαλακτόζης ενωμένα με α-1-4-γλυκοζιτικό δεσμό (Εικόνα 9). Τα άνυδρα τμήματα προσδίδουν μια ακαμψία στο μόριο βοηθώντας το να σχηματίσει δομή απλής έλικας. Κατά την ψύξη, οι πολυμερικές αλυσίδες αλληλεπιδρούν μεταξύ τους, σταθεροποιούνται με δεσμούς υδρογόνου και σχηματίζουν σε συγκεκριμένες περιοχές δομή διπλής έλικας. Με αυτό τον τρόπο σχηματίζεται ένα τρισδιάστατο πλέγμα όπου συγκρατούνται μόρια νερού και σχηματίζεται πήκτωμα (Burey P. 2008). Οι πηκτές αγαρόζης μπορούν να σχηματιστούν σε αραιά διαλύματα με συγκεντρώσεις μικρότερες από 1% w/v (Hoefler 2004).



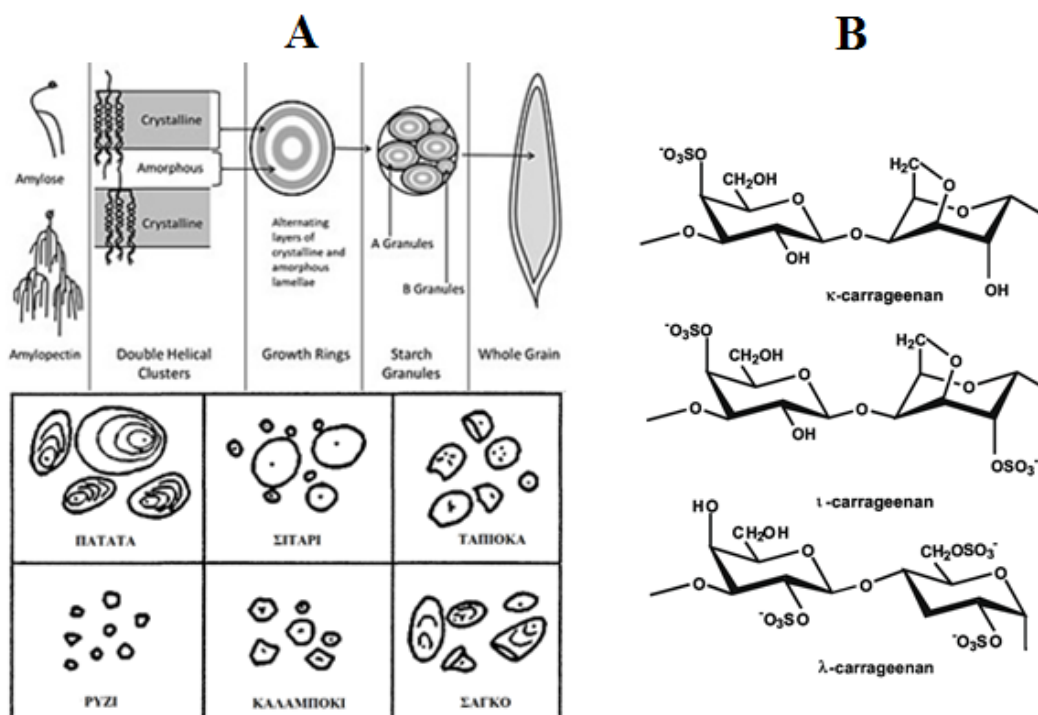
Εικόνα 9. Δομή αγαρόζης.

### 1.2.9. Άμυλο

Το άμυλο σχηματίζει κόκκους διαφορετικού μεγέθους, ανάλογα με την προέλευσή τους, οι οποίοι αποτελούνται από την αμυλόζη και την αμυλοπηκτίνη σε αναλογία 1:3 περίπου (Εικόνα 10Α). Όταν οι φυσικοί κόκκοι αμύλου θερμαίνονται πάνω από μια ορισμένη κρίσιμη θερμοκρασία (60-65°C) σε περίσσεια νερού, λαμβάνει χώρα η ζελατινοποίηση του αμύλου, δηλαδή οι αμυλόκοκκοι απορροφούν νερό, διογκώνονται, η αμυλόζη χάνει την κρυσταλλικότητά της, υπάρχει εκτεταμένη διαρροή αμυλόζης από το εσωτερικό των αμυλόκοκκων προς το διάλυμα και αυξάνεται το ιξώδες του. Όταν στην συνέχεια ψυχθεί οι κόκκοι τείνουν να αποκτήσουν την αρχική τους δομή και σχηματίζεται ένα πήκτωμα ή ίζημα, ανάλογα με τη συγκέντρωση και τον τύπο του αμύλου. Η συνηθισμένη συγκέντρωση που απαιτείται για τον σχηματισμό πηκτής είναι 2-4% (Murphy 2000).

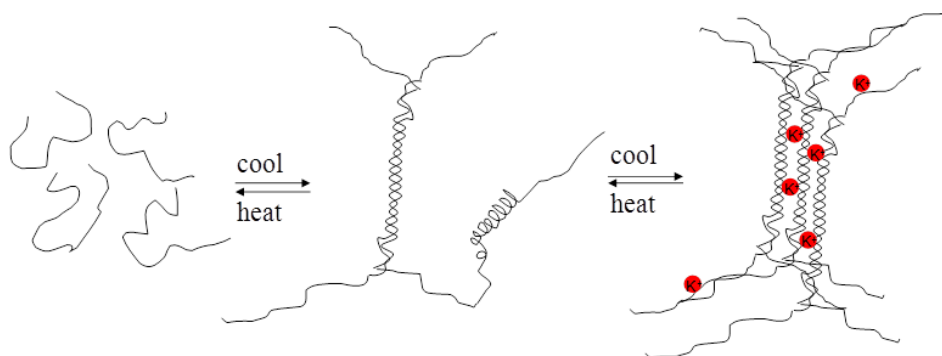
### 1.2.10. Καραγενάνη

Οι καραγενάνες παραλαμβάνονται από τα κόκκινα φύκια (*Rhodophyceae*), αποτελούνται από γραμμικούς πολυσακχαρίτες (γαλακτάνες) συνδεδεμένους με 1-3- και β-1-4-γλυκοζιτικούς δεσμούς και έχουν περιεκτικότητα σε θειικό εστέρα 15-40% (Imeson 2000). Υπάρχουν 3 είδη εμπορικά διαθέσιμων καραγενανών, ι-καραγενάνη, κ-καραγενάνη και λ-καραγενάνη (Εικόνα 10B).



Εικόνα 10. Εικόνα Α: Δομή και μέγεθος κόκκων αμύλου διαφορετικής προέλευσης. Εικόνα Β: Δομή εμπορικά διαθέσιμων καραγενανών (Burey P. 2008).

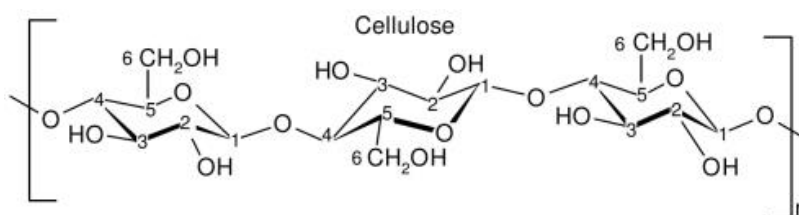
Η καραγενάνη είναι ένα ιονικό πολυμερές και σχηματίζει πηκτώματα αφού ψυχθεί παρουσία αλάτων, κυρίως καλίου ή ασβεστίου (Εικόνα 11). Τα μόρια αφού σχηματίσουν την ελικοειδή δομή, στη συνέχεια αλληλεπιδρούν μεταξύ τους συσσωματώνονται. Αρχικά αλληλεπιδρούν οι πολυμερικές αλυσίδες μεταξύ τους σχηματίζοντας διαμοριακές διπλές έλικες, τμήματα που αποκαλούνται “ταξινομημένες περιοχές” (“ordered domains”) (Viebke 1994). Η ζελατινοποίηση λαμβάνει χώρα με την συσσωμάτωση αυτών των περιοχών που προκαλείται από την ειδική πρόσδεση των κατιόντων (Rees 1980). Οι καραγενάνες χρησιμοποιούνται σε συγκεντρώσεις 0,5-3% (Nussinovitch 1997).



Εικόνα 11. Μηχανισμός σχηματισμού πηκτώματος από καραγενάνες.

### 1.2.11. Κόμμι κυτταρίνης

Απαντάται στη φύση σχεδόν σε όλα τα φυτά. Είναι το οργανικό όριο με την μεγαλύτερη αφθονία στον πλανήτη. Δεν μεταβολίζεται από τον ανθρώπινο οργανισμό και ανήκει στις εδώδιμες ίνες. Αποτελείται από μία γραμμική αλυσίδα που σχηματίζεται από μονάδες D-γλυκόζης συνδεδεμένες με β-1-4-γλυκοζιτικό δεσμό (Εικόνα 12). Η ικανότητα της να σχηματίζει πηκτώματα οφείλεται στους δεσμούς υδρογόνου που αναπτύσσονται μεταξύ των υδροξυλομάδων διαφορετικών αλυσίδων για τη δημιουργία ενός δικτύου. Οι παράμετροι που επηρεάζουν τις ιδιότητες του πηκτώματος είναι ο βαθμός εστεροποίησης των υδροξυλομάδων, η ομοιομορφία των εστεροποιημένων επαναλαμβανόμενων μονάδων και ο βαθμός πολυμερισμού (Nussinovitch 1997).



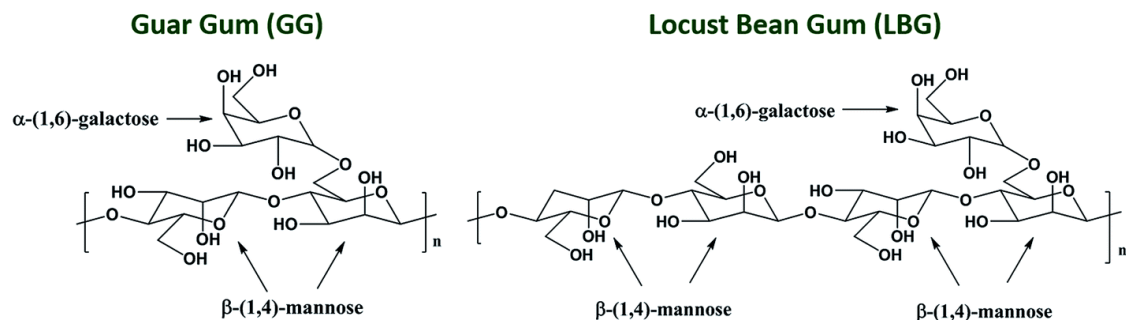
Εικόνα 12. Δομή κυτταρίνης.

### 1.2.12. Κόμμι τζελάν (Gellan gum)

Ο μηχανισμός σχηματισμού πηκτώματος του κόμμιος gellan βασίζεται στο μοντέλο περιοχής (domain model) (Morris 1986). Τα πολυμερή της τζελάνης σε υψηλές θερμοκρασίες απαντώνται σε δομή απλής έλικας. Καθώς το διάλυμα ψύχεται σχηματίζουν δομή τριπλής έλικας που σταθεροποιείται με δεσμούς υδρογόνου. Η μεταβολή αυτή της δομής λαμβάνει χώρα σε μια περιοχή θερμοκρασιών από 30 έως 50°C, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται οι ζώνες σύνδεσης (junction zones) (Horinaka 2004). Μετά από αυτή τη μετάβαση, τα μακρομόρια αλληλεπιδρούν μεταξύ τους παρουσία κατιόντων, συσσωματώνονται και σχηματίζουν ένα τρισδιάστατο δίκτυο πηκτής. Κατά τη διάρκεια αυτού του σταδίου, το κολλοειδές διάλυμα μετατρέπεται σε πηκτή. Η διαδικασία ζελατινοποίησης εξαρτάται από τον τύπο του κατιόντος, την ιοντική ισχύ, τη θερμοκρασία και τη συγκέντρωση του πολυμερούς (Sanderson 1990).

### 1.2.13. Κόμμι γκουάρ (Guar gum)

Το κόμμι γκουάρ αποτελείται από μόρια μανόζης και γαλακτόζης σε αναλογία 2:1 (Εικόνα 13) (Robinson 1982). Σχηματίζει πηκτές κατά την ψύξη παρουσία αλάτων. Τα μόρια σχηματίζουν απλή έλικα και στη συνέχεια συσσωματώνονται. Το κόμμι γκουάρ είναι εύκολα διαλυτό σε κρύο νερό (Banerjee S. 2012).



Εικόνα 13. Αριστερά: Δομή κόμμι γκουάρ. Δεξιά: Δομή κόμμι χαρουπιού.

### 1.2.14. Κόμμι χαρουπιού (Locust bean gum)

Ακολουθούν παρόμοιο μηχανισμό σχηματισμού πηκτωμάτων με τα υπόλοιπα κόμμια. Το κόμμι χαρουπιού αποτελείται, επίσης, από μόρια μανόζης και γαλακτόζης σε αναλογία όμως περίπου 4:1 (Εικόνα 13). Η αλληλεπίδραση μεταξύ των μορίων για το σχηματισμό συσσωματωμάτων γίνεται μεταξύ περιοχών που δεν υπάρχουν μόρια γαλακτόζης (Richardson 1998).



#### 1.2.15. Κόμμι ξανθάνης (Xanthan gum)

Τα πηκτώματα λαμβάνονται παρουσία ηλεκτρολυτών σε ευρεία κλίμακα pH. Ο μηχανισμός σχηματισμού τους είναι παρόμοιος με το κόμμι γκουάρ με τη διαφορά ότι το διάλυμα αρχικά απαιτεί υψηλή θερμοκρασία ώστε να διαλυθούν τα μόρια ξανθάνης (Sworn 2000).

#### 1.2.16. Μικτά πηκτώματα

Η έννοια των μικτών πηκτωμάτων προέκυψε κατά την εκτεταμένη χρήση των υδροκολλοειδών στην βιομηχανία τροφίμων και είναι ο συνδυασμός δύο ή περισσότερων βιοπολυμερών για τον σχηματισμό πηκτώματος. Η χρήση ενός απλού πηκτωματογόνου παράγοντα μπορεί να σχηματίσει ένα πήκτωμα που έχει ορισμένους περιορισμούς όπως χαμηλή συνεκτικότητα, αδυναμία διατήρησης της δομής του, αστάθεια σε συγκεκριμένες συνθήκες επεξεργασίας, μη αποδεκτή εμφάνιση και υφή, χαμηλή διάρκεια ζωής ή σημαντική συναίρεση. Με συνδυασμό των υδροκολλοειδών, όμως, μπορεί να επιτευχθεί βελτίωση των ιδιοτήτων των πηκτωμάτων και κατ' επέκταση των τελικών προϊόντων (Burey P. 2008).

Τα πηκτώματα που σχηματίζονται από την διάλυση δύο υδροκολλοειδών σε ένα διάλυμα χωρίζονται σε δύο κατηγορίες. Στα πηκτώματα τύπου I, τα δύο πολυμερή χωρίς να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους για τον σχηματισμό πηκτής, το ένα μεταβάλλει τις ιδιότητες σχηματισμού πηκτώματος του δεύτερου πολυμερούς. Για παράδειγμα η προσθήκη δεξτράνης σε διάλυμα ζελατίνης αυξάνει τον βαθμό σχηματισμού τριπλής έλικας κολλαγόνου και κατ' επέκταση τον βαθμό σχηματισμού πηκτώματος (Oakenfull 1987).

Στα πηκτώματα τύπου II, αμφότερα τα πολυμερή μπορούν να σχηματίσουν κάποιο δίκτυο και χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

α) Διαπλεγμένα δίκτυα (interpenetrating networks): σε αυτή την περίπτωση τα πολυμερή αλληλεπιδρούν μόνο με αμοιβαία εμπλοκή (Burey P. 2008). Στην πραγματικότητα είναι δύσκολο να παρασκευαστεί λόγω ασυμβατότητας των υδροκολλοειδών. Μπορεί να σχηματιστεί μόνο όταν το ένα πολυμερές σχηματίσει δίκτυο και στη συνέχεια εισαχθεί το δεύτερο πολυμερές και σχηματίσει το δικό του δίκτυο εντός του πρώτου πολυμερούς. Παράδειγμα ενός τέτοιου δικτύου είναι η χρήση αλγινικών αλάτων για την ανάκτηση και την αξιοποίηση των πρωτεϊνών από τα απόβλητα.

β) Δίκτυα με διαχωρισμένες φάσεις (Phase separated networks): Όταν χρησιμοποιηθούν πολυσακχαρίτες και πρωτεΐνες σε υψηλές συγκεντρώσεις, τότε δεν

αναμιγνύονται και παρατηρείται διαχωρισμός φάσεων. Παράδειγμα τέτοιου πηκτώματος είναι ο συνδυασμός αγαρόζης και ζελατίνης.

γ) Συνδεδεμένο δίκτυο (coupled network): Η ζελατινοποίηση μπορεί να λάβει χώρα όταν υπάρχει ευνοϊκή σύνδεση μεταξύ των πολυμερών λόγω διαμοριακών αλληλεπιδράσεων. Για να γίνει αυτό θα πρέπει να σχηματιστούν οι ζώνες σύνδεσης μεταξύ των μακρομορίων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί ο σχηματισμός πηκτώματος από αλγινικά άλατα και ζελατίνη.

#### 1.2.17. Συνθήκες που επηρεάζουν τον σχηματισμό πηκτωμάτων

Η διαδικασία σχηματισμού πηκτής είναι συνήθως μια αυθόρμητη διαδικασία που περιλαμβάνει συσσωμάτωση σωματιδίων ή μακρομορίων και τελικά τη δημιουργία ενός δικτύου (Clark 1990).

Ο σχηματισμός των πηκτωμάτων επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες όπως η θερμοκρασία, η πίεση, το pH, η παρουσία ενζύμων, η παρουσία ιόντων, ο διαλύτης και ο βαθμός πολυμερισμού του πηκτωματογόνου παράγοντα. Έτσι προκύπτουν δύο μεγάλες κατηγορίες πηκτωμάτων ανάλογα με τις συνθήκες σχηματισμού τους και τις αντιδράσεις ζελατινοποίησης, οι φυσικώς επαγόμενες (με την επίδραση θερμοκρασίας, πίεσης) και οι χημικώς επαγόμενες (με την επίδραση οξέων, ιόντων, ενζύμων).

##### 1.2.17.1. Θερμοκρασία

Η ζελατινοποίηση που προκαλείται από την επίδραση της θερμότητας είναι πιθανώς η πιο σημαντική και κοινή μέθοδος για τη λήψη πηκτωμάτων (Aguilera 1999). Η ζελατινοποίηση είναι μια διαδικασία δύο σταδίων. Το πρώτο στάδιο περιλαμβάνει το ξεδίπλωμα ή διάσπαση των μορίων λόγω της απορρόφησης ενέργειας. Το δεύτερο στάδιο είναι η αλληλεπίδραση και η συσσωμάτωση των ξεδιπλωμένων μορίων για το σχηματισμό σύμπλοκων υψηλότερου μοριακού βάρους. Το πρώτο στάδιο μπορεί να είναι αναστρέψιμο, ενώ το δεύτερο είναι συνήθως μια μη αναστρέψιμη διαδικασία. Κατά κύριο λόγο, οι δισουλφιδικές (-S-S-) γέφυρες και οι υδρόφοβες αλληλεπιδράσεις παίζουν τον σημαντικότερο ρόλο σε αυτή τη διαδικασία. (Oakenfull 1987).

##### 1.2.17.2. Πίεση

Η εφαρμογή υψηλής πίεσης μπορεί από μόνη της ή σε συνδυασμό με την μεταβολή και άλλων συνθηκών, κυρίως της θερμοκρασίας, να βοηθήσει στην τροποποίηση των λειτουργικών ιδιοτήτων των μορίων. Γενικά, η υψηλή πίεση ευνοεί τις αντιδράσεις οι οποίες οδηγούν σε μείωση του συνολικού όγκου του συστήματος.

Η πίεση προκαλεί διάσταση των μορίων του νερού με αποτέλεσμα το pH να γίνεται πιο όξινο. Με την εφαρμογή πίεσης παρατηρούνται διαφορές τόσο στην υφή όσο και στις ρεολογικές ιδιότητες των πηκτωμάτων (Heremans 1995).

#### 1.2.17.3. Παρουσία ιόντων

Τα μονοθενή και δισθενή κατιόντα όπως το νάτριο και το ασβέστιο μπορούν να αυξήσουν την ιοντική ισχύ του πηκτώματος. Οι ηλεκτροστατικές απωστικές δυνάμεις μεταξύ των μορίων μειώνονται ή εξουδετερώνονται με αποτέλεσμα να λαμβάνει χώρα η ζελατινοποίηση. Σε αντίθεση με τη ζελατινοποίηση που προκαλείται από τη θερμότητα, ονομάζεται ψυχρή ζελατινοποίηση (Nussinovitch 1997). Η ζελατινοποίηση που επάγεται από την παρουσία ιόντων έχει παρατηρηθεί στο σχηματισμό πηκτών από τις πρωτεΐνες του γάλακτος, ενώ έχει μεγάλη σημασία και σε πηκτές πολυσακχαριτών, όπως τα αλγινικά άλατα, η πηκτίνη και η καραγενάνη.

#### 1.2.17.4. pH

Μεταβολές στο pH λόγω της προσθήκης οξέων ή μικροβιακής ζύμωσης αλλάζουν το καθαρό φορτίο του μορίου και ως εκ τούτου μεταβάλλουν τις ελκτικές και απωστικές δυνάμεις μεταξύ των μορίων καθώς και τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ μορίων και διαλύτη, δηλαδή, τις ιδιότητες ενυδάτωσης. Επιπλέον, η διαλυτότητα των αλάτων αλλάζει με αλλαγή του pH η οποία μπορεί να συνεισφέρει στον σχηματισμό πηκτώματος. Ο μηχανισμός του σχηματισμού πηκτώματος με την επίδραση των οξέων μπορεί να εξηγηθεί με τη θεωρία της φρακτικής συσσωμάτωσης (fractal aggregation theory) (Lucey 1997).

#### 1.2.17.5. Παρουσία ενζύμων

Η ζελατινοποίηση που επάγεται από την παρουσία ενζύμων βασίζεται στην εισαγωγή τεχνητών ομοιοπολικών διασταυρούμενων δεσμών σε πρωτεΐνες τροφίμων. Μεταξύ άλλων, οι αντιδράσεις που καταλύονται από την trans-γλουταμινάση (TG), την υπεροξειδάση και την πολυφαινολική οξειδάση είναι κατάλληλες για διασταυρούμενη σύνδεση πρωτεϊνών (Lauber 2003).

#### 1.2.17.6. Διαλύτης

Η φύση και η παρουσία του διαλύτη επηρεάζουν σημαντικά τον σχηματισμό πηκτώματος, για παράδειγμα, το αραιό διάλυμα σακχάρου δεν είναι κατάλληλος διαλύτης για σχηματισμό πηκτώματος HM-πηκτίνης. Οι δεσμοί υδρογόνου στις ζώνες διασταύρωσης (junction zones) μπορούν να σχηματιστούν μόνο σε συμπυκνωμένο

διάλυμα σακχάρου και συνεπώς η ζελατινοποίηση λαμβάνει χώρα μόνο σε αυτόν τον τύπο διαλύτη (Clark 1990).

#### 1.2.17.7. Συγκέντρωση πηκτωματογόνου παράγοντα

Ο σχηματισμός πηκτώματος λαμβάνει χώρα μόνο πάνω από μια κρίσιμη ελάχιστη συγκέντρωση,  $C^*$ , η οποία είναι ειδική για κάθε υδροκολλοειδές. Η αγαρόζη, για παράδειγμα, σχηματίζει πηκτές σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις της τάξεως του 0,2%w/v, ενώ το άμυλο που έχει αραιωθεί με την επίδραση οξέος απαιτεί συγκέντρωση περίπου 15%w/v για να σχηματίσει πηκτή (Aguilera 1999).

#### 1.2.17.8. Γραμμομοριακή μάζα/ Βαθμός πολυμερισμού

Εάν η συγκέντρωση του πολυμερούς είναι πολύ πάνω από την κρίσιμη συγκέντρωση, η επίδραση της γραμμομοριακής μάζας είναι ασήμαντη, αλλά εάν η συγκέντρωση είναι στην περιοχή τιμών  $C^*$ , όσο μεγαλύτερη είναι η γραμμομοριακή μάζα, τόσο υψηλότερος είναι ο βαθμός ζελατινοποίησης και γρηγορότερη η διαδικασία ζελατινοποίησης (Walstra 2003).

### 1.3. Γλυκαντικές ύλες

Όπως ήδη έχει αναφερθεί, οι γλυκαντικές ύλες, μαζί με τους πηκτωματογόνους παράγοντες παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο και επηρεάζουν τις ρεολογικές ιδιότητες των πηκτωμάτων (Goff HD 1993).

Σύμφωνα με τον Κώδικα τροφίμων και ποτών (άρθρο 63) γλυκαντικές ύλες νοούνται οργανικές ενώσεις χαρακτηριστικής γλυκιάς γεύσης, οι οποίες χαρακτηρίζονται σαν φυσικές εφόσον απαντούν σε φυτικούς ή ζωικούς ιστούς και σαν συνθετικές εφόσον αποτελούν προϊόντα συνθετικής παρασκευής τα οποία δεν ανευρίσκονται στη φύση. Τα προϊόντα συνθετικής παρασκευής ανήκουν στα γλυκαντικά και καλούνται έντονα γλυκαντικά καθώς λόγω της έντονης γλυκύτητας τους δίνουν το επιθυμητό αποτέλεσμα σε πολύ μικρές ποσότητες, και γι' αυτό το λόγο δεν συνεισφέρουν στην ενεργειακή αξία του προϊόντος (Mortensen 2006). «Γλυκαντικά» χαρακτηρίζονται πρόσθετα τροφίμων τα οποία χρησιμοποιούνται για να προσδώσουν γλυκιά γεύση στα τρόφιμα ή ως επιτραπέζια γλυκαντικά.

Οι φυσικές γλυκαντικές ύλες διακρίνονται σε «ζαχαρούχες» και «μη ζαχαρούχες». Ζαχαρούχες γλυκαντικές ύλες χαρακτηρίζονται οι φυσικής προέλευσης μεγάλης θρεπτικής αξίας μονοσακχαρίτες ή δισακχαρίτες ή μίγματα αυτών των υδατανθράκων, οι οποίοι είτε απομονώνονται απ' ευθείας ως έχουν εκ φυσικών ιστών είτε προκύπτουν από υδρόλυση καταλλήλων φυσικών πρώτων υλών. Ως «μη ζαχαρούχες γλυκαντικές ύλες» χαρακτηρίζονται οι φυσικής προέλευσης,

χαρακτηριστικής γλυκιάς γεύσης ύλες, οι οποίες χημικά ανήκουν κατά κανόνα σε διάφορους τάξεις πολυαλκοολών οι οποίες είναι μεν θερμιδογόνες, όταν μεταβολίζονται στον οργανισμό, κατά κανόνα όμως αποτελούν φτωχή πηγή βιοσύνθεσης ζαχάρων, γι' αυτό ευρίσκουν εφαρμογή για την παρασκευή προϊόντων για ειδικούς διατροφικούς σκοπούς.

Οι βασικές λειτουργίες των γλυκαντικών υλών είναι η σχετική γλυκύτητα, η συμβολή στα συνολικά στερεά και την συγκέντρωση του νερού στο μίγμα και η μείωση του σημείου πήξης του μίγματος.

Η κύρια λειτουργία των γλυκαντικών υλών είναι να αυξήσουν την αποδοχή του προϊόντος από τους καταναλωτές καθιστώντας το γλυκό και ενισχύοντας την ευχάριστη κρεμώδη και φρουτώδη γεύση. Η έλλειψη γλυκύτητας δίνει μια ουδέτερη γεύση, ενώ η έντονη γλυκύτητα τείνει να επικαλύψει τα επιθυμητά αρώματα (Douglas H. Goff 2013).

Η γλυκύτητα εξαρτάται από τη συγκέντρωση γλυκαντικών υλών στο νερό του μίγματος. Μείωση της συγκέντρωσης του νερού του μίγματος ισοδυναμεί με την αύξηση της γλυκύτητας. Τέλος, οι γλυκαντικές ύλες μειώνουν το σημείο πήξης του μίγματος και αυτό οδηγεί σε αυξημένο ρυθμό τήξης. Έτσι, το προϊόν είναι πιο μαλακό καθώς δεν παγώνει σε θερμοκρασία ψύξης και λιώνει πιο εύκολα στο στόμα (Goff HD 1993).

### 1.3.1. Φυσικές ζαχαρούχες γλυκαντικές ύλες

#### 1.3.1.1. Ζάχαρη

Η ζάχαρη ή σουκρόζη, είναι ένας δισακχαρίτης που αποτελείται από ένα μόριο γλυκόζης και ένα μόριο φρουκτόζης. Παράγεται είτε από ζαχαροκάλαμα είτε από ζαχαρότευτλα. Η συνηθισμένη της μορφή είναι κρυσταλλική και έχει πυκνότητα 1.588g/ml. Διαλύεται εύκολα στο νερό, γι' αυτό είναι διαθέσιμη και σε μορφή σιροπιού με ολικά στερεά περίπου 67%. Η ζάχαρη παραμένει διαλυτή στο νερό ακόμη και σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες (-20°C). Μειώνει το σημείο πήξης του νερού. Για κάθε αύξηση της συγκέντρωσης ζάχαρης κατά 1%, μειώνεται το σημείο πήξης κατά 0.1°C (Douglas H. Goff 2013).

#### 1.3.1.2. Ιμβερτοσάκχαρο

Το ιμβερτοσάκχαρο είναι ένα υδατικό διάλυμα γλυκόζης και φρουκτόζης. Το ιμβερτοσάκχαρο είναι λιγότερο επιρρεπές στην κρυστάλλωση και τα προϊόντα στα οποία χρησιμοποιείται μπορούν να απορροφήσουν υγρασία χωρίς να επηρεαστούν τα οργανοληπτικά τους χαρακτηριστικά. Παράγεται με υδρόλυση της ζάχαρης. Πιο

συγκεκριμένα προστίθεται 70% ζάχαρη σε νερό και στη συνέχεια υδρολύεται σε γλυκόζη και φρουκτόζη και παράγεται το ιμβερτοσάκχαρο. Η υδρόλυση μπορεί να γίνει είτε με ενζυμικό είτε με χημικό τρόπο. Κατά την ενζυμική υδρόλυση χρησιμοποιούνται υδρολάσες που προέρχονται είτε από τα ζώα (σουκράσες) είτε από τα φυτά (ιμβερτάσες). Κατά την χημική υδρόλυση, που είναι και η πιο διαδεδομένη, προστίθεται σε υδατικό διάλυμα ζάχαρης 70% w/v και 0.07% κιτρικό οξύ (ή 1.4% χυμός λεμονιού) και το μίγμα βράζεται. Μετά το τέλος την υδρόλυσης, προστίθεται καυστικό νάτριο για τη ρύθμιση του pH σε ουδέτερη τιμή (Douglas H. Goff 2013).

**Πίνακας 3. Χαρακτηριστικά γλυκαντικών υλών (Douglas H. Goff 2013).**

Γλυκαντική Ύλη	Σχετική Γλυκύτητα	Ολικά Στερεά (%)	Σχετική μείωση Σημείου Πήξης
Ζάχαρη	100	100	1,00
Λακτόζη	16	100	1,00
Φρουκτόζη	173	100	1,90
Δεξτρόζη	74	92	1,90
Ιμβερτοσάκχαρο	95	77	1,12
Μέλι	75	74	1,46
Σιρόπι γλυκόζης 32DE	40	80	0,61
Σιρόπι γλυκόζης 42DE	48	80	0,80
Μαλτοδεξτρίνη 10DE	11	95	0,19
Μαλτοδεξτρίνη 15DE	17	95	0,29
Σορβιτόλη	60	100	0,80
Ασπαρτάμη	18000	100	-
Ακε σουλφάμη	20000	100	-

#### 1.3.1.3. Γλυκαντικές ύλες που προέρχονται από το άμυλο

Τα τελευταία χρόνια είναι πολύ συνηθισμένη πρακτική να αντικαθίσταται μέρος της ζάχαρης με γλυκαντικές που προέρχονται από την υδρόλυση του αμύλου, κυρίως του καλαμποκιού αλλά και άλλων πηγών όπως ταπιόκα, πατάτας κ.α. Η προσθήκη των CSS (corn starch hydrolyzate syrup-σιρόπια που προέρχονται από τη υδρόλυση του αμύλου καλαμποκιού) δίνει πολλά πλεονεκτήματα όπως βελτίωση της υφής (smoothness, firmness, chewiness), βελτίωση ρεολογικών χαρακτηριστικών κατά την κατανάλωση (meltdown), ενίσχυση της φρουτώδους γεύσης, αύξηση της αντοχής σε θερμικά σοκ και οικονομική αύξηση των ολικών στερεών.

Το άμυλο είναι ένα πολυμερές υψηλού μοριακού βάρους με επαναλαμβανόμενη μονάδα τη γλυκόζη (στη φύση απαντάται κυρίως με τη

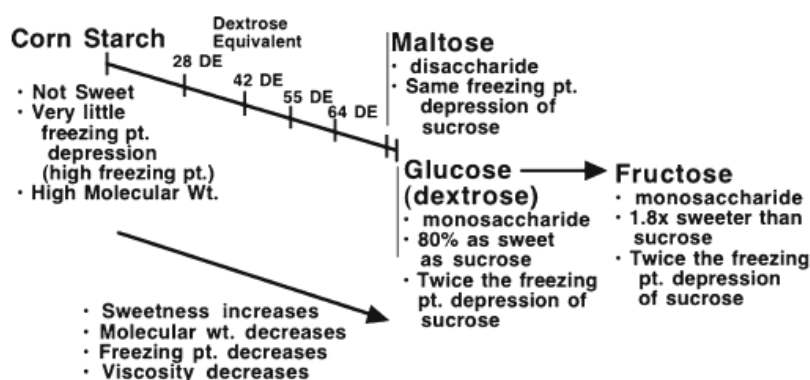
δεξιόστροφη μορφή της, D-γλυκόζη, η οποία ονομάζεται και δεξτρόζη) και αποτελείται από δύο κλάσματα, την αμυλόζη, ένα γραμμικό κλάσμα και την αμυλοπηκτίνη, ένα διακλαδισμένο κλάσμα. Κατά τη διάρκεια της υδρόλυσης, η αμυλόζη και η αμυλοπηκτίνη διασπώνται συνεχώς με ένζυμα (α-αμυλάση για μείωση του συνολικού μοριακού βάρους, γλυκοαμυλάση για την παραγωγή δεξτρόζης, ή β-αμυλάση για την παραγωγή μαλτόζης) με αποτέλεσμα ελεγχόμενα μίγματα ενδιάμεσου μοριακού βάρους (ολιγοσακχαρίτες) και χαμηλού μοριακού βάρους (δεξτρόζη, μαλτόζη, μαλτοτριόζη). Η υδρόλυση είναι ελεγχόμενη και η έκταση της χαρακτηρίζεται με τα ισοδύναμα δεξτρόζης ή DE. Τα CSS με βάση αυτόν τον χαρακτηρισμό χωρίζονται σε διάφορες κατηγορίες.

#### 1.3.1.3.1. Δεξτρόζη

Η δεξτρόζη είναι ένα λευκό κοκκώδες υλικό που περιέχει περίπου 99,8% στερεά σακχάρων. Επειδή είναι μόλις περίπου 80% τόσο γλυκιά όσο η ζάχαρη, απαιτούνται 1,25 μέρη δεξτρόζης για να αντικαταστήσουν 1 μέρος σακχαρόζης. Η δεξτρόζη μειώνει το σημείο πήξης σχεδόν στο διπλάσιο σε σχέση με τη ζάχαρη, επειδή έχει περίπου το μισό μοριακό βάρος.

#### 1.3.1.3.2. Σιρόπι γλυκόζης

Τα προϊόντα υδρόλυσης αμύλου που έχουν DE από 20-70 είναι γνωστά ως σιρόπια γλυκόζης. Κατατάσσονται βάσει του βαθμού υδρόλυσης σε χαμηλού βαθμού υδρόλυσης, 20-38 DE, κανονικού βαθμού υδρόλυσης, 39-48 DE, μεσαίου βαθμού υδρόλυσης, 49-58 DE, και υψηλού βαθμού υδρόλυσης, 59-68 DE. Καθώς αυξάνεται το DE, αυξάνεται η γλυκύτητα αλλά μειώνεται το σημείο πήξης και το ιξώδες (Εικόνα 14). Αυτά τα προϊόντα είναι διαθέσιμα τόσο σε υγρή μορφή (~80% στερεά) όσο και σε μορφή σκόνης. Στη βιομηχανία τροφίμων χρησιμοποιούνται συνήθως σιρόπια με DE από 28-42.



Εικόνα 14. Γλυκαντικές ύλες που προκύπτουν από την υδρόλυση του αμύλου και η επίδραση στις ιδιότητες των τροφίμων (Douglas H. Goff 2013).

#### 1.3.1.3.3. Φρουκτόζη/ Σιρόπι φρουκτόζης

Με περαιτέρω επεξεργασία (χρησιμοποιώντας ισομεράση της γλυκόζης), η δεξτρόζη μπορεί να μετατραπεί σε φρουκτόζη, οπότε προκύπτουν τα γλυκαντικά καλαμποκιού υψηλής περιεκτικότητας σε φρουκτόζη (High Fructose Corn Syrups-HFCS). Τα σιρόπια αυτά είναι πολύ πιο γλυκά από τη ζάχαρη, αν και έχουν περισσότερους μονοσακχαρίτες, και έτσι συμβάλλουν περισσότερο στη μείωση του σημείου πήξης. Ο πιο συνηθισμένος τύπος είναι ο HFCS 42 και περιέχει 42% φρουκτόζη, 52% δεξτρόζη και 6% άλλους σακχαρίτες. Τα σιρόπια καλαμποκιού υψηλής περιεκτικότητας σε φρουκτόζη (42, 55 και 90%) είναι από 1,8 έως 1,9 φορές πιο γλυκά από τη ζάχαρη ενώ μειώνουν κατά πολύ το σημείο πήξης (Πίνακας 3).

#### 1.3.1.3.4. Δεξτρίνες

Οι δεξτρίνες, πολυσακχαρίτες μεσαίου μοριακού βάρους, είναι αποτελεσματικοί σταθεροποιητές και επιβραδύνουν τον σχηματισμό μεγάλων κρυστάλλων πάγου, βελτιώνοντας έτσι την αντίσταση σε θερμικό σοκ.

#### 1.3.1.3.5. Μαλτοδεξτρίνες

Οι μαλτοδεξτρίνες υδρολύονται σε πολύ μικρό βαθμό. Κατά συνέπεια, κυμαίνονται σε DE από 4 έως 20 και προσδίδουν πολύ λίγο γλυκιά γεύση. Οι μαλτοδεξτρίνες χρησιμοποιούνται για την αντικατάσταση του λίπους στην παραγωγή κατεψυγμένων επιδορπίων χαμηλής περιεκτικότητας σε λιπαρά.

#### 1.3.2. Φυσικές μη ζαχαρούχες γλυκαντικές ύλες-Πολυόλες

Οι πολυόλες χρησιμοποιούνται εκτεταμένα στη βιομηχανία τροφίμων σε προϊόντα με μειωμένη περιεκτικότητα σε ζάχαρη και προϊόντα χωρίς ζάχαρη. Συμβάλλουν σε ένα πολύ χαμηλότερο γλυκαιμικό δείκτη από τις ζαχαρούχες γλυκαντικές ύλες και είναι πολύ ωφέλιμα στις διατροφές των ασθενών που πάσχουν από διαβήτη και είναι ινσουλινοεξαρτώμενοι, καθώς δεν προκαλούν αισθητή αύξηση της συγκέντρωσης της γλυκόζης στο αίμα (Whelan AP 2008). Συχνά συνδυάζονται με τα έντονα γλυκαντικά για να προκύψουν ικανοποιητικοί συνδυασμοί, για παράδειγμα, μαλτιτόλη και σουκραλόζη. Λειτουργούν ως παράγοντες διογκώσεως, γλυκαντικά και αναστολείς κρυσταλλώσεως.

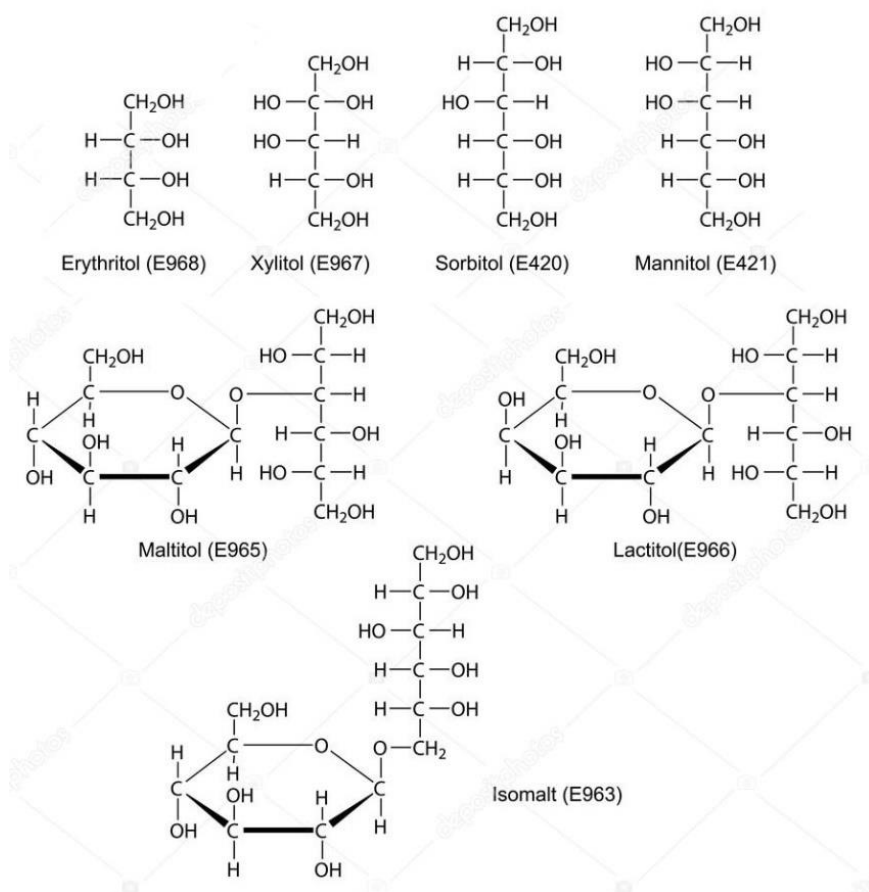
Οι πολυόλες θεωρούνται ισοενεργειακές με τους υδατάνθρακες στον Καναδά (4 kcal/g). Η Ευρωπαϊκή Ένωση αναγνωρίζει θερμιδική αξία 2,4 kcal/g ως αποδεκτό μέσο όρο για όλες τις πολυόλες για λόγους επισήμανσης. Στις Ηνωμένες Πολιτείες επιτρέπεται ο αυτοπροσδιορισμός της θερμιδικής περιεκτικότητας και ορισμένες από τις αναγνωρισμένες τιμές του FDA είναι 2,6 kcal/g για τη σορβιτόλη, 1.6 kcal/g για



τη μαννιτόλη, 2.4 kcal/g για τη ξυλιτόλη, 2.1 kcal/g για τη μαλτιτόλη, 2 kcal/g για τη λακτιτόλη και 2 kcal/g για την ισομαλτόζη.

### 1.3.2.1. Σορβιτόλη (E 420)

Η σορβιτόλη είναι αλκοολικό παράγωγο της γλυκόζης (Εικόνα 15) και απαντάται φυσικά σε χυμούς φρούτων μήλων, αχλαδιών, κερασιών και δαμάσκημων. Η σορβιτόλη είναι 0,6 φορές πιο γλυκιά από τη σακχαρόζη, είναι υγροσκοπική και έχει διπλάσια επίδραση στη μείωση του σημείου πήξης από τη ζάχαρη ανά μονάδα βάρους. Είναι αναγνωρισμένη ως ασφαλής (GRAS) στις ΗΠΑ και έχει εγκριθεί για χρήση στον Καναδά, την ΕΕ και σε πολλές άλλες χώρες. Αν καταναλωθεί σε υψηλές συγκεντρώσεις έχει υπακτική δράση και τα όρια κατανάλωσης είναι 50g/ημέρα (Wilson 2007) (Mortensen 2006).



Εικόνα 15. Χημική δομή των πολυολών.

### 1.3.2.2. Μαννιτόλη (E 421)

Η μαννιτόλη είναι αλκοολικό παράγωγο της φρουκτόζης (Εικόνα 15) και απαντάται φυσικά σε χυμούς φρούτων μήλων, αχλαδιών, κερασιών και δαμάσκημων. Η μαννιτόλη είναι 0,5 φορές πιο γλυκιά από τη σακχαρόζη, δεν είναι υγροσκοπική σε

αντίθεση με τη σορβιτόλη, και σαν μονοσακχαρίτης, έχει διπλάσια επίδραση στη μείωση του σημείου πήξης από τη ζάχαρη ανά μονάδα βάρους. Είναι εγκεκριμένη για χρήση σε Αμερική, Καναδά, Ευρωπαϊκή Ένωση και πολλές άλλες χώρες. Υψηλή κατανάλωση προκαλεί, επίσης, υπακτική δράση, αλλά το ημερήσιο όριο είναι 20g/ημέρα (Wilson 2007) (Mortensen 2006).

#### 1.3.2.3. Ξυλιτόλη (E 967)

Η ξυλιτόλη είναι μια πολυόλη με πέντε άτομα άνθρακα (Εικόνα 15). Είναι η πιο γλυκιά από τις πολυόλες και έχει παρόμοια γλυκύτητα με τη ζάχαρη. Ως γλυκαντικό χαμηλότερου μοριακού βάρους από τους μονοσακχαρίτες, δεν θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σε προϊόντα παγωτού για την πλήρη αντικατάσταση της ζάχαρης λόγω της μείωσης που προκαλεί στο σημείο πήξης. Προκαλεί υπακτική δράση αν καταναλωθεί σε επίπεδα μεγαλύτερα από 50g ημερησίως (Wilson 2007) (Mortensen 2006).

#### 1.3.2.4. Ερυθριτόλη (E 968)

Η ερυθριτόλη είναι μια πολυόλη με τέσσερα άτομα άνθρακα (Εικόνα 15). Απαντάται φυσικά στα καρπούζια, τα αχλάδια, τα σταφύλια και τα μανιτάρια. Έχει παρόμοια επίδραση στο σημείο πήξης με την ξυλιτόλη, αλλά είναι μόνο 0.6-0.7 φορές γλυκιά όσο η ζάχαρη (Goff HD 1993).

#### 1.3.2.5. Μαλτιτόλη (E 965)

Η μαλτιτόλη είναι το αλκοολικό παράγωγο της μαλτόζης (Εικόνα 15), ενός δισακχαρίτη. Έχει παρόμοιες ιδιότητες με τη ζάχαρη, δηλαδή έχει παρόμοια γλυκύτητα και επίδραση στο σημείο πήξης. Γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιείται εκτεταμένα στην παραγωγή προϊόντων παγωτού, σοκολάτας και άλλων επιδορπίων. Το κατώτατο όριο ημερήσιας πρόσληψης για την εμφάνιση υπακτικής δράσης είναι 100g/ημέρα (Wilson 2007) (Mortensen 2006).

#### 1.3.2.6. Λακτιτόλη (E 966)

Η λακτιτόλη είναι αλκοολικό παράγωγο της λακτόζης (Εικόνα 15), ενός ακόμη δισακχαρίτη. Έχει παρόμοια επίδραση στο σημείο πήξης με τη σακχαρόζη, αλλά είναι μόνο 0,3-0,4 φορές γλυκιά όσο η ζάχαρη. Μπορεί να προκαλέσει διάρροια με κατανάλωση περίπου 50g ημερησίως (Wilson 2007) (Mortensen 2006).

#### 1.3.2.7. Ισομαλτόζη (E 953)

Η ισομαλτόζη αποτελείται από ένα μόριο μαννιτόλης και ένα μόριο σορβιτόλης (Εικόνα 15). Δίνει τη μισή γλυκύτητα σε σχέση με τη ζάχαρη. Έχει πολύ

χαμηλή διαλυτότητα στο νερό (25% στους 25°C) με αποτέλεσμα να κρυσταλλώνεται εύκολα σε χαμηλές θερμοκρασίες (Nabors 2001).

### 1.3.3. Γλυκαντικά συνθετικής παρασκευής

#### 1.3.3.1. Ακεσουλφαμικό Κάλι (E 950)

Το ακεσουλφαμικό κάλι συντίθεται με χημικό τρόπο, είναι υδατοδιαλυτό και σταθερό σε διαφορετικές τιμές θερμοκρασίας και pH. Λόγω αυτών των ιδιοτήτων του χρησιμοποιείται εκτεταμένα στην βιομηχανία τροφίμων (Mayer DG 1991). Όταν χρησιμοποιείται μόνο του αφήνει μια ιδιαίτερη επίγευση, γι' αυτό το λόγο συνήθως χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με άλλα γλυκαντικά. Το ακεσουλφαμικό κάλι δεν μεταβολίζεται και αποβάλλεται ταχύτατα από τον οργανισμό (Renwick 1986). Το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο χρήσης ποικίλει από 350-1000mg/kg ανάλογα με το τρόφιμο στο οποίο χρησιμοποιείται (Mortensen 2006).

#### 1.3.3.2. Ασπαρτάμη (E 951)

Η ασπαρτάμη αποτελείται από δύο αμινοξέα, την L-φαινυλαλανίνη και το L-ασπαρτικό οξύ εστεροποιημένα σε μεθυλική αλκοόλη (Εικόνα 16). Είναι ασταθής σε παρατεταμένη υψηλή θερμότητα και συνεπώς δεν είναι κατάλληλη για το μαγείρεμα ή το ψήσιμο. Όταν συνδυάζεται με άλλα έντονα γλυκαντικά, όπως τη σακχαρίνη και το κυκλαμικό, δίνει πιο γλυκιά γεύση από το αναμενόμενο άθροισμα των μεμονωμένων γλυκαντικών.

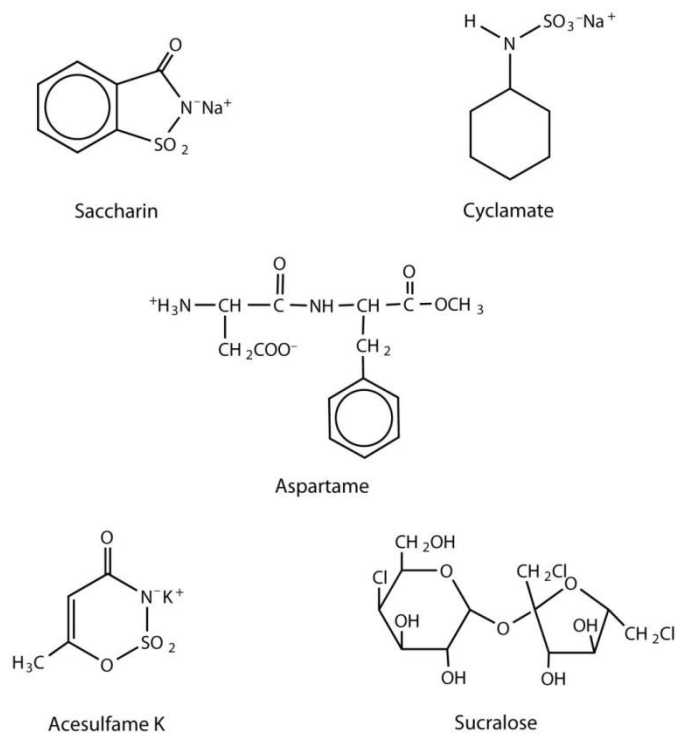
Όταν μεταβολίζεται στο σώμα, η ασπαρτάμη αποδίδει περίπου 50% φαινυλαλανίνη, 40% ασπαρτικό οξύ και 10% μεθυλική αλκοόλη κατά βάρος (Roberts 1988). Γι' αυτό το λόγο όσα τρόφιμα ή ποτά περιέχουν ασπαρτάμη πρέπει να φέρουν την επισήμανση ότι περιέχουν φαινυλαλανίνη. Το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο χρήσης ποικίλει από 350-2000mg/kg (Mortensen 2006).

#### 1.3.3.3. Κυκλαμικά (E 952)

Τρεις διαφορετικές ενώσεις αναφέρονται ως κυκλαμικά: το κυκλαμικό οξύ, το κυκλαμικό ασβέστιο και το κυκλαμικό νάτριο (Εικόνα 16). Η σταθερότητά τους σε διαφορετικές τιμές θερμοκρασίας και η διαλυτότητά τους στο νερό διευκολύνουν τη χρήση τους στα τρόφιμα και τα ποτά. Έχουν την χαμηλότερη γλυκαντική ισχύ από τα γλυκαντικά συνθετικής παρασκευής και χρησιμοποιούνται κυρίως σε συνδυασμό με άλλα γλυκαντικά γιατί καλύπτουν την αρνητική επίγευση που αφήνουν.

Τα κυκλαμικά δεν μεταβολίζονται από τον ανθρώπινο οργανισμό. Όση ποσότητα απορροφάται, αποβάλλεται με τα ούρα, ενώ η μη απορροφήσιμη ποσότητα μεταβολίζεται από τη μικροχλωρίδα του εντέρου προς κυκλοεξιλαμίνη

(Cyclohexylamine-CHA) (Renwick A.G. 1972). Το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο χρήσης κυκλαμικών είναι 250-1500mg/kg.



**Εικόνα 16.** Χημική δομή των πιο συχνά χρησιμοποιούμενων γλυκαντικών συνθετικής παρασκευής στη βιομηχανία τροφίμων.

#### 1.3.3.4. Νεοεσπεριδίνη (E 959)

Η νεοεσπεριδίνη συντίθεται με χημικό τρόπο από τη ναριγκίνη. Χρησιμοποιείται συνδυαστικά με άλλα γλυκαντικά λόγω της γλυκιάς και αρωματικής γεύσης που προσδίδει. Δεν απορροφάται από τον ανθρώπινο οργανισμό αλλά μεταβολίζεται από τη μικροχλωρίδα του εντέρου. Το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο χρήσης είναι από 50-150mg/kg (Mortensen 2006).

#### 1.3.3.5. Ζαχαρίνη (E 954)

Σαν πρόσθετο με κωδικό E 954 λογίζονται η ζαχαρίνη και τα άλατα της, νατρίου, ασβεστίου και καλίου. Είναι πολύ σταθερή αλλά αφήνει μια πικρή/μεταλλική επίγευση. Γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιείται συνήθως σε συνδυασμό με άλλες γλυκαντικές ύλες. Δεν μεταβολίζεται από τον ανθρώπινο οργανισμό, ενώ το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο χρήσης είναι από 100-500mg/kg (Mortensen 2006).

#### 1.3.3.6. Σουκραλόζη (E 955)

Παράγεται από τη ζάχαρη με επιλεκτική υποκατάσταση τριών υδροξυλομάδων με άτομα χλωρίου (Εικόνα 16). Η σουκραλόζη είναι πολύ διαλυτή στο νερό και δίνει ουδέτερα υδατικά διαλύματα. Σε όξινα διαλύματα, π.χ. σε

αναψυκτικά, υδρολύεται σταδιακά στους δομικούς της μονοσακχαρίτες, 4-χλώρο-4-δεοξυγαλακτόζη (4-chloro-4-deoxygalactose-4-CG) και 1,6-διχλωρο-1,6-διδεοξυφρουκτόζη (1,6-dichloro-1,6-dideoxyfructose-1,6-DCF). Αφού καταναλωθεί, δεν μεταβολίζεται αλλά απορροφάται και στη συνέχεια αποβάλλεται. Το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο χρήσης είναι από 10mg/kg-1000mg/kg (Mortensen 2006).

#### 1.3.4. Άλλες γλυκαντικές ύλες

##### 1.3.4.1. Θαυματίνη (E 957)

Η θαυματίνη είναι ένα πρωτεϊνικό γλυκαντικό φυτικής προέλευσης. Αποτελείται ουσιαστικά από δύο πρωτεΐνες, τη θαυματίνη I και II, μαζί με μικρές ποσότητες άλλων φυτικών συστατικών που προέρχονται από το αρχικό υλικό. Η θαυματίνη λαμβάνεται με υδατική εκχύλιση από τον καρπό του φυτού *Thaumatococcus daniellii*. Είναι πολύ διαλυτή στο νερό και μεταβολίζεται όπως όλες οι πρωτεΐνες.

Η θαυματίνη επιτρέπεται ως γλυκαντικό στο παγωτό και τα γλυκά σε επίπεδα μέχρι 50 mg/kg και ως βελτιωτικό γεύσης σε αναψυκτικά, επιδόρπια και γαλακτοκομικά προϊόντα σε επίπεδα έως 0,5 mg/L και 5 mg/kg, αντίστοιχα (Mortensen 2006).

##### 1.3.4.2. Στεβιοζίτης-γλυκοζίτης της στεβιόλης

Ο στεβιοζίτης είναι ένας γλυκοζίτης του διτερπενικού παραγώγου στεβιόλη και παράγεται με εκχύλιση από τα φύλλα του φυτού *Stevia rebaudiana*. Συνήθως χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με άλλα γλυκαντικά, κυρίως ερυθριτόλη, γιατί αφήνει μια χαρακτηριστική πικρή/μεταλλική επίγευση. Αν και φυσικό γλυκαντικό, είναι έντονο, δηλαδή έχει 200-300 φορές πιο γλυκιά γεύση από την ζάχαρη, ενώ σαν φυσικό γλυκαντικό μπορεί να χρησιμοποιηθεί στα τρόφιμα χωρίς περιορισμούς (Mortensen 2006).

#### 1.4. Ιδιότητες πηκτωμάτων και τεχνικές χαρακτηρισμού πηκτωμάτων

Πολλά χαρακτηριστικά των πηκτωμάτων συνδέονται άμεσα με την αποδοχή του τελικού προϊόντος από τους καταναλωτές. Οι κύριες τεχνικές που χρησιμοποιούνται για το χαρακτηρισμό των πηκτωμάτων περιγράφονται παρακάτω.

##### 1.4.1. Μέγεθος σωματιδίων, σχήμα και δομή

Η μορφολογία των σωματιδίων είναι σημαντική καθώς μπορεί να επηρεάσει άμεσα την αποδοχή από τους καταναλωτές και άλλες ιδιότητες (Engelen 2005). Επομένως, είναι σημαντικό να κατανοηθεί η μορφολογία των σωματιδίων και να χρησιμοποιηθούν οι κατάλληλες τεχνικές για τη μελέτη των ιδιοτήτων των

σωματιδίων. Δύο κοινώς χρησιμοποιούμενες τεχνικές για την αξιολόγηση του μεγέθους και της μορφολογίας των σωματιδίων είναι η ανάλυση διάθλασης με λέιζερ και η μικροσκοπία (Rosinski S. 2002). Ο πυρηνικός μαγνητικός συντονισμός (NMR) μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την εξέταση του πορώδους των σωματιδίων της πηκτής καθώς και για την παρατήρηση της διαδικασίας ζελατινοποίησης (Dobies M. 2005).

#### 1.4.1.1. Ανάλυση διάθλασης με λέιζερ

Το μέγεθος των σωματιδίων μπορεί να προσδιοριστεί με τη χρήση ανάλυσης διάθλασης με λέιζερ, η οποία βασίζεται στη διάθλαση του φωτός στην επιφάνεια των σωματιδίων. Δύο παράγοντες είναι σημαντικοί για την αποτελεσματική μέτρηση, το μήκος κύματος των ακτινών λέιζερ και η ύπαρξη επαρκούς αντίθεσης μεταξύ μιας επιφάνειας σωματιδίων και του υγρού εναιώρησης για τον καθορισμό της θέσης της επιφάνειας.

Η διάχυση του φωτός μπορεί επίσης να παρέχει πληροφορίες σχετικά με τη δομή σε μεσοσκοπική κλίμακα, δηλαδή 100-1000 nm (Haw 1997). Είναι σημαντικό να γνωρίζουμε ότι μπορεί να προκύψουν κάποιες δυσκολίες στη χρήση διάθλασης λέιζερ για πολύ διογκωμένα σωματίδια, όπου η συγκέντρωση υδροκολλοειδούς είναι χαμηλή, με αποτέλεσμα περιορισμένη οπτική αντίθεση μεταξύ του μέσου και των σωματιδίων του πηκτώματος (Burey P. 2008).

#### 1.4.1.2. Μικροσκοπία

Το μέγεθος των σωματιδίων μπορεί επίσης να προσδιοριστεί με τεχνικές μικροσκοπίας, όπως η μικροσκοπία φωτός (LM), η ηλεκτρονική μικροσκοπία σάρωσης (SEM), η ηλεκτρονική μικροσκοπία μετάδοσης (TEM) και η μικροσκοπία ατομικής δύναμης (AFM). Επιπλέον, οι τεχνικές μικροσκοπίας μπορούν επίσης να παρέχουν πληροφορίες σχετικά με το σχήμα και τα χαρακτηριστικά των σωματιδίων.

#### 1.4.1.3. Τεχνικές NMR

Οι τεχνικές NMR έχουν χρησιμοποιηθεί πιο πρόσφατα για να μελετήσουν την εσωτερική δομή καθώς και τη ζελατινοποίηση των σωματιδίων του πηκτώματος (Dobies et al., 2005, Duez et al., 2000, Grant κ.ά., 2005, Hills κ.ά., 2000). Χρησιμοποιούνται συνδυαστικά με τις τεχνικές SEM ή TEM ώστε να διαπιστωθεί η ακριβής δομή των πηκτωμάτων.

#### 1.4.2. Υφή

Με τον όρο “υφή” (texture) εννοείται το άθροισμα των ιδιοτήτων οι οποίες προκύπτουν από τα δομικά στοιχεία (μοριακά, μικροσκοπικά, μακροσκοπικά) και τον

τρόπο με τον οποίο αυτά επιδρούν στα αισθητήρια όργανα. Γίνεται προσπάθεια να συνδεθεί η υφή με τα αισθητήρια όργανα και με τη δομή του προϊόντος.

Οι μηχανικές ιδιότητες λαμβάνονται κυρίως υπόψη στον ορισμό και τη μέτρηση της υφής. Η υφή είναι σπουδαία παράμετρος αποδοχής από τον καταναλωτή, καθώς είναι ευδιάκριτο χαρακτηριστικό και για ορισμένα τρόφιμα παίζει πιο σημαντικό ρόλο από την οσμή και τη γεύση. Τα χαρακτηριστικά της υφής που είναι επιθυμητά κατά περίπτωση είναι: η σκληρότητα (hardness), η ελαστικότητα (gumminess), η ευκολία στο μάσημα (chewiness) και η συγκολλητικότητα (adhesiveness).

Η υφή είναι δύσκολο να μελετηθεί και να βρεθεί τρόπος να περιγραφεί η αντίδραση του καταναλωτή για την αποδοχή των προϊόντων, ωστόσο μπορεί να προσδιοριστεί με τη χρήση διαφόρων οργάνων. Η λειτουργία των οργάνων μέτρησης βασίζεται στην αντίσταση του προϊόντος σε κάποια δύναμη, η οποία εφαρμόζεται για συμπίεση (δοκιμαστές πίεσης), διάτμηση (τεντερόμετρο), κοπή ή εφέλκυσμό ή συνδυασμός συμπίεσης-διάτμησης. Για τον προσδιορισμό της υφής υδροκολλοειδών χρησιμοποιείται η δοκιμή συμπίεσης δύο σταδίων. Η δοκιμή περιλαμβάνει δοκιμασία συμπίεσης δύο σταδίων στο δείγμα και καταγραφή της αναπτυχθείσας δύναμης σε συνάρτηση με το χρόνο. Το διάγραμμα που προκύπτει παρουσιάζει μια καμπύλη με δύο μέγιστα και δίνει μια ένδειξη της συμπεριφοράς ανάκτησης μετά από παραμόρφωση (M. C. Bourne 2002). Φυσικοχημικές μέθοδοι επίσης χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της υφής (περιεκτικότητα υγρασίας, αδιάλυτα στερεά σε αλκοόλη, ιώδη στοιχεία, κοκκώδη υλικά, πυκνότητα, μικροαναλυτικός προσδιορισμός υφής).

#### 1.4.3. Ιξώδες

Το ιξώδες είναι χαρακτηριστικό της εμφάνισης που έχει ιδιαίτερη σημασία για τα υγρά τρόφιμα. Η μέτρησή του επιτρέπει τον προσδιορισμό της ποιότητας του τελικού προϊόντος, αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως δείκτης ποιότητας της πρώτης ύλης, ως στοιχείο αξιολόγησης της τεχνολογίας που ακολουθήθηκε κατά την παραγωγή του ή ως δείκτης ελέγχου προσθήκης ορισμένων ουσιών. Το ιξώδες επηρεάζει το συντελεστή μετάδοσης της θερμότητας στα τρόφιμα και πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τη μεταφορά ρευστών τροφίμων (μηχανήματα επεξεργασίας, τυποποίησης, μεταφοράς). Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως δείκτης προσδιορισμού του μεγέθους και της ποιοτικής υποβάθμισης ορισμένων τροφίμων.

Το ιξώδες επηρεάζει την αντίσταση στη ροή και έχει έννοια αντίθετη προς τη ρευστότητα που εκφράζει την τάση για ροή. Το ιξώδες για νευτώνεια υγρά είναι:

$$r = \mu \left( -\frac{du}{dy} \right) = \mu * \gamma$$

Όπου  $r = \frac{F}{A}$  διατμητική τάση ή δύναμη (shear stress)

$\gamma = -\frac{du}{dy}$  ρυθμός διάτμησης (shear rate) ή ταχύτητα διάτμησης, και

$\mu$  = συντελεστής ιξώδους ή ιξώδες.

Για τρόφιμα με μη νευτώνεια συμπεριφορά το ιξώδες είναι:

$$r = m \left( -\frac{du}{dy} \right)^n + c$$

όπου  $m$  = συντελεστής σύστασης (consistency coefficient) και

$n$  = συντελεστής συμπεριφοράς ροής (Flow behavior index).

Ορισμένα τρόφιμα παρουσιάζουν ελάττωση του ιξώδους με ανάδευση (θιξοτροπία). Σπάνια παρουσιάζουν αύξηση με την ανάδευση (ρεοπηξία). Το ιξώδες μετρείται σε ορισμένη θερμοκρασία και για ειδικές περιπτώσεις και σε ορισμένο pH. Για τη μέτρηση του ιξώδους χρησιμοποιούνται όργανα που υπάγονται σε δυο κατηγορίες: α) ροόμετρα με τριχοειδή σωλήνα και β) περιστροφικά ροόμετρα.

Καλούνται ροόμετρα αντί ιξωδόμετρα επειδή με τα όργανα αυτά μετρούνται ουσιαστικά οι ρεολογικές παράμετροι ( $n$ ,  $m$ ) και όχι ο συντελεστής ιξώδους ( $\mu$ ). Μερικά όργανα μετρούν απ' ευθείας το σχετικό ιξώδες ( $\mu_A$ ). Τα περιστροφικά χρησιμοποιούν είτε σταθερή δύναμη είτε σταθερή ταχύτητα. Τα ροόμετρα με τριχοειδή σωλήνα λειτουργούν μόνο με βαρύτητα ή χρειάζονται πρόσθετη πίεση για τη λειτουργία τους. Υπάρχουν και όργανα που μετρούν την εξάπλωση του προϊόντος σε ορισμένο χρόνο.

Για τη βελτίωση του ιξώδους των τροφίμων χρησιμοποιούνται κόμμεα ή υδροκολλοειδή. Οι ιδιότητες που βελτιώνονται αναφέρονται με τους όρους: σώμα (body), σύσταση (consistency), υδαρότητα (slimness), κολλητικότητα (stickiness), ρευστότητα (creaminess), ελαιώδης υφή (oiliness).



#### 1.4.4. Γεύση - Οσμή

Είναι τα χαρακτηριστικά τα οποία αξιολογεί ο καταναλωτής με τα αισθητήρια γεύσης και οσμής καθώς και με τις άλλες αισθήσεις, όπως η αφή (κρύο-ζεστό). Το σύνθετο αποτέλεσμα της αίσθησης της οσμής και γεύσης μαζί καλείται flavor. Αντίθετα με την υφή, η γεύση και η οσμή δύσκολα μπορούν να προσδιοριστούν με όργανα, για αυτό χρησιμοποιούνται υποκειμενικές μέθοδοι, όπως ομάδες δοκιμαστών (Taste Panels). Παρά τις δυσκολίες έχουν σχεδιαστεί όργανα που μετρούν τις πτητικές ουσίες (M. C. Bourne 2002).

Η γεύση χρησιμοποιείται πολύ συχνά στον έλεγχο ποιότητας των τροφίμων. Οι πληροφορίες που δίνονται με τη γεύση είναι ταχύτατες. Τα αισθητήρια της γεύσης είναι οι γευστικοί κάλυκες που αποτελούνται από 20-30 αισθητικά κύτταρα ο καθένας τα οποία ανανεώνονται κάθε 5 ημέρες περίπου.

Η γεύση είναι τετραδιάστατο αίσθημα που γίνεται αντιληπτή σε 4 αποκλίσεις: γλυκό, ξινό, αλμυρό και πικρό. Το αίσθημα του ξινού είναι συνδεδεμένο με πρωτόνια, ενώ του αλμυρού με ανιόντα κυρίως ανόργανων αλάτων. Για το γλυκό και το πικρό είναι υπεύθυνη η ειδική στερεοδομή των μορίων του σήματος (Stimuli) η οποία βρίσκεται σε αλληλεπίδραση με το συμπληρωματικό σύστημα του υποδοχέα (αισθητικές κατασκευές-Sensoren). Οι κύριοι παράγοντες που δημιουργούν ερεθισμό στα αισθητήρια όργανα είναι η στερεοχημική δομή, η φύση και η συγκέντρωση της ουσίας.

Η γλυκύτητα μπορεί να μετρηθεί με επιτυχία για καθαρά διαλύματα σακχάρων με πυκνόμετρα και διαθλασίμετρα (σε °Brix), και με λιγότερη ακρίβεια στα τρόφιμα, όπου τα σάκχαρα αποτελούν βάση διαλυτών στερεών. Η ιδιότητα του ξινού μετρείται με όργανα σε σχετικά αραιά διαλύματα τροφίμων μέσω προσδιορισμού του pH, περισσότερο επιτυχώς όμως με την ογκομετρική οξύτητα. Πολλές φορές η γεύση εκτιμάται σαν λόγος σακχάρων/οξύτητας. Η αλμυρότητα μετριέται με τον προσδιορισμό του χλωρίου αναλυτικά ή φλογομετρικά, όπου και πάλι ο λόγος σάκχαρα/αλάτι είναι πιο ακριβής για τη γεύση. Το πικρό δεν μπορεί να προσδιοριστεί με κάποια γενική μέθοδο, απλά γίνεται σύγκριση του τροφίμου με αραιά διαλύματα ορισμένων πικρών ουσιών (M. C. Bourne 2002).

Το αισθητήριο της οσμής είναι ο οσφρητικός βλεννογόνος που φέρει επιθήλιο το οποίο αποτελείται από υψηλά ερειστικά κύτταρα μεταξύ των οποίων υπάρχουν μερικά εκατομμύρια οσφρητικών κυττάρων. Κάθε κύτταρο έχει δύο αποφυάδες, η μία από τις οποίες απολήγει στην επιφάνεια του βλεννογόνου που περιέχει 6-8 τριγίδια τα

οποία είναι οι οσφρητικοί υποδοχείς. Εκεί υπάρχουν και αδένες που εκκρίνουν υγρό το οποίο χρησιμεύει για τη διάλυση των οσμηρών ουσιών και τη διέγερση των τριχιδίων. Η διαδικασία για την διαπίστωση της οσμής περιλαμβάνει τη διακόμιση της ουσίας (πτητική ουσία) και την αλληλεπίδραση αυτής με τους υποδοχείς.

Οι οσμηρές ουσίες πρέπει να είναι πτητικές σε θερμοκρασία δωματίου, να έχουν σχετική υδατο- και λιποδιαλυτότητα και να υπάρχουν οι εξειδικευμένοι υποδοχείς. Έχει αποδειχθεί ότι το οσφρητικό αποτέλεσμα οφείλεται σε κάποιες δραστικές ομάδες των ουσιών και ότι η στερεοχημική δομή των ουσιών επηρεάζει το χαρακτήρα και την ένταση του αποτελέσματος.

Πολλοί παράγοντες επηρεάζουν την οσμή. Οι συσκευές προσδιορισμού της οσμής μετρούν ποιοτικά και ποσοτικά τις ουσίες που είναι υπεύθυνες για συγκεκριμένες οσμές. Οι πτητικές ουσίες που είναι υπεύθυνες κυρίως για την οσμή είναι πολλές και απαντώνται σε πολύ μικρές ποσότητες και είναι δύσκολο να προσδιοριστούν. Σύγχρονες μέθοδοι με ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, φασματομετρία, αέρια χρωματογραφία προσφέρονται σήμερα για τον επιτυχή προσδιορισμό των οσμηρών ουσιών. Χρησιμοποίηση του αισθητηρίου της όσφρησης είναι ο σπουδαιότερος τρόπος προσδιορισμού της οσμής.

#### 1.4.4.1. Οργανοληπτική εκτίμηση / αξιολόγηση των τροφίμων

Η οργανοληπτική εκτίμηση/αξιολόγηση των τροφίμων ορίζεται ως «ο επιστημονικός κλάδος που χρησιμοποιείται για να προκαλέσει, να μετρήσει, να αναλύσει και να ερμηνεύσει τις αντιδράσεις στα χαρακτηριστικά εκείνα των τροφίμων και των συστατικών όπως αυτά γίνονται αντιληπτά από τις αισθήσεις της όρασης, όσφρησης, γεύσης, αφής και ακοής».

#### 1.4.4.2. Δοκιμές οργανοληπτικής εκτίμησης

Οι δοκιμές της οργανοληπτικής εκτίμησης διακρίνονται σε δύο γενικά κατηγορίες:

- α) αρεσκείας ή υποκειμενικές και
- β) αναλυτικά ή αντικειμενικές.

Ο σκοπός των δοκιμών αρεσκείας είναι να εκτιμήσει την προτίμηση ή/και την αποδοχή των προϊόντων. Οι αναλυτικές δοκιμές εκτιμούν διαφορές ή ομοιότητες, ποιότητα ή/και ποσότητα των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των προϊόντων. Στις δοκιμές αρεσκείας προκαλείται η αυθόρμητη, προσωπική αντίδραση των δοκιμαστών για να καθοριστεί η προτίμηση ή η αποδοχή. Υπάρχουν υποκειμενικές δοκιμές σχεδιασμένες για να συλλάβουν τις αρχικές και αυθόρμητες εκφράσεις των

δοκιμαστών. Στις αναλυτικές δοκιμές ενδιαφέρει κάποια άποψη της οργανοληπτικής ποιότητας του ίδιου του προϊόντος και όχι η προσωπική αντίδραση του δοκιμαστή. Η ομάδα (panel) είναι το αναλυτικό εργαλείο. Σε κάθε τύπο αναλυτικής εργασίας υπάρχει προφανής ανάγκη για έλεγχο και προτυποποίηση. Αυτό είναι ειδικότερα απαραίτητο στην οργανοληπτική εκτίμηση, αφού αυτή βασίζεται στην ψυχολογική εκτίμηση των φυσιολογικών αισθήσεων/εντυπώσεων. Ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης (ISO) ορίζει την αντικειμενική μέθοδο ως «μία μέθοδο στην οποία τα αποτελέσματα των επιδράσεων των ατόμων ελαχιστοποιούνται».

Για τις αναλυτικές οργανοληπτικές δοκιμές έχουν αναπτυχθεί διαδικασίες στην προσπάθεια ελέγχου ή ελαχιστοποίησης της επίδρασης που μπορεί να έχουν οι ψυχολογικές και φυσικές συνθήκες στις αντιδράσεις των δοκιμαστών. Εάν ακολουθηθούν αυτές οι διαδικασίες, οι αναλυτικές οργανοληπτικές δοκιμές ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις των αποκαλούμενων «αντικειμενικών».

Υπάρχουν αρκετές μέθοδοι που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως αναλυτικές δοκιμές. Η καλύτερη μέθοδος μπορεί να επιλεγεί αφού μελετηθεί το αντικείμενο της δοκιμής. Οι δοκιμές που χρησιμοποιούνται στην οργανοληπτική ανάλυση είναι οι παρακάτω:

#### 1.4.4.2.1. Τριγωνική δοκιμή (ISO 4120: 2004)

Δίνονται στον δοκιμαστή τρία δείγματα. Αναφέρεται στο δοκιμαστή ότι τα δύο δείγματα είναι ίδια και το ένα διαφορετικό και του ζητείται να αναγνωρίσει το διαφορετικό δείγμα.

#### 1.4.4.2.2. Δοκιμή Duo-Trio (ISO 10399: 2004)

Παρουσιάζονται τρία δείγματα στο δοκιμαστή, το ένα χαρακτηρίζεται ως R (αναφορά) και τα άλλα δύο κωδικοποιούνται. Το ένα κωδικοποιημένο δείγμα είναι ταυτόσημο με το R, και το άλλο είναι διαφορετικό. Ζητείται από το δοκιμαστή να αναγνωρίσει το διαφορετικό δείγμα.

#### 1.4.4.2.3. Δοκιμή 'Α' όχι 'Α' (ISO 8588: 1987)

Δίνονται δύο ή περισσότερα δείγματα στον δοκιμαστή. Δοκιμάζεται πρώτα το δείγμα που χαρακτηρίζεται ως R (αναφορά). Στην συνέχεια δοκιμάζονται τα υπόλοιπα κωδικοποιημένα δείγματα τα οποία ταυτίζονται ή όχι με το δείγμα αναφοράς.

#### 1.4.4.2.4. Δοκιμή σύγκρισης ζεύγους (ISO 5495: 1983)

Ένα ζεύγος κωδικοποιημένων δειγμάτων παρουσιάζεται για σύγκριση στον δοκιμαστή με βάση ορισμένα χαρακτηριστικά.

#### 1.4.4.2.5. Δοκιμή Κατάταξης (ISO 8587: 2006)

Η δοκιμή κατάταξης είναι μία επέκταση της δοκιμής σύγκρισης ζεύγους. Ο δοκιμαστής δέχεται τρία ή περισσότερα δείγματα και του ζητείται να τα κατατάξει ως προς την ένταση ορισμένων χαρακτηριστικών.

#### 1.4.4.2.6. Μέθοδοι βαθμολόγησης με κλίμακες (ISO 4121: 1987)

Παρουσιάζονται κωδικοποιημένα δείγματα στον δοκιμαστή για να προσδιοριστεί η ένταση ορισμένων ειδικών χαρακτηριστικών που καθένα κατέχει. Ο δοκιμαστής καταγράφει την κρίση του χρησιμοποιώντας κλίμακα. Η κλίμακα μπορεί να είναι αριθμητική (συνήθως 1-10), περιγραφική (πάρα πολύ κακό-πάρα πολύ καλό) ή εικονική (χρησιμοποιείται κυρίως σε παιδιά, χρήση emoticons).

#### 1.4.4.2.7. Αναλογική διαβάθμιση

Δίνεται στο δοκιμαστή μία σειρά δειγμάτων τα οποία διαφέρουν σε κάποιο χαρακτηριστικό. Του δίνεται εντολή να δώσει ένα βαθμό στο πρώτο δείγμα και να εκτιμήσει κάθε δείγμα σε σχέση με το πρώτο.

#### 1.4.4.2.8. Περιγραφική οργανοληπτική ανάλυση

Μία ομάδα εκπαιδευμένων δοκιμαστών εξετάζει το άρωμα ή την υφή ενός προϊόντος για να δώσει μία λεπτομερή περιγραφική εκτίμηση αυτού. Οι πιο κοινά γνωστές περιγραφικές μέθοδοι είναι η «κατατομή αρώματος» (ISO 6564: 1985) η «κατατομή υφής» και η «ποσοτική περιγραφική ανάλυση».

### 1.5. Επίδραση της κατανάλωσης ζάχαρης στην υγεία του ανθρώπου

Η υπερβολική κατανάλωση σακχάρων έχει σημαντική επίδραση στην υγεία του ανθρώπου και έχει συνδεθεί με αυξημένο κίνδυνο παχυσαρκίας, στεφανιαίας νόσου, διαβήτη (T2D), μεταβολικού συνδρόμου κ.α. Αυτό έχει οδηγήσει πολλούς διεθνείς οργανισμούς όπως ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας, να προχωρήσουν σε έκδοση οδηγιών σχετικά με την κατανάλωση σακχάρων όπου αναφέρεται ότι η πρόσληψή τους δεν πρέπει να ξεπερνά το 5% της συνολικής ημερήσιας ενεργειακής πρόσληψης (Angelopoulos 2016).

#### 1.5.1. Παχυσαρκία

Η εμφάνιση παχυσαρκίας έχει αυξηθεί δραματικά τις τελευταίες δεκαετίες και απειλεί να γίνει παγκόσμια επιδημία. Σημαντικό ποσοστό του πληθυσμού εμφανίζει αυξημένο κίνδυνο θνησιμότητας λόγω του αυξημένου σωματικού βάρους. Η γενετική προδιάθεση αποτελεί έναν σημαντικό λόγο υπερβολικής αύξησης του σωματικού λίπους, αλλά δεν δικαιολογεί την εκθετική αύξηση της παχυσαρκίας σε όλες σχεδόν τις χώρες του δυτικού πολιτισμού (Philip T. James 2004).

Η παχυσαρκία είναι το αποτέλεσμα μιας ανισορροπίας ανάμεσα στην πρόσληψη τροφής και την κατανάλωση της ενέργειας, δηλαδή την ελλιπή καθημερινή σωματική δραστηριότητα. Ως εκ τούτου, η παχυσαρκία είναι το μεγαλύτερο πρόβλημα που σχετίζεται με τη διατροφή στον ανεπτυγμένο κόσμο.

Πολλά επεξεργασμένα τρόφιμα με υψηλή περιεκτικότητα σε σάκχαρα παράγουν μια υψηλή γλυκαιμική απόκριση, προωθώντας με τον τρόπο αυτό την μεταγευματική οξείδωση των υδατανθράκων σε βάρος της οξείδωσης των λιπών, τροποποιώντας έτσι τον μεταβολισμό και την παραγωγή ενέργειας του οργανισμού με τρόπο που μπορεί να επηρεάσει την αύξηση του σωματικού λίπους. Η αυξημένη πρόσληψη υδατανθράκων δεν οδηγεί απευθείας σε παραγωγή λιπιδίων και αποθήκευση λίπους αλλά ελαττώνει την οξείδωση των λιπών, τα οποία μεταβολίζονται με χαμηλή προτεραιότητα σε σχέση με τα υπόλοιπα μακροθρεπτικά συστατικά, με αποτέλεσμα την αποθήκευση λίπους σε περιπτώσεις υψηλής ενεργειακής πρόσληψης (Frayn K.N. 1995).

Επιπρόσθετα, πολλά τρόφιμα που περιέχουν υψηλή περιεκτικότητα σε σάκχαρα και κυρίως προστιθέμενα σάκχαρα, εμφανίζουν υψηλό γλυκαιμικό δείκτη, δηλαδή αυξάνουν ταχύτατα τη συγκέντρωση της γλυκόζης και της ινσουλίνης στο αίμα. Οι ταχείες αυτές μεταβολές της γλυκόζης έχουν συνδεθεί με αίσθημα πείνας, προκαλούν δηλαδή την αύξηση της κατανάλωσης και κατ' επέκταση της ενεργειακής πρόσληψης που οδηγεί σε αύξηση του σωματικού βάρους. Αντίθετα, τροφές με χαμηλό γλυκαιμικό δείκτη, βοηθούν στον κορεσμό, στην καλή υγεία του γαστρεντερικού συστήματος και στην καλύτερη ρύθμιση των επιπέδων σακχάρου και λιπιδίων στο αίμα (Natasha Wiebe 2011).

Τέλος, η φρουκτόζη, ένα από τα δύο δομικά συστατικά της ζάχαρης, δεν μπορεί να μεταβολιστεί από όλα τα κύτταρα του ανθρώπινου οργανισμού γιατί δεν έχει υψηλή συγγένεια με τα με γλυκολυτικά ένζυμα με αποτέλεσμα να μεταβολίζεται κυρίως στο συκώτι. Κατά τον καταβολισμό της φρουκτόζης παράγονται φωσφορική διωδροξυακετόνη (dihydroxyacetone phosphate-DHAP) και 3-φωσφορική γλυκεραλδεϋδη (glyceraldehyde-3-phosphate-GAP), οι οποίες όταν δεν υπάρχει ανάγκη για σχηματισμό ADP, δεν συμμετέχουν στον κύκλο του Krebs και καταβολίζονται σε γαλακτικό οξύ, γλυκόζη και λιπαρά οξέα τα οποία αποθηκεύονται αν δεν χρησιμοποιηθούν για τις ενεργειακές ανάγκες του οργανισμού (Tappy 2018).

### 1.5.2. Διαβήτης

Ο διαβήτης εμφανίστηκε ως ένα σημαντικό και ταχέως αυξανόμενο παγκόσμιο πρόβλημα υγείας τον εικοστό πρώτο αιώνα. Ο επιπολασμός του διαβήτη προβλέπεται από τη Διεθνή Ομοσπονδία Διαβήτη να διπλασιαστεί μέχρι το 2035. Αυτή η δραματική αύξηση του διαβήτη έχει παραλληλιστεί με την παγκόσμια αύξηση της παχυσαρκίας και έχει οδηγήσει σε περαιτέρω διερεύνηση αυτής της πιθανής διατροφικής σύνδεσης. Ένας από τους παράγοντες που έχει προταθεί ότι συνδέεται με τον διαβήτη είναι η κατανάλωση σακχάρων που περιέχουν φρουκτόζη (JM Rippe 2016).

Πολλές έρευνες έχουν δείξει ότι τα ποσοστά εμφάνισης διαβήτη τύπου 2 αυξάνονται, όσο αυξάνεται η αύξηση της κατανάλωσης σακχάρων. Ωστόσο, το βασικό ερώτημα είναι εάν τα σάκχαρα είναι η βασική αιτία εμφάνισης του ΔΤ2. Κάτι τέτοιο δεν έχει εξεταστεί σε καμία μελέτη, όπου εξετάζεται η επίδραση των σακχάρων στους παράγοντες κινδύνου εμφάνισης ΔΤ2 (JM Rippe 2016).

Πρόσφατες μελέτες δεν έδειξαν αύξηση των παραγόντων κινδύνου εμφάνισης ΔΤ2 με κατανάλωση πρόσθετων σακχάρων σε επίπεδα 8-30% της ενεργειακής αξίας, δεν παρατηρήθηκε αύξηση της γλυκόζης νηστείας, της ινσουλίνης και της αντίστασης στην ινσουλίνη σε άτομα που κατανάλωσαν ζάχαρη σε ποσοστό 18% ή 30% της ενεργειακής αξίας και δεν παρατηρήθηκε αύξηση τοπικού λίπους στους μύς ή το ήπαρ, παράγοντες που εμπλέκονται με την αυξημένη αντίσταση στην ινσουλίνη, σε άτομα που κατανάλωσαν ζάχαρη σε ποσοστό 30% της ενεργειακής αξίας (Michael Lean 2016).

Όπως στην περίπτωση της παχυσαρκίας, η αιτία εμφάνισης διαβήτη τύπου 2 είναι πολύ περίπλοκη και δεν έχει εξηγηθεί πλήρως. Ωστόσο, το πιθανότερο πρωτογενές παθολογικό αίτιο είναι η υπερβολική πρόσληψη ενέργειας που οδηγεί σε αύξηση του σωματικού λίπους και σε παχυσαρκία και η κατανάλωση ζάχαρης από μόνη της δεν αυξάνει τον κίνδυνο εμφάνισης διαβήτη (Michael Lean 2016).

### 1.5.3. Καρδιαγγειακά και μεταβολικά νοσήματα και δυσλιπιδαιμίες

Η δυσλιπιδαιμία που προκαλείται από τη ζάχαρη φαίνεται να είναι πολυπαραγοντική και οφείλεται στην αυξημένη ηπατική de novo λιπογένεση (Stanhope 2009), τον αυξημένο ρυθμό έκκρισης VLDL-τριγλυκεριδίων (Theytaz 2012) και τη μειωμένη εξω-ηπατική αποβολή τριγλυκεριδίων του αίματος (Teff 2004). Αυξημένες συγκεντρώσεις τριγλυκεριδίων στο αίμα παρατηρούνται όταν καταναλώνεται ζάχαρη σε συνδυασμό με δίαιτα υψηλής συνολικής ενεργειακής

πρόσληψης, αλλά όχι με δίαιτες συντήρησης βάρους (Chiavaroli 2015). Μερικές μελέτες, ωστόσο, αναφέρουν ότι η ισοθερμιδική αντικατάσταση του αμύλου με ζάχαρη επίσης αυξάνει τη συγκέντρωση τριγλυκεριδίων στο αίμα και την ηπατική de novo λιπογένεση (Schwarz 2015).

Επιπλέον, έχει παρατηρηθεί ότι άτομα που τρέφονται με δίαιτα υψηλή σε ενέργεια και σε φρουκτόζη αποθηκεύουν πολύ περισσότερο λίπος σε σπλαχνικές αποθήκες λίπους σε σχέση με άτομα που τρέφονται με ισοθερμιδική δίαιτα υψηλή σε γλυκόζη (Stanhope 2009). Οι μηχανισμοί με τους οποίους η φρουκτόζη μπορεί να ευνοήσει την αποθήκευση σπλαχνικού λίπους παραμένουν άγνωστοι. Ένα τέτοιο αποτέλεσμα, αν επιβεβαιωθεί από περισσότερες μελέτες, θα είναι πολύ σημαντικό, δεδομένης της υψηλής συσχέτισης μεταξύ της σπλαχνικής παχυσαρκίας και του κινδύνου εμφάνισης μεταβολικών και καρδιαγγειακών παθήσεων (Tappy 2018).

#### 1.5.4. Στοματική υγεία-Τερηδόνα

Η υγιεινή των δοντιών και κυρίως η ανάπτυξη τερηδόνας οφείλεται σε πολλούς παράγοντες όπως η μικροχλωρίδα του στόματος, η παραγωγή οξέων, οι διαφορετικές ιδιότητες διαφορετικών δοντιών, η ροή του σάλιου και το φθόριο. Ωστόσο, ο κυριότερος παράγοντας είναι κατανάλωση υδατανθράκων και κυρίως σακχάρων.

Η απομετάλλωση του σμάλτου προκαλείται από την αυξημένη οξύτητα του περιβάλλοντος του δοντιού. Αυτή η αυξημένη οξύτητα δημιουργείται από συγκεκριμένα βακτήρια (Takahashi N 2011). Η σακχαρόζη ή ο συνδυασμός των μεμονωμένων μονοσακχαριτών από τους οποίους προέρχεται προάγουν την ανάπτυξη των στρεπτόκοκκων και άλλων μικροοργανισμών που παράγουν οξέα ή/και είναι ανθεκτικοί σε όξινο περιβάλλον (Paes Leme AF 2008). Προκαλεί σημαντικές βιοχημικές και φυσιολογικές μεταβολές κατά τη διάρκεια της διαδικασίας σχηματισμού βιοφίλμ, καθοριστικού παράγοντα για την ανάπτυξη τερηδόνας. Χρησιμεύει, επίσης, ως υπόστρωμα για τη σύνθεση εξωκυτταρικών και ενδοκυτταρικών πολυσακχαριτών στην οδοντική πλάκα (Ccahuana-Vásquez RA 2007).

Μετά την πρόσληψη σακχαρόζης, γλυκόζης ή φρουκτόζης, το pH μειώνεται ταχύτατα από ουδέτερο σε τιμές ίσες με 5,0 ή μικρότερες λόγω της παραγωγής οξέων από βακτήρια όπως στρεπτόκοκκοι, λακτοβάκιλλοι και bifidobacteria και αυτό οδηγεί σε παρατεταμένη απομετάλλωση των δοντιών (Bowen WH 1966). Το χαμηλό pH οδηγεί σε μεταβολή της στοματικής μικροχλωρίδας ευνοώντας τα βακτήρια που είναι

ανθεκτικά σε όξινο περιβάλλον σε βάρος αυτών που σχετίζονται με υγιή σμάλτο, καθώς οι εξωκυτταρικοί πολυσακχαρίτες που παράγονται από αυτά οδηγούν σε αλλαγές του προστατευτικού βιοφίλμ του δοντιού (Paes Leme AF 2008). Το βιοφίλμ που σχηματίζεται παρουσία σακχαρόζης περιέχει χαμηλές συγκεντρώσεις Ca, P και F, ιόντων που παίζουν σημαντικό ρόλο στη διατήρηση του σμάλτου, ενώ παράλληλα εμφανίζει αυξημένο πορώδες επιτρέποντας τη διάχυση των σακχάρων στα βαθύτερα τμήματα του δοντιού (Zero DT 1986).

#### 1.5.5. Μικροβίωμα

Το μικροβίωμα του ανθρώπου αναφέρεται στο σύνολο των μικροοργανισμών που διαβιούν στη γαστρεντερική περιοχή και αποτελείται από μέλη βακτηρίων, ιών, αρχαίων, μυκήτων και ευκαρυωτικών μικροοργανισμών. Χαρακτηρίζεται και ως μικροχλωρίδα του εντέρου. Αποτελείται από πάνω από 1000 διαφορετικά είδη που συνεισφέρουν 3,3 εκατομμύρια μικροβιακά γονίδια στην ανθρώπινη γαστρεντερική οδό. Αυτό το περίπλοκο μικροβιακό σύστημα περιλαμβάνει βακτήρια που ζουν συμβιωτικά με τον ξενιστή τους και μερικά μικρόβια που έχουν δυνητικά παθογόνα χαρακτηριστικά. Υπάρχουν τέσσερις κυρίαρχες φυλές: *Firmicutes*, *Bacteroidetes*, *Actinobacteria* και *Proteobacteria*. Τα *Firmicutes* και τα Βακτηροειδή αντιπροσωπεύουν περισσότερα από 90% του βακτηριδιακού πληθυσμού στο έντερο ενώ τα *Actinobacteria* και *Proteobacteria* (όπου περιλαμβάνονται τα *Enterobacteriaceae*) είναι παρόντα αλλά είναι σπάνια (<1% -5%) (Brown Kirsty 2012).

Τα μικρόβια στην γαστρεντερική οδό είναι απαραίτητα για την πέψη του ξενιστή, συμπεριλαμβανομένης της διάσπασης των σύνθετων υδατανθράκων και των διαιτητικών ινών, της παραγωγής λιπαρών οξέων βραχείας αλύσου και της σύνθεσης βιταμινών. Ως αποτέλεσμα, η σύνθεση της μικροχλωρίδας έχει την ικανότητα να επηρεάζει τις μεταβολικές λειτουργίες του ξενιστή. Η μικροχλωρίδα είναι, επίσης, κρίσιμη για τον προσδιορισμό της ευαισθησίας του ξενιστή στις λοιμώξεις του γαστρεντερικού σωλήνα. Μπορεί να προστατεύσει άμεσα τον ξενιστή από τα παθογόνα βακτήρια εμποδίζοντας την προσκόλλησή τους στις αποικίες και εμποδίζοντας την ανάπτυξή τους καθώς ανταγωνίζονται για τα θρεπτικά συστατικά και διατηρούν το κατάλληλο εντερικό pH (Stecher B. 2011).

Μέχρι πρόσφατα γνωρίζαμε την επίδραση της διατροφής στην μικροχλωρίδα του εντέρου, ωστόσο υπήρχε η άποψη ότι αυτή επηρεάζεται μόνο στην μεταγενετική περίοδο και εξαρτάται από το θηλασμό ή όχι του βρέφους ενώ στη συνέχεια



παραμένει σταθερή. Πρόσφατα αποδείχθηκε ότι η διατροφή μεταβάλλει την μικροβιακή χλωρίδα του ανθρώπου με αποτέλεσμα βιολογικές μεταβολές στον ξενιστή. Για παράδειγμα η διαίτα του δυτικού κόσμου η οποία είναι υψηλή σε ζάχαρη και λίπη προκαλεί δυσβίωση η οποία επηρεάζει τόσο το μεταβολισμό όσο και την ανοσολογική ομοιότητα (Sekirov I. 2010).

Αντικατάσταση μιας διαίτας πλούσιας σε πολυσακχαρίτες φυτών και χαμηλή σε λιπαρά από μια διαίτα "δυτικού τύπου", έχει ως αποτέλεσμα υπερανάπτυξη των *Firmicutes* συμπεριλαμβανομένων των *Clostridium innocuum*, *Eubacterium dolichum*, *Catenibacterium mitsuokai* και *Enterococcus spp* και σημαντική μείωση σε αρκετά είδη *Bacteroidetes* (Turnbaugh P.J. 2009). Δίαιτα με μειωμένη περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες έχει ως αποτέλεσμα αύξηση του πληθυσμού πολλών ειδών *Bacteroidetes*, ενώ δίαιτα με ελαττωμένες θερμίδες εμποδίζει την ανάπτυξη των *Clostridium coccoides*, *Lactobacillus spp.* και *Bifidobacteria spp.*, οι οποίοι παράγουν βουτυρικό οξύ και είναι απαραίτητοι για την ομοιότητα των επιθηλιακών κυττάρων του εντέρου (Santacruz A. 2009). Δίαιτα πλούσια σε σύνθετους υδατάνθρακες έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη λιγότερων παθογόνων όπως *Mycobacterium avium* υποείδος *paratuberculosis* και *Enterobacteriaceae* σε σχέση με δίαιτες πλούσιες σε λίπος ή πρωτεΐνη (Smith E. 1997). Οι σύνθετοι υδατάνθρακες αυξάνουν επίσης τα επίπεδα των ευεργετικών *Bifidobacteria spp.* όπως *B. longum*, *B. breve* και *B. thetaiotaomicron*. Η χορτοφαγία μεταβάλλει την εντερική μικροβιακή ισορροπία στους ανθρώπους επειδή οι υψηλές ποσότητες εδώδιμων ινών έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση της παραγωγής λιπαρών οξέων μικρής αλυσίδας και κατ' επέκταση τη μείωση του pH του εντέρου. Αυτό εμποδίζει την ανάπτυξη δυνητικά παθογόνων βακτηρίων όπως το *E. Coli* και άλλα είδη των *Enterobacteriaceae* (Zimmer J. 2012).

Η δυσβίωση μπορεί επίσης να μεταβάλει τη μεταβολική δραστηριότητα άλλων μελών της μικροχλωρίδας στο έντερο. Ορισμένες δίαιτες αναστέλλουν την ανάπτυξη μικροβίων που θα μπορούσαν να έχουν επιβλαβείς επιπτώσεις στον ξενιστή τους ενώ άλλοι διαιτητικοί παράγοντες προάγουν την ανάπτυξη ωφέλιμων μικροοργανισμών. Δεν είναι γνωστό αν η δυσβίωση που προκαλείται από τη διατροφή είναι παροδική ή μακροπρόθεσμη. Ωστόσο, είναι δεδομένο ότι η μικροχλωρίδα του εντέρου μπορεί να τροποποιηθεί μέσω της διατροφής και να επικρατήσουν μικροοργανισμοί με ευεργετικές ιδιότητες που μπορούν να βοηθήσουν στην πρόληψη ασθενειών που σχετίζονται με τη δυσβίωση όπως παχυσαρκία, μεταβολικό σύνδρομο, διαβήτης, σύνδρομο ευερέθιστου εντέρου, ιδιοπαθείς

φλεγμονώδης νόσος του εντέρου (ελκώδης κολίτιδα και νόσος του Crohn) και κοιλιοκάκη (Brown Kirsty 2012).

## 2. Υλικά

### 2.1. Γλυκαντικές ενώσεις

Η προμήθεια των γλυκαντικών υλών που χρησιμοποιήθηκαν έγινε από διάφορες εταιρίες. Συγκεκριμένα, η ζάχαρη αγοράστηκε από την εταιρεία Beghin Say (Lille, France), η δεξτρόζη από την εταιρεία Tereos (Aalst, Belgium), η σορβιτόλη από την εταιρεία Tereos Syral SAS (Marcolshelm, France), η πολυδεξτρόζη από την εταιρεία Tate & Lyte (Koog, Netherlands), η ασπαρτάμη από την εταιρεία Sinosweet Co Ltd (Hangzhou, China) και το ακεσουλαμικό κάλι από την εταιρεία Celanese (Sulzbach, Germany). Τέλος, το ιμβερτοσάκχαρο παράχθηκε εργαστηριακά με όξινη υδρόλυση ζάχαρης. Πιο συγκεκριμένα, 3kg νερού θερμάνθηκαν σε ποτήρι ζέσεως και στη συνέχεια προστέθηκαν 7kg ζάχαρης, ώστε η τελική αναλογία σακχάρων στο μίγμα να είναι 70%w/v. Το μίγμα αφέθηκε σε θερμαινόμενη εστία μέχρι να παστεριωθεί (82°C). Στη συνέχεια, απομακρύνθηκε από την εστία, προστέθηκαν 34g γαλακτικού οξέος και η ανάδευση συνεχίστηκε για 10min ώστε να υδρολυθεί η σακχαρόζη και να αποφευχθεί η κρυστάλλωση. Το μίγμα αφέθηκε σε ηρεμία για 8h. Στη συνέχεια, προστέθηκαν 10g όξινου ανθρακικού νατρίου και ακολούθησε ανάδευση για 10min ώστε να διακοπεί η υδρόλυση. Το μίγμα αποθηκεύτηκε σε θερμοκρασία περιβάλλοντος (25°C) μέχρι τη χρησιμοποίησή του.

### 2.2. Πηκτωματογόνοι παράγοντες

Όλοι οι πηκτωματογόνοι παράγοντες που χρησιμοποιήθηκαν ανήκουν στις εγκεκριμένες πρώτες ύλες και αποτελούν προϊόντα εμπορικής χρήσης των οποίων η σύνθεση και η εμπορική ονομασία δεν μπορούν να αποκαλυφθούν από την προμηθεύτρια εταιρεία για λόγους ανταγωνισμού. Η πηκτίνη που χρησιμοποιήθηκε ήταν της εταιρείας Cargill (Baupre, France), η караγενάνη της εταιρείας Danisco (Copenhagen, Denmark), η ζελατίνη της εταιρείας Gelita AG (Eberbach, Germany), το άμυλο της εταιρείας Agrana (Vienna, Austria), ενώ το κόμμι γκούαρ της εταιρείας Rama Gum Industries Ltd (Gujarat, India).

### 2.3. Λοιπές ενώσεις-Διαλύτες

Η προμήθεια ιωδιούχου χλωριούχου καλίου που χρησιμοποιήθηκε για την παρασκευή διαλυμάτων διαφορετικής έντασης αλμυρής γεύσης έγινε από την τοπική αγορά των Σερρών και ήταν της εταιρείας Κάλλας (Αθήνα, Ελλάδα). Η καφεΐνη που χρησιμοποιήθηκε για την παρασκευή διαλυμάτων διαφορετικής έντασης πικρής

γεύσης ήταν υψηλής καθαρότητας και ήταν της εταιρείας Sigma-Aldrich (Darmstadt, Germany). Το κιτρικό οξύ που χρησιμοποιήθηκε για την παρασκευή διαλυμάτων διαφορετικής έντασης ξινής γεύσης αγοράστηκε από την εταιρεία SA Citrique Belge (Tienen, Belgium), το γαλακτικό οξύ που χρησιμοποιήθηκε για την παρασκευή του μπερτοσακχάρου ήταν της εταιρείας Gorbion (Gorinchem, the Netherlands), ενώ το όξινο ανθρακικό νάτριο που χρησιμοποιήθηκε για τη ρύθμιση του pH κατά την παρασκευή του μπερτοσακχάρου, αγοράστηκε από την εταιρεία Tata chemicals Europe Ltd (Cheshire, United Kingdom). Επιπρόσθετα, το άρωμα φράουλας ήταν της εταιρείας Montebianco (Saronno, Italy), ενώ το πατζαρόχρωμα της εταιρείας Diana naturals (Antrain, France). Τέλος, ο διαλύτης που χρησιμοποιήθηκε ήταν νερό οικιακής χρήσης.

#### 2.4. Όργανα-Συσκευές-Σκεύη

Αναλυτής υφής Brookfield CT3 (Brookfield Engineering Laboratories, Middleboro, USA) (Εικόνα 17) χρησιμοποιήθηκε για την ανάλυση του προφίλ υφής των διαλυμάτων/πηκτωμάτων. Η αποθήκευση και ο υπολογισμός των παραμέτρων υφής που μετρήθηκαν έγινε με τη βοήθεια του λογισμικού Brookfield TexturePro CT V1.8 (Brookfield Engineering Laboratories, Middleboro, USA). Τα προς εξέταση δείγματα τοποθετήθηκαν σε κατάλληλο δοχείο, ενώ για τη διεξαγωγή της δοκιμασίας διείδυσης χρησιμοποιήθηκε κυλινδρική κεφαλή TA3/1000 διαμέτρου 25.4mm και μήκους 35mm.



Εικόνα 17. Αριστερά: Αναλυτής υφής Brookfield CT3. Δεξιά: Ροόμετρο Brookfield Rheometer DV-III-T.

Ροόμετρο Brookfield Rheometer DV-III-T (Brookfield Engineering Laboratories, Middleboro, USA) (Εικόνα 17), χρησιμοποιήθηκε για την μέτρηση του ιξώδους. Η καταγραφή της share stress και της shear rate, καθώς και ο υπολογισμός του ιξώδους έγινε με τη βοήθεια του λογισμικού Rheocalc T 1.0.6.

Διαθλασίμετρο MA871 (Milwaukee Electronics Kft, Sgezed, Hungary) χρησιμοποιήθηκε για την μέτρηση των σακχάρων στα πηκτώματα.

Επιπροσθέτως χρησιμοποιήθηκαν ζυγοί ακριβείας με δύο δεκαδικά ψηφία KERN PCB 1000-2 (KERN&Sohn GmbH, Balingen, Germany), ζυγός υγρασίας Mettler Toledo HB43 Halogen (Greifensee, Switzerland), διαθλασίμετρο (HI 96801, HANNA Instruments, Romania), πεχάμετρο (Consurt C6010, Belgium), θερμαντική πλάκα (HUMAN Hu 263) και μηχανικός αναδευτήρας (Ergomix 600, Bosch, München, Germany). Επίσης χρησιμοποιήθηκαν διάφορα γυάλινα σκεύη όπως εσφυρισμένες ογκομετρικές φιάλες, γυάλινες κάψες, ύαλος ορολογίου κ.α. και πλαστικά σιφώνια μέτρησης μιας χρήσης.

## 2.5. Μέθοδοι

### 2.5.1. Παρασκευή πρότυπων διαλυμάτων

Για την παρασκευή πρότυπων διαλυμάτων κατάλληλη ποσότητα πρότυπων ουσιών ζυγίστηκαν και μεταφέρθηκαν σε ογκομετρικό κύλινδρο. Στη συνέχεια προστέθηκε νερό μέχρι την χαραγή και το διάλυμα ανακινήθηκε έως ότου η ουσία διαλυθεί πλήρως.

### 2.5.2. Παρασκευή πηκτωμάτων

Κατάλληλη ποσότητα νερού θερμάνθηκε σε ποτήρι ζέσεως κατάλληλης χωρητικότητας. Στη συνέχεια μεταφέρθηκαν κατάλληλη ποσότητα γλυκαντικής ουσίας ή/και πηκτωματογόνου παράγοντα κάθε φορά και ακολούθησε ανάδευση μέχρις ότου οι ουσίες διαλυθούν πλήρως. Η θέρμανση του μίγματος συνεχίστηκε μέχρι τους 82°C, θερμοκρασία κατάλληλη για να ξεδιπλωθούν οι αλυσίδες και να δημιουργηθούν οι ζώνες σύνδεσης, αλλά και να επιτευχθεί παστερίωση του μίγματος. Ακολούθησε η προσθήκη της χρωστικής και του αρώματος, όπου ήταν απαραίτητο. Στη συνέχεια το μίγμα ψύχθηκε σε θερμοκρασία περιβάλλοντος και αποθηκεύτηκε σε θερμοκρασία ψύξης. Πριν την ανάλυσή τους τα δείγματα αφέθηκαν σε θερμοκρασία δωματίου (25°C) για ορισμένο χρονικό διάστημα (16h). Η παρασκευή κάθε δείγματος πραγματοποιήθηκε εις τριπλούν.

### 2.5.3. Δημιουργία πάνελ δοκιμαστών

Στη διαδικασία επιλογής δοκιμαστών για την δημιουργία πάνελ συμμετείχαν 50 άτομα, οι οποίοι είχαν ενδιαφέρον για τη συμμετοχή σε πάνελ δοκιμαστών και δυνατότητα συμμετοχής σε οργανοληπτικές δοκιμές τις μέρες και ώρες που διεξάγονταν.

Οι υποψήφιοι δοκιμαστές (ηλικίας 23-54 ετών) συμμετείχαν σε δύο δοκιμασίες. Η πρώτη περιελάμβανε την αναγνώριση των βασικών γεύσεων, ενώ η δεύτερη ήταν δοκιμασία κατάταξης. Όλες οι δοκιμές έλαβαν μέρος σε δωμάτιο με κατάλληλες συνθήκες και απαραίτητο εξοπλισμό ανάλογα με τη δοκιμασία, σύμφωνα με το ISO 8589:2007 (ISO, General guidance for the design of test rooms 2007). Οι δοκιμασίες λάμβαναν χώρα καθημερινά 10:00-12:00. Πριν από διαδικασία επιλογής προηγήθηκε ενημέρωση των υποψήφιων δοκιμαστών η οποία περιελάμβανε ενημέρωση σχετικά με την φυσιολογία των αισθήσεων, τον τρόπο αντίληψης της κάθε γεύσης, τον σκοπό των δοκιμασιών, τις κατάλληλες συνθήκες διεξαγωγής των δοκιμασιών και του λεξιλογίου.

Για την δοκιμασία αναγνώρισης των βασικών γεύσεων χρησιμοποιήθηκαν πρότυπα διαλύματα των κύριων γεύσεων. Πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκε υδατικό διάλυμα ζάχαρης 0.58% w/v για τη γλυκιά γεύση, υδατικό διάλυμα κιτρικού οξέος 0.04% w/v για την ξινή γεύση, υδατικό διάλυμα χλωριούχου άλατος 0.06% w/v για την αλμυρή γεύση και υδατικό διάλυμα καφεΐνης 0.02% w/v για την πικρή γεύση. Σαν ουδέτερη γεύση χρησιμοποιήθηκε νερό.

Στη δεύτερη δοκιμασία χρησιμοποιήθηκαν πρότυπα διαλύματα ζάχαρης σε διαφορετικές συγκεντρώσεις και πιο συγκεκριμένα 0.58% w/v, 0.78% w/v και 0.88% w/v.

Σε κάθε δοκιμασία 50ml κάθε διαλύματος σερβιρίστηκαν σε θερμοκρασία δωματίου σε πλαστικά ποτήρια μιας χρήσης. Κάθε δείγμα είχε ένα 3ψήφιο κωδικό (Πίνακας 4) και η σειρά εμφάνισης ήταν τυχαία. Το δελτίο προκαταρκτικής οργανοληπτικής εξέτασης φαίνεται στο παράρτημα. Για τον καθαρισμό της στοματικής κοιλότητας των υποψήφιων δοκιμαστών πριν από κάθε δοκιμή δείγματος, χορηγήθηκε νερό και φρυγανιά.

**Πίνακας 4. Πρότυπα διαλύματα που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διαδικασία επιλογής δοκιμαστών για την δημιουργία πάνελ και ο 3ψήφιος κωδικός τους.**

<b>3ψήφιος Κωδικός Δείγματος</b>	<b>Δείγμα</b>
<b>554</b>	Διάλυμα Κιτρικού Οξέος (0.04% w/v)
<b>379</b>	Διάλυμα Καφεΐνης (0.02% w/v)
<b>162, 986</b>	Διάλυμα Σακχαρόζης (0.58% w/v)
<b>723</b>	Διάλυμα Σακχαρόζης (0.78% w/v)
<b>134</b>	Διάλυμα Σακχαρόζης (0.88% w/v)
<b>787</b>	Διάλυμα Χλωριούχου Νατρίου (0.06% w/v)
<b>843</b>	Νερό

Για τη δημιουργία του πάνελ ακολουθήθηκε η παρακάτω διαδικασία. Για κάθε σωστή εκτίμηση στη δοκιμασία αναγνώρισης βασικών γεύσεων, ο κάθε υποψήφιος δοκιμαστής συγκέντρωνε 5 βαθμούς με ελάχιστη συγκομιδή τους 0 και μέγιστη τους 25. Όσοι από τους υποψήφιους δοκιμαστές συγκέντρωσαν 15 ή περισσότερους βαθμούς αναγνωρίζοντας και την γλυκιά γεύση κλήθηκαν για τη δεύτερη δοκιμασία. Στη δεύτερη δοκιμασία ο κάθε υποψήφιος δοκιμαστής συγκέντρωνε επίσης 5 βαθμούς για κάθε σωστή εκτίμηση με ελάχιστη συγκομιδή τους 0 και μέγιστη τους 15. Οι υποψήφιοι δοκιμαστές που συγκέντρωσαν την υψηλότερη συνολική βαθμολογία μετά και από τις δύο δοκιμασίες επιλέχθηκαν για την δημιουργία του πάνελ.

#### 2.5.4. Δοκιμασία κατάταξης γλυκιάς γεύσης

Η δοκιμασία κατάταξης της γλυκιάς γεύσης για την επιβεβαίωση της σχετικής γλυκύτητας επιλεγμένων γλυκαντικών υλών που χρησιμοποιήθηκαν στην παρασκευή πηκτωμάτων της παρούσας μελέτης διεξήχθη σύμφωνα με την δοκιμασία κατάταξης που χρησιμοποιήθηκε για την επιλογή των δοκιμαστών για τη δημιουργία πάνελ.

Στη συγκεκριμένη δοκιμασία χρησιμοποιήθηκαν πρότυπα διαλύματα ζάχαρης, ιμβερτοζαχάρου, δεξτρόζης, σορβιτόλης και πολυδεξτρόζης 20%w/v όπως φαίνεται στον Πίνακα 5.

Πίνακας 5. Διαλύματα που δημιουργήθηκαν για την δοκιμή κατάταξης της γλυκιάς γεύσης των γλυκαντικών ουσιών που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα διατριβή.

Υψήφιος Κωδικός Δείγματος	Δείγμα
<b>516</b>	Διάλυμα Σακχαρόζης (20% w/v)
<b>310</b>	Διάλυμα Ιμβερτοσαχάρου (20% w/v)
<b>953</b>	Διάλυμα Δεξτρόζης (20% w/v)
<b>702</b>	Διάλυμα Σορβιτόλης (20% w/v)
<b>390</b>	Διάλυμα Πολυδεξτρόζης (20% w/v)

#### 2.5.5. Δοκιμασία ζεύγους-‘Α’, όχι ‘Α’

Η δοκιμασία αυτή έλαβε μέρος σύμφωνα με το ISO 8588:1987 (ISO, Sensory analysis — Methodology — "A" - "not A" test 1987). Αρχικά παρουσιάστηκε στους δοκιμαστές το δείγμα αναφοράς ‘Α’. Οι δοκιμαστές ήταν σε θέση να το δοκιμάσουν όσες φορές ήθελαν ώστε να αναγνωρίσουν και να εξοικειωθούν με τη γεύση του δείγματος. Στην συνέχεια σεβριρίστηκαν τα δείγματα ‘Α’ έως ‘Θ’, ένα κάθε φορά και σε αλφαβητική σειρά. Οι δοκιμαστές έπρεπε να επιλέξουν εάν το δείγμα ήταν ίδιο με το δείγμα αναφοράς ‘Α’ ή όχι.

Ποσότητα 50ml διαλύματος σεβριρίστηκε σε θερμοκρασία δωματίου σε πλαστικά ποτήρια μιας χρήσης. Η συγκέντρωση κάθε πρότυπης ένωσης επιλέχθηκε έτσι ώστε η σχετική γλυκύτητα του κάθε δείγματος να είναι ίδια. Στον Πίνακα 8 δίνονται τα διαλύματα, οι συγκεντρώσεις τους, καθώς και το κωδικός παρουσίασής τους. Το δελτίο οργανοληπτικής εξέτασης φαίνεται στο παράρτημα. Για τον καθαρισμό της στοματικής κοιλότητας των υποψήφιων δοκιμαστών πριν από κάθε δοκιμή δείγματος, χορηγήθηκε νερό και φρυγανιά. Όλες οι δοκιμές έλαβαν μέρος σε δωμάτιο με κατάλληλες συνθήκες. Οι δοκιμασίες λάμβαναν χώρα καθημερινά 10:00-12:00.

#### 2.5.6. Προσδιορισμός ιξώδους

Η μέτρηση του ιξώδους έγινε με τη μέθοδο Brookfield. Σύμφωνα με αυτή το ιξώδες μετριέται ως η αντίσταση στη ροή που αναπτύσσεται όταν ο ένας άξονας (spindle) περιστρέφεται μέσα στο δείγμα και καταγράφεται η ροπή στρέψης για ορισμένο χρονικό διάστημα. Αυτό επιτρέπει τον προσδιορισμό της σχέσης μεταξύ της εφαρμοζόμενης ταχύτητας διάτμησης (shear rate) και της τάσης διατμήσεως (shear stress) που παρατηρείται από το δείγμα (Jane Mertz Garcia 2005).

Τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε ειδικό δοχείο και αφήθηκαν σε ηρεμία για 2min σε θερμοκρασία δωματίου (25 °C). Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν με ταχύτητα 30-120rpm, ταχύτητες διάτμησης ίσες με 1-1000s<sup>-1</sup>, ενώ χρησιμοποιήθηκαν οι άξονες No3, No4, No4 και No6 ανάλογα με δείγμα. Η ροπή σε κάθε περίπτωση έπρεπε να κυμαίνεται από 20-90%. Το ιξώδες εκφράστηκε σε cP.

#### 2.5.7. Ανάλυση Υφής

Για την μελέτη και ανάλυση της υφής των διαλυμάτων/πηκτωμάτων αξιοποιήθηκε η δοκιμασία TPA (Texture Profile Analyses) όπως περιγράφεται από τον (M. C. Bourne 2002). Μετά την παρασκευή τους, τα διαλύματα/πηκτώματα τοποθετήθηκαν σε κατάλληλο δοχείο το οποίο τοποθετήθηκε στο κέντρο του άξονα της κεφαλής διείδυσης. Εκτελέστηκε δοκιμή διείδυσης δύο σταδίων (two cycle penetration test). Οι συνθήκες της δοκιμασίας ήταν οι εξής: Το φορτίο ενεργοποίησης (trigger load) ήταν 4.5g. Η ταχύτητα πριν την δοκιμασία ήταν 2mm/s, ενώ η ταχύτητα διείδυσης και η ταχύτητα επαναφοράς ήταν 1mm/s. Ο χρόνος αναμονής ανάμεσα στους δύο κύκλους ήταν μηδενικός, ενώ το μήκος διείδυσης ήταν 20mm. Για τη διείδυση χρησιμοποιήθηκε κεφαλή διαμέτρου 25.4mm και μήκους 35mm. Η ανάλυση έλαβε μέρος σε θερμοκρασία δωματίου (25°C).

Οι παράμετροι της υφής υπολογίστηκαν από τα δεδομένα που λήφθηκαν από την καμπύλη που προέκυψε (Εικόνα 18).

Οι παράμετροι υφής που υπολογίστηκαν είναι hardness, fracturability, adhesiveness, cohesiveness και gumminess και ορίζονται σύμφωνα με τον (M. C. Bourne 2002) ως εξής:

Hardness: η δύναμη που απαιτείται για να σπάσει το δείγμα σε πολλά κομμάτια κατά τη διάρκεια του πρώτου δαγκώματος από τους γομφίους

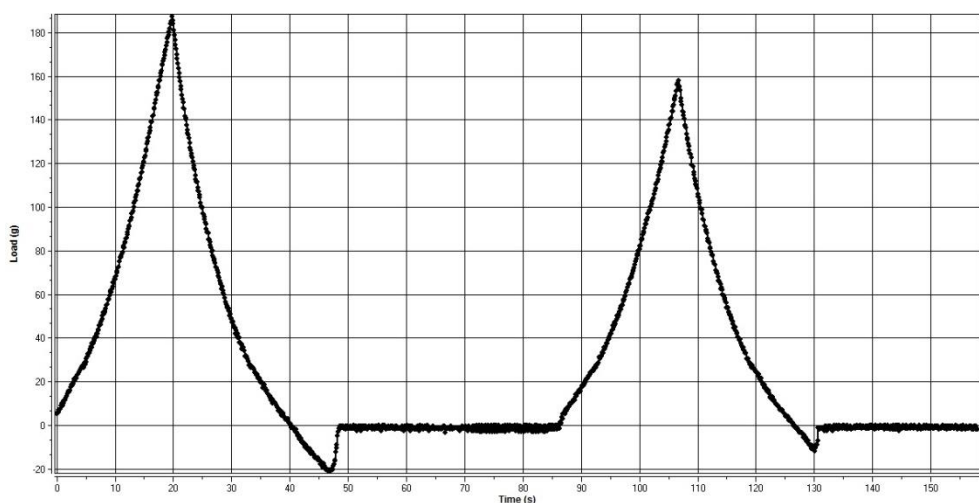
Fracturability: η δύναμη με την οποία ένα δείγμα θρυμματίζεται ή σπάει.

Adhesiveness: η δύναμη που απαιτείται για να αφαιρεθεί το υλικό που προσκολλάται στο στόμα κατά τη διάρκεια της κανονικής διαδικασίας φαγητού

Cohesiveness: ο βαθμός στον οποίο το δείγμα παραμορφώνεται πριν από τη διάτμηση

Gumminess: η ενέργεια που απαιτείται για την αποσύνθεση ενός ημιστερεού φαγητού σε κατάσταση έτοιμη για κατάποση.





Εικόνα 18. Τυπική καμπύλη μέτρησης προφύλ. υφής με χρήση οργάνου.

#### 2.5.8. Προσδιορισμός συγκέντρωσης σακχάρων (Brix).

Για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης σακχάρων, 2ml του προς εξέταση δείγματος τοποθετήθηκαν στην κατάλληλη υποδοχή. Για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης σακχάρων μετρήθηκε ο δείκτης διάθλασης. Η ανάλυση έλαβε μέρος σε θερμοκρασία δωματίου (25°C).

#### 2.5.9. Στατιστική επεξεργασία

Η στατιστική επεξεργασία των δοκιμών ζεύγους (δοκιμή 'A', όχι 'A') και κατάταξης έγινε με τη βοήθεια πινάκων για επίπεδο εμπιστοσύνης  $p \leq 0.05$  (Παράρτημα) (Roland P. Carpenter 2000). Τα αποτελέσματα των πειραματικών δοκιμών αξιολογήθηκαν στατιστικώς με διαφορετικούς τρόπους. Χρησιμοποιήθηκε one way analysis of variance, ANOVA για την εκτίμηση της επίδρασης της συγκέντρωσης των ηηκτωματογόνων παραγόντων στις ρεολογικές ιδιότητες και την υφή των ηηκτωμάτων, One sample t-test για την εκτίμηση της ικανότητας των ηηκτωματογόνων παραγόντων να σχηματίζουν ηηκτή και two way analysis of variance, ANOVA για την εκτίμηση της επίδρασης της μεταβολής της συγκέντρωσης των γλυκαντικών ουσιών, την εκτίμηση της επίδρασης της αντικατάστασης της ζάχαρης με άλλες γλυκαντικές ουσίες και την αλληλεπίδραση των δύο αυτών παραγόντων. Όλα τα δείγματα παρασκευάστηκαν και μετρήθηκαν εις τριπλούν. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται σαν μέση τιμή  $\pm$  τυπική απόκλιση. Η σύγκριση των πειραματικών μέσων τιμών έγινε με τη βοήθεια της δοκιμής Duncan's Multiple Range ( $p \leq 0.05$  επίπεδο εμπιστοσύνης). Για τη στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε το πακέτο Graphpad Prism 6.0 (Graphpad software, La Jolla, USA).

### 3. Αποτελέσματα-Συζήτηση

Όπως είδαμε και στην εισαγωγή, οι γλυκαντικές ουσίες και πιο συγκεκριμένα η ζάχαρη, καθώς και οι πηκτωματογόνοι παράγοντες παίζουν το σημαντικότερο ρόλο στις ρεολογικές ιδιότητες των σιροπιών που χρησιμοποιούνται σαν πρόσθετα στην παραγωγή παγωτών καθώς μειώνουν το σημείο πήξης και επηρεάζουν την υφή του προϊόντος. Οι γλυκαντικές ουσίες, ωστόσο, έχουν σημαντική επίδραση και στη διαθρεπτική σύσταση των σιροπιών καθώς συχνά αποτελούν το 50-65% της σύστασής τους αυξάνοντας τη θερμιδική τους αξία, όταν πρόκειται για σάκχαρα. Η αντικατάσταση των σακχάρων με λιγότερο θερμιδογόνες ή μη θερμιδογόνες γλυκαντικές ουσίες μπορεί να οδηγήσει σε παραγωγή προϊόντων με μειωμένη ή μηδενική θρεπτική αξία αλλά επηρεάζει σημαντικά τις ρεολογικές ιδιότητές του. Με βάση αυτά τα δεδομένα μελετήθηκε η επίδραση διαφορετικών πηκτωματογόνων παραγόντων και γλυκαντικών ουσιών στις ρεολογικές ιδιότητες του τελικού προϊόντος με σκοπό την ανάπτυξη ενός σιροπιού χωρίς ζάχαρη, με κατάλληλες, ωστόσο ρεολογικές ιδιότητες.

Προς αυτή την κατεύθυνση, αρχικά μελετήθηκε η δυνατότητα αντικατάστασης της ζάχαρης με άλλες γλυκαντικές ουσίες ως προς τη γεύση. Στην συνέχεια μελετήθηκε η επίδραση των πηκτωματογόνων παραγόντων και των γλυκαντικών ουσιών στις ρεολογικές ιδιότητες του τελικού προϊόντος. Τέλος, βάση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν, αναπτύχθηκε ένα σιρόπι χωρίς ζάχαρη, με κατάλληλες ρεολογικές ιδιότητες.

#### 3.1. Μελέτη της επίδρασης της αντικατάστασης της ζάχαρης με άλλες γλυκαντικές ουσίες στην γλυκύτητα

Για την μελέτη της επίδρασης της αντικατάστασης της ζάχαρης στην γλυκιά γεύση, δημιουργήθηκε ένα πάνελ δοκιμαστών. Στις δοκιμές συμμετείχαν 50 άτομα ηλικίας 23-54 ετών (Μ.Ο. 36.6 ετών) εκ των οποίων 26 άνδρες και 24 γυναίκες. Απαραίτητη προϋπόθεση για τη συμμετοχή τους ήταν το ενδιαφέρον τους για συμμετοχή σε ένα τέτοιο πάνελ και η διαθεσιμότητά τους. Από αυτούς επιλέχθηκαν 10 άτομα ηλικίας 25-48 ετών (Μ.Ο. 37 ετών) εκ των οποίων 5 άνδρες και 5 γυναίκες όπως φαίνεται και στον Πίνακα 6 μετά από μία δοκιμή αναγνώρισης των βασικών γεύσεων και μία δοκιμή κατάταξης γλυκιάς γεύσης.

**Πίνακας 6. Ηλικία και φύλλο των δοκιμαστών, βαθμολογία σε κάθε δοκιμασία, συνολική βαθμολογία και τελική επιλογή δοκιμαστών.**

Κωδικός Δοκιμαστή	Ηλικία	Φύλλο	Βαθμολογία 1 <sup>ης</sup> δοκιμασίας	Βαθμολογία 2 <sup>ης</sup> δοκιμασίας	Συνολική βαθμολογία	Επιλογή
001	29	A	5	-	5	
002	48	A	10	-	10	
003	34	A	10	-	10	
004	37	A	10	-	10	
005	31	Θ	10	-	10	
006	41	A	10	-	10	
007	33	Θ	20	5	25	
008	28	Θ	15	5	20	
009	48	A	25	15	40	Ναι
010	42	A	20	15	35	Ναι
011	31	A	10	-	10	
012	32	Θ	15	5	20	
013	47	Θ	15	5	20	
014	22	Θ	10	-	10	
015	36	A	10	-	10	
016	34	Θ	10	-	10	
017	23	Θ	15	5	20	
018	38	A	15	5	20	
019	32	Θ	15	15	30	
020	34	A	25	15	40	Ναι
021	37	Θ	15	5	20	
022	23	Θ	10	-	10	
023	35	A	15	0	15	
024	42	Θ	25	15	40	Ναι
025	54	A	15	5	20	
026	43	A	15	15	30	
027	45	A	20	15	35	Ναι
028	32	A	5	-	5	
029	36	Θ	20	5	25	
030	38	A	15	15	30	
031	34	A	25	15	40	Ναι
032	33	A	10	-	10	
033	49	Θ	5	-	5	
034	38	Θ	20	5	25	
035	46	A	15	5	20	
036	29	Θ	15	15	30	
037	44	Θ	5	-	5	
038	41	A	10	-	10	
039	27	A	10	-	10	
040	43	A	15	15	30	
041	26	Θ	20	15	35	Ναι
042	47	Θ	10	-	10	
043	38	Θ	25	15	40	Ναι
044	46	A	10	-	10	
045	36	A	15	15	30	
046	39	Θ	5	-	5	
047	33	Θ	10	-	10	
048	36	Θ	20	15	35	Ναι
049	25	Θ	25	15	40	Ναι
050	34	A	10	-	10	
Σύνολο	-	26A-24Θ	25	15	40	5A-5Θ
M.O.	36.6	-	-	-	-	-

Δεδομένου ότι οι γλυκαντικές ουσίες δίνουν διαφορετική ένταση γλυκύτητας (Douglas H. Goff 2013), αρχικά έγινε διερεύνηση της έντασης γλυκύτητας που δίνουν οι γλυκαντικές ουσίες που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα διατριβή. Αυτή η δοκιμή αποσκοπούσε στην επιβεβαίωση των βιβλιογραφικών δεδομένων, την εκπαίδευση και αξιολόγηση των εκπαιδευτών και την διερεύνηση της αντίληψης της γλυκιάς γεύσης των Ελλήνων καταναλωτών σε σχέση με τα παγκόσμια δεδομένα, καθώς είναι γνωστό ότι η αποδοχή και η αντίληψη των γεύσεων διαφέρει από χώρα σε χώρα (Drewnowski 1997).

Οι γλυκαντικές ενώσεις που ελέγχθηκαν είναι ουσίες που χρησιμοποιούνται συχνά στη βιομηχανία τροφίμων, είναι άμεσα διαθέσιμες και η ένταση γλυκύτητας δεν είναι πολλές φορές μεγαλύτερη από της ζάχαρης, ώστε η αντικατάσταση της ζάχαρης να μην έχει σαν αποτέλεσμα τεράστια μείωση των ολικών στερεών στο τελικό προϊόν, γεγονός που θα επιδρούσε αρνητικά στις ρεολογικές του ιδιότητες. Για το λόγο αυτό συμπεριλήφθηκε η πολυδεξτρόζη, η οποία δεν δίνει γλυκιά γεύση αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αντικατάσταση της ζάχαρης χωρίς να μεταβάλει σημαντικά τις ρεολογικές ιδιότητες. Στη συνέχεια η γλυκιά γεύση μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση ισχυρών γλυκαντικών όπως η ασπαρτάμη, το ακεσουλφαμικό κάλι ή/ και οι γλυκοζίτες του φυτού stevia.

Οι δοκιμαστές συμμετείχαν σε δοκιμή κατάταξης. Η δοκιμή κατάταξης αποσκοπούσε στην επιβεβαίωση της σειράς γλυκύτητας των γλυκαντικών ουσιών κι όχι στην επιβεβαίωση την έντασης της γλυκύτητας σε σχέση με τη ζάχαρη η οποία χρησιμοποιείται σαν ένωση αναφοράς. Τα αποτελέσματα της δοκιμής δίνονται στον Πίνακα 7.

Όπως φαίνεται και από τον πίνακα οι γλυκαντικές ουσίες δίνουν διαφορετική ένταση γλυκύτητας η οποία κατά αύξουσα σειρά είναι: πολυδεξτρόζη, σορβιτόλη, δεξτρόζη, ιμπερτοσάκχαρο, ζάχαρη. Τα δεδομένα αυτά συμφωνούν με τα βιβλιογραφικά δεδομένα δείχνοντας ότι αν και η αντίληψη της γλυκιάς γεύσης διαφέρει από χώρα σε χώρα, η αντίληψη της έντασης της γλυκιάς γεύσης δεν διαφέρει.

Πίνακας 7. Εκτίμηση της σειράς γλυκύτητας των γλυκαντικών υλών.

Κωδικός Δοκιμαστή	Κατάταξη ζάχαρης	Κατάταξη ιμβερτοσακχάρου	Κατάταξη δεξτρόζης	Κατάταξη σορβιτόλης	Κατάταξη πολυδεξτρόζης
009	5	4	3	2	1
010	5	4	3	2	1
020	5	4	3	2	1
024	5	4	3	2	1
027	5	4	3	2	1
031	5	4	3	2	1
041	5	4	3	2	1
043	5	4	3	2	1
048	5	4	3	2	1
049	5	4	3	2	1
Σύνολο	50 <sup>e</sup>	40 <sup>d</sup>	30 <sup>c</sup>	20 <sup>b</sup>	10 <sup>a</sup>

Διαφορετικοί πεζοί λατινικοί χαρακτήρες υποδηλώνουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μέσα σε κάθε κατηγορία για  $p < 0,05$ .

Κατά την ανάπτυξη νέων προϊόντων χωρίς ζάχαρη, σκοπός είναι η αντικατάσταση της ζάχαρης να μην γίνεται αντιληπτή και να μην επηρεάζονται τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του τελικού προϊόντος, όπως η γεύση, ώστε να είναι αποδεκτά από τον καταναλωτή. Επειδή η ένταση της γλυκύτητας είναι διαφορετική για κάθε γλυκαντική ουσία, η ζάχαρη δεν θα πρέπει να αντικαθίσταται σε συγκέντρωση ένα προς ένα ώστε να προκύπτει τελικό προϊόν ίσης γλυκύτητας, αλλά σε ποσοστό ανάλογο της σχετικής γλυκύτητας της γλυκαντικής ουσίας.

Με σκοπό τη διερεύνηση της αντίληψης της γλυκιάς γεύσης διαλυμάτων ίδιας σχετικής γλυκύτητας με βάση τα βιβλιογραφικά δεδομένα (Πίνακας 3), ετοιμάστηκαν δείγματα με διαφορετικές γλυκαντικές ουσίες σε συγκεντρώσεις τέτοιες ώστε η σχετική γλυκύτητα να είναι ίδια. Η σχετική γλυκύτητα που επιλέχθηκε ήταν χαμηλή και ίση με 20 ώστε οι συγκεντρώσεις των γλυκαντικών ουσιών να μη διαφέρουν σημαντικά (όσο υψηλότερη η γλυκύτητα, τόσο η διαφορά των συγκεντρώσεων θα ήταν πολλαπλάσια), γεγονός που θα επιδρούσε στην ρεολογική κατάσταση των διαλυμάτων και θα επηρέαζε σημαντικά τους δοκιμαστές, καθώς πιο πηκτά διαλύματα παραμένουν περισσότερο χρόνο στο στόμα δίνοντας της αίσθηση του πιο γλυκού (Drewnowski 1997).

Όπως είναι φυσικό, επειδή η σχετική γλυκύτητα της πολυδεξτρόζης είναι μηδενική, η σχετική γλυκύτητα του τελικού προϊόντος θα ήταν μηδενική ανεξάρτητα από τη συγκέντρωσή της. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, χρησιμοποιήθηκε ένα δείγμα πολυδεξτρόζης σε συγκέντρωση ίση με αυτή της ζάχαρης στο δείγμα αναφοράς και ένα δείγμα πολυδεξτρόζης, ασπαρτάμης ακεσουλφάμης σε συγκεντρώσεις κατάλληλες ώστε να διατηρηθούν οι ρεολογικές ιδιότητες και η σχετική γλυκύτητα.

Στον Πίνακα 8 δίνονται οι συγκεντρώσεις των διαλυμάτων που χρησιμοποιήθηκαν, ενώ στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των δοκιμών ζεύγους.

**Πίνακας 8. Δείγματα που χρησιμοποιήθηκαν στις δοκιμές ζεύγους.**

Κωδικός δείγματος	Γλυκαντική Ουσία	Σχετική γλυκύτητα γλυκαντικής ουσίας	Συγκέντρωση γλυκαντικής ουσίας στο διάλυμα	Σχετική γλυκύτητα διαλύματος
E, 0B4	Ζάχαρη	1	20% w/v	20
Z, 7H3	Ιμβερτοσάκχαρο	0,95	19% w/v	20
A, 6Δ2	Δεξτρόζη	0.8	25% w/v	20
Δ, 5E8	Σορβιτόλη	0.6	33% w/v	20
H, 9Γ2	Σορβιτόλη	0.6	17% w/v	10
Γ, 8Θ6	Πολυδεξτρόζη	0	20% w/v	0
Θ, 3Α0	Πολυδεξτρόζη, Ασπαρτάμη, Ακεσουλφάμη	0	20% w/v 0.05% w/v 0.05% w/v	20
B, 0Z7	-	0		0

Όπως φαίνεται από τα αποτελέσματα του Πίνακα 9, αντικατάσταση της ζάχαρης με διαφορετικές γλυκαντικές ουσίες σε διαφορετικές συγκεντρώσεις ώστε η σχετική γλυκύτητα να είναι ίδια δεν δίνει το επιθυμητό αποτέλεσμα καθώς σε κάθε περίπτωση γίνεται αντιληπτή η αντικατάσταση της ζάχαρης.

Το μειονέκτημα της δοκιμής αυτής είναι ότι οι δοκιμαστές πρέπει να επιλέξουν εάν το δείγμα αναφοράς είναι διαφορετικό από το δείγμα που τους δίνεται. Κι επειδή οι δοκιμαστές δεν είναι εκπαιδευμένοι ώστε να αντιλαμβάνονται την

ένταση της γλυκύτητας χωρίς να επηρεάζονται από άλλα χαρακτηριστικά όπως η γεύση, η επίγευση, το χρώμα και η υφή, η επιλογή τους δεν μπορεί να θεωρηθεί αντικειμενική.

**Πίνακας 9. Αποτελέσματα δοκιμής ζεύγους μεταξύ διαλυμάτων με άλλες γλυκαντικές ουσίες με ίση σχετική γλυκύτητα με τη ζάχαρη.**

Κωδικός δοκιμαστή	A	B	Γ	Δ	E	Z	H	Θ
009	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Ναι	Όχι	Όχι	Όχι
010	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Ναι	Όχι	Όχι	Όχι
020	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Ναι	Όχι	Όχι	Όχι
024	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Ναι	Ναι	Όχι	Όχι
027	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Ναι	Όχι	Όχι	Όχι
031	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Ναι	Ναι	Όχι	Όχι
041	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Ναι	Ναι	Όχι	Όχι
043	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Ναι	Όχι	Όχι	Όχι
048	Όχι	Όχι	Όχι	Ναι	Ναι	Όχι	Όχι	Όχι
049	Ναι	Όχι	Όχι	Όχι	Ναι	Όχι	Όχι	Όχι
Σύνολο ΝΑΙ	1 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	2 <sup>b</sup>	10 <sup>a</sup>	3 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>

a: υποδηλώνει ότι δεν υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ του δείγματος και του δείγματος αναφοράς A για  $p < 0,05$ . b: υποδηλώνει στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ του δείγματος και του δείγματος αναφοράς A για  $p < 0,05$ .

Για το λόγο αυτό, η δοκιμή επαναλήφθηκε με νέα δείγματα ίσης συγκέντρωσης γλυκαντικών ουσιών και προσθήκη ίσης ποσότητας αρώματος φράουλας και πατζαροχρώματος ώστε να εξαιλεφτούν τυχόν διαφοροποιήσεις που δεν σχετίζονται με την γλυκύτητα. Τα αποτελέσματα δίνονται στον Πίνακα 10.

Βάση των αποτελεσμάτων που παρουσιάζονται στον εν λόγω πίνακα διαπιστώνουμε ότι αντικατάσταση της ζάχαρης με άλλες γλυκαντικές ενώσεις, σε συγκεντρώσεις ώστε η σχετική γλυκύτητα να είναι ίδια, μπορεί να λάβει χώρα στις περιπτώσεις αντικατάστασης της ζάχαρης με ιμπερτοσάκχαρο, δεξτρόζη και σορβιτόλη, ενώ γίνεται αντιληπτή στην περίπτωση αντικατάστασης με μίγμα πολυδεξτρόζης, ασπαρτάμης, ακεσουλφαμικού καλίου. Αυτό οφείλεται στην μεταλλική επίγευση που δίνει στο μίγμα η προσθήκη των γλυκαντικών, η οποία γίνεται αντιληπτή παρά την προσθήκη αρώματος. Υπενθυμίζεται ότι το

ιμβερτοσάκχαρο προέρχεται από την υδρόλυση της ζάχαρης και αποτελείται από γλυκόζη και φρουκτόζη, δεξτρόζη καλείται αλλιώς η D-γλυκόζη, ενώ η σορβιτόλη είναι αλκοολικό παράγωγο της γλυκόζης. Τέλος, διαπιστώνουμε ότι τόσο τα δείγματα που έχουν μικρότερη σχετική γλυκύτητα, όσο και αυτά που έχουν μηδενική σχετική γλυκύτητα γίνονται αντιληπτά από τους δοκιμαστές, γεγονός που μας δείχνει ότι η προσθήκη αρώματος φράουλας και πατζαροχρώματος βοήθησε στην εξάλειψη των διαφοροποιήσεων των δειγμάτων πέραν της γλυκύτητας.

**Πίνακας 10. Αποτελέσματα δοκιμής ζεύγους μεταξύ διαλυμάτων με άλλες γλυκαντικές ουσίες με ίση σχετική γλυκύτητα με τη ζάχαρη με προσθήκη χρωστικής και αρώματος ώστε να μειωθούν οι διαφοροποιήσεις.**

Κωδικός δοκιμαστή	3A0	0B4	9Γ2	6Δ2	5E8	0Ζ7	7Η3	8Θ6
009	Ναι	Ναι	Όχι	Ναι	Ναι	Όχι	Ναι	Όχι
010	Όχι	Ναι	Όχι	Ναι	Ναι	Όχι	Ναι	Όχι
020	Ναι	Ναι	Όχι	Ναι	Ναι	Όχι	Ναι	Όχι
024	Όχι	Ναι	Όχι	Ναι	Ναι	Όχι	Ναι	Όχι
027	Ναι	Ναι	Όχι	Ναι	Ναι	Όχι	Όχι	Όχι
031	Ναι	Ναι	Όχι	Ναι	Ναι	Όχι	Ναι	Όχι
041	Ναι	Ναι	Όχι	Ναι	Ναι	Όχι	Ναι	Όχι
043	Όχι	Ναι	Όχι	Ναι	Ναι	Όχι	Ναι	Όχι
048	Ναι	Ναι	Όχι	Όχι	Ναι	Όχι	Ναι	Όχι
049	Όχι	Ναι	Όχι	Ναι	Ναι	Όχι	Ναι	Όχι
Σύνολο ΝΑΙ	6 <sup>b</sup>	10 <sup>a</sup>	0 <sup>b</sup>	9 <sup>a</sup>	10 <sup>a</sup>	0 <sup>b</sup>	9 <sup>a</sup>	0 <sup>b</sup>

a: υποδηλώνει ότι δεν υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ του δείγματος και του δείγματος αναφοράς Α για  $p < 0,05$ . b: υποδηλώνει στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ του δείγματος και του δείγματος αναφοράς Α για  $p < 0,05$ .

### 3.2. Επίδραση των πηκτωματογόνων παραγόντων στις ρεολογικές ιδιότητες και την υφή των πηκτωμάτων

Στην συνέχεια, μελετήθηκε η επίδραση των πηκτωματογόνων παραγόντων στις ρεολογικές ιδιότητες των πηκτωμάτων. Πιο αναλυτικά, μελετήθηκε εάν η αύξηση της συγκέντρωσης των πηκτωματογόνων παραγόντων επιδρά στις ρεολογικές ιδιότητες του πηκτώματος, το ποσοστό συγκέντρωσης που απαιτείται ώστε ο κάθε πηκτωματογόνος παράγοντας να σχηματίσει πηκτή και μέχρι ποιο ποσοστό μπορεί να



χρησιμοποιηθεί ώστε να προκύψει πηκτή με κατάλληλες ρεολογικές ιδιότητες. Βάση των αποτελεσμάτων, επιλέχθηκε ένας πηκτωματογόνος παράγοντας για την συνέχεια την διατριβής, ώστε να μελετηθεί η επίδραση των γλυκαντικών ουσιών στις ρεολογικές ιδιότητες των πηκτωμάτων.

Αρχικά έγινε μια ανάλυση (one way ANOVA) ώστε να μελετηθεί εάν υπάρχει επίδραση της συγκέντρωσης του πηκτωματογόνου παράγοντα στις ρεολογικές ιδιότητες των πηκτωμάτων. Όπως φαίνεται και στον Πίνακα 11, αύξηση της συγκέντρωσης του πηκτωματογόνου παράγοντα επιδρά στις ρεολογικές ιδιότητες του πηκτώματος που επιλέχθηκαν να μελετηθούν, δηλαδή viscosity, hardness, adhesiveness, fracturability, cohesiveness και gumminess για κάθε πηκτωματογόνο παράγοντα που χρησιμοποιήθηκε, με εξαίρεση την επίδραση της συγκέντρωσης του guar gum στο hardness. Αυτό σημαίνει ότι το hardness δεν επηρεάζεται από την συγκέντρωση του guar gum, υποδηλώνοντας ότι ο συγκεκριμένος πηκτωματογόνος παράγοντας δεν μπορεί να σχηματίσει πηκτές με αυξημένο hardness ανεξάρτητα από την συγκέντρωση στην οποία θα χρησιμοποιηθεί.

Όπως φαίνεται και στον πίνακα η μεταβολή της συγκέντρωσης της πηκτίνης επιδρά σημαντικά στο ιξώδες της πηκτής, ενώ έχει επίδραση αλλά μικρότερη σε hardness, adhesiveness και gumminess και ακόμη χαμηλότερη σε cohesiveness και fracturability. Γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιείται ευρέως σαν πυκνωτικό μέσο στην βιομηχανία τροφίμων (William Willats 2006).

Η μεταβολή της συγκέντρωσης της καραγενάνης επιδρά σημαντικά τόσο στο ιξώδες, περισσότερο από κάθε άλλο πηκτωματογόνο παράγοντα, και στο gumminess, όσο και στο fracturability και στο hardness. Χαμηλότερη επίδραση έχει, επίσης, σε cohesiveness και adhesiveness. Γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιείται ευρέως σαν σταθεροποιητής στην βιομηχανία τροφίμων και σε πολλές περιπτώσεις συνδυαστικά με άλλους πηκτωματογόνους παράγοντες σε χαμηλές συγκεντρώσεις (Dipjyoti Saha 2010).

Αντίθετα, η συγκέντρωση του κόμμι γκουάρ δεν επηρεάζει το hardness. Και παρόλο που έχει επίδραση σε όλες τις υπόλοιπες ιδιότητες, δεν είναι τόσο σημαντική όσο άλλων πηκτωματογόνων παραγόντων. Γι' αυτό το λόγο το κόμμι γκουαρ χρησιμοποιείται επίσης σαν σταθεροποιητής σε προϊόντα παγωτού και γρανίτες (Dipjyoti Saha 2010).

Πίνακας 11. Επίδραση της συγκέντρωσης των πηκτωματογόνων παραγόντων σε συγκεκριμένες ρεολογικές ιδιότητες της πηκτής.

		<b>Viscosity</b>	<b>Hardness</b>	<b>Adhesiveness</b>	<b>Fracturability</b>	<b>Cohesiveness</b>	<b>Gumminess</b>
<b>Πηκτίνη</b>	P <sub>value</sub>	P<0.0001	P<0.0001	P<0.0001	P=0.0118	P<0.0001	P<0.0001
	F <sub>(DFn, DFd)</sub>	F <sub>(29, 60)</sub> = 18625	F <sub>(4,10)</sub> = 710	F <sub>(4,10)</sub> = 549.9	F <sub>(4,10)</sub> = 5.7	F <sub>(4,10)</sub> = 34.33	F <sub>(4,10)</sub> = 517.3
<b>Καραγενάνη</b>	P <sub>value</sub>	P<0.0001	P<0.0001	P<0.0001	P<0.0001	P<0.0001	P<0.0001
	F <sub>(DFn, DFd)</sub>	F <sub>(6,14)</sub> = 217016	F <sub>(6,14)</sub> = 2854	F <sub>(6,14)</sub> = 922	F <sub>(6,14)</sub> = 3261	F <sub>(6,14)</sub> = 907.3	F <sub>(6,14)</sub> = 18556
<b>Κόμμι γκουάρ</b>	P <sub>value</sub>	P<0.0001	P=0.3025	P<0.0001	P=0.0009	P<0.0001	P<0.0001
	F <sub>(DFn, DFd)</sub>	F <sub>(4,10)</sub> = 871.6	F <sub>(4,10)</sub> = 1.4	F <sub>(4,10)</sub> = 595.5	F <sub>(4,10)</sub> = 11.5	F <sub>(4,10)</sub> = 303.4	F <sub>(4,10)</sub> = 276
<b>Ζελατίνη</b>	P <sub>value</sub>	P<0.0001	P<0.0001	P<0.0001	P<0.0001	P<0.0001	P<0.0001
	F <sub>(DFn, DFd)</sub>	F <sub>(6,14)</sub> = 4637	F <sub>(6,14)</sub> = 16082	F <sub>(6,14)</sub> = 52.48	F <sub>(6,14)</sub> = 17756	F <sub>(6,14)</sub> = 133	F <sub>(6,14)</sub> = 20947
<b>Άμυλο</b>	P <sub>value</sub>	P<0.0001	P=0.0074	P<0.0001	P=0.0027	P=0.0003	P<0.0001
	F <sub>(DFn, DFd)</sub>	F <sub>(4,10)</sub> = 526.4	F <sub>(4,10)</sub> = 6.563	F <sub>(4,10)</sub> = 82.06	F <sub>(4,10)</sub> = 8.7	F <sub>(4,10)</sub> = 14.94	F <sub>(4,10)</sub> = 64.47

Για να έχει επίδραση η συγκέντρωση του πηκτωματογόνου παράγοντα σε κάθε μία ιδιότητα θα πρέπει το P<sub>value</sub> < 0.05. Ο παράγοντας F<sub>(DFn, DFd)</sub> δείχνει πόσο μεγάλη επίδραση έχει η συγκέντρωση του πηκτωματογόνου παράγοντα στην κάθε ιδιότητα.

Η μεταβολή της συγκέντρωσης της ζελατίνης έχει σημαντική επίδραση στο hardness, το fracturability και το gumminess, επηρεάζοντας τις ιδιότητες αυτές περισσότερο από κάθε άλλο πηκτωματογόνο παράγοντα. Επιπρόσθετα, επιδρά, όχι σε τόσο μεγάλο βαθμό, στο ιξώδες, ενώ με ακόμη μικρότερο βαθμό στο cohesiveness και στο adhesiveness. Χάρη σε αυτή της τη δράση η ζελατίνη χρησιμοποιείται στην βιομηχανία τροφίμων κυρίως για την παραγωγή ζελέ και διαφόρων επιδορπίων (A.A.Karim 2008).

Τέλος, η συγκέντρωση του αμύλου επιδρά σε κάθε μία από τις ιδιότητες που μελετήθηκαν επιδρώντας, ωστόσο, λιγότερο σε σύγκριση με όλους τους πηκτωματογόνους παράγοντες που μελετήθηκαν. Αυτό οφείλεται, όπως θα φανεί παρακάτω, στο γεγονός ότι το συγκεκριμένο άμυλο που χρησιμοποιήθηκε και στις συγκεκριμένες συγκεντρώσεις που χρησιμοποιήθηκε, δεν σχηματίζει πηκτή, αλλά ίζημα.

Την μελέτη της πιθανότητας επίδρασης της συγκέντρωσης των πηκτωματογόνων παραγόντων στις ρεολογικές ιδιότητες των πηκτωμάτων ακολούθησε η μελέτη της επίδρασης διαφορετικών συγκεντρώσεων στις ρεολογικές ιδιότητες και την υφή των πηκτωμάτων και της ικανότητας σχηματισμού πηκτής με επιθυμητές ρεολογικές ιδιότητες και υφή.

Για την μελέτη των παραπάνω ακολούθησε νέα ανάλυση (one sample t-test). Οι συγκεντρώσεις που χρησιμοποιήθηκαν μεταβάλλονται για κάθε πηκτωματογόνο παράγοντα σύμφωνα με τα βιβλιογραφικά και τα πειραματικά δεδομένα, ώστε να είναι δυνατή η μελέτη της επίδρασης της συγκέντρωσης στις ρεολογικές ιδιότητες μέσα σε καθορισμένα όρια τα οποία επιλέχθηκαν με βάση τα πειραματικά δεδομένα για τα υφιστάμενα πηκτώματα τα οποία χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία τροφίμων. Στον Πίνακα 12 αναφέρονται τα ανώτατα ή κατώτατα όρια για κάθε μία από τις ιδιότητες που μελετήθηκαν.

Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται είναι κανονικοποιημένα ως προς το νερό το οποίο αποτελεί τον διαλύτη των διαλυμάτων. Με αυτό τον τρόπο είναι δυνατή η σύγκριση τόσο οποιαδήποτε ιδιότητας μεταξύ των διαφορετικών πηκτωματογόνων παραγόντων, όσο και μεταξύ των διαφορετικών ρεολογικών ιδιοτήτων ενός πηκτικού μέσου. Δηλαδή, γίνεται πιο εύκολα αντιληπτό, ποια/ες ιδιότητες επηρεάζονται περισσότερο από τη μεταβολή της συγκέντρωσης ενός παράγοντα.

**Πίνακας 12. Κανονικοποιημένα ανώτατα/ κατώτατα όρια των ρεολογικών ιδιοτήτων που μελετήθηκαν των πηκτωμάτων που χρησιμοποιούνται στην βιομηχανία τροφίμων.**

<b>Ιδιότητες</b>	<b>Ανώτατα ή Κατώτατο Όριο</b>
Viscosity	100
Hardness	3.5
Adhesiveness	12
Fracturability	2.5
Cohesiveness*	0.7
Gumminess	2

\* Αποτελεί τη μοναδική ρεολογική ιδιότητα που μειώνεται με αύξηση της συγκέντρωσης ενός πηκτωματογόνου παράγοντα, επομένως έχει κατώτατο όριο.

Για την παραδοχή ότι ένας πηκτωματογόνος παράγοντας έχει σχηματίσει πηκτή ή όχι χρησιμοποιήθηκε σαν δεδομένο μόνο το ιξώδες, καθώς στην συγκεκριμένη μελέτη κανένας άλλος παράγοντας (π.χ. συγκέντρωση σακχάρων) δεν μπορεί να επηρεάσει το ιξώδες των τελικών διαλυμάτων.

Τέλος, για την επιλογή του κατάλληλου πηκτωματογόνου παράγοντα για την συνέχεια της διατριβής, χρησιμοποιήθηκε τόσο το ιξώδες, όσο και το hardness και το gumminess, τα οποία αποτελούν σημαντικούς παράγοντες υφής και ροής.

Πίνακας 13. Επίδραση διαφορετικών συγκεντρώσεων πηκτίνης στις ρεολογικές ιδιότητες των πηκτωμάτων.

**ΠΗΚΤΙΝΗ**

Συγκέντρωση (%w/v)	Viscosity	Hardness	Adhesiveness	Fracturability	Cohesiveness	Gumminess
0.5	1.98±0.08 P <sub>value</sub> =0.002 t=22.30	1.01±0.02* P <sub>value</sub> =0.422 t=1.00	1.06±0.10* P <sub>value</sub> =0.4227 t=1.00	1.07±0.06* P <sub>value</sub> =0.1835 t=2.00	0.91±0.01 P <sub>value</sub> =0.001 t=32.00	1.03±0.01 P <sub>value</sub> =0.0377 t=5.00
1	2.17±0.03 P <sub>value</sub> =0.0002 t=70.00	1.04±0.02* P <sub>value</sub> =0.057 t=4.00	1.44±0.10 P <sub>value</sub> =0.0159 t=7.82	1.17±0.06 P <sub>value</sub> =0.0377 t=5.00	0.97±0.02 P <sub>value</sub> =0.0011 t=30.24	1.06±0.01 P <sub>value</sub> =0.0091 t=10.39
2	3.78±0.11 P <sub>value</sub> =0.0005 t=46.32	1.15±0.02 P <sub>value</sub> =0.0044 t=15.00	2.56±0.19 P <sub>value</sub> =0.0053 t=13.74	1.23±0.06 P <sub>value</sub> =0.0198 t=7.00	0.95±0.01 P <sub>value</sub> =0.0010 t=31.38	1.13±0.02 P <sub>value</sub> =0.008 t=11.09
3	4.32±0.08 P <sub>value</sub> =0.0002 t=75.21	1.23±0.02 P <sub>value</sub> =0.0019 t=23.00	4.95±0.26 P <sub>value</sub> =0.0014 t=26.89	1.23±0.06 P <sub>value</sub> =0.0198 t=7.00	0.90±0.01 P <sub>value</sub> =0.0008 t=34.64	1.16±0.01 P <sub>value</sub> =0.0013 t=27.71
5	292.5±3.64 P <sub>value</sub> <0.0001 t=138.7	1.67±0.02 P <sub>value</sub> =0.0002 t=67.00	9.33±0.44 P <sub>value</sub> =0.0009 t=32.50	1.27±0.06 P <sub>value</sub> =0.0153 t=8.00	0.89±0.01 P <sub>value</sub> =0.0003 t=56.00	1.53±0.02 P <sub>value</sub> =0.0005 t=45.90

Οι τιμές είναι κανονικοποιημένες σε συνάρτηση με το νερό, που αποτελεί τον διαλύτη των διαλυμάτων, ώστε να προκύψουν όσο το δυνατόν πιο συγκρίσιμες τιμές, τόσο μεταξύ των πηκτωματογόνων όσο και μεταξύ των διαφορετικών ιδιοτήτων. Το κόκκινο φόντο υποδηλώνει ότι η τιμή ξεπερνά το ανώτατο όριο που έχει ορισθεί με βάση τις ιδιότητες των υφιστάμενων σιροπιών. \* Υποδηλώνει στατιστικώς μη σημαντική διαφορά μεταξύ του διαλύματος και του διαλύτη για  $p < 0.05$ .

Πίνακας 14. Επίδραση διαφορετικών συγκεντρώσεων καραγενάνης στις ρεολογικές ιδιότητες των πηκτομάτων.

**ΚΑΡΑΓΕΝΑΝΗ**

Συγκέντρωση (%w/v)	Viscosity	Hardness	Adhesiveness	Fracturability	Cohesiveness	Gumminess
0.1	2.33±0.08 P <sub>value</sub> =0.0011 t=30.24	1.07±0.02 P <sub>value</sub> =0.0198 t=7.00	1.06±0.10* P <sub>value</sub> =0.4226 t=1.00	0.97±0.06* P <sub>value</sub> =0.4226 t=1.00	0.99±0.02 P <sub>value</sub> =0.0014 t=27.15	0.97±0.01 P <sub>value</sub> =0.0263 t=6.05
0.3	49.77±0.35 P <sub>value</sub> <0.0001 t=240.5	1.10±0.04 P <sub>value</sub> =0.0377 t=5.00	1.94±0.19 P <sub>value</sub> =0.0136 t=8.50	1.07±0.06* P <sub>value</sub> =0.1835 t=2.00	0.87±0.01 P <sub>value</sub> =0.0003 t=56.90	1.15±0.01 P <sub>value</sub> =0.0013 t=27.97
0.5	91.05±1.73 P <sub>value</sub> <0.0001 t=90.16	1.42±0.02 P <sub>value</sub> =0.0006 t=40.00	3.00±0.17 P <sub>value</sub> =0.0023 t=20.78	1.13±0.06* P <sub>value</sub> =0.0572 t=4.00	0.78±0.01 P <sub>value</sub> =0.0095 t=10.17	1.21±0.01 P <sub>value</sub> =0.0017 t=24.32
0.7	206±4.31 P <sub>value</sub> <0.0001 t=82.42	2.42±0.02 P <sub>value</sub> <0.0001 t=136.0	5.28±0.35 P <sub>value</sub> =0.0022 t=21.36	1.27±0.06 P <sub>value</sub> =0.0153 t=8.00	0.68±0.01 P <sub>value</sub> =0.0710 t=3.55	1.72±0.02 P <sub>value</sub> =0.0002 t=79.87
1	266.1±2.81 P <sub>value</sub> <0.0001 t=163.3	4.19±0.03 P <sub>value</sub> <0.0001 t=176.7	7.72±0.35 P <sub>value</sub> =0.0009 t=33.56	1.93±0.06 P <sub>value</sub> =0.0013 t=28.00	0.40±0.02 P <sub>value</sub> =0.0013 t=27.49	1.85±0.02 P <sub>value</sub> =0.0002 t=70.69

Οι τιμές είναι κανονικοποιημένες σε συνάρτηση με το νερό, που αποτελεί τον διαλύτη των διαλυμάτων, ώστε να προκύψουν όσο το δυνατόν πιο συγκρίσιμες τιμές, τόσο μεταξύ των πηκτωματογόνων όσο και μεταξύ των διαφορετικών ιδιοτήτων. Το κόκκινο φόντο υποδηλώνει ότι η τιμή ξεπερνά το ανώτατο όριο που έχει ορισθεί με βάση τις ιδιότητες των υφιστάμενων σιροπιών. \* Υποδηλώνει στατιστικώς μη σημαντική διαφορά μεταξύ του διαλύματος και του διαλύτη για  $p < 0.05$ .

Πίνακας 15. Επίδραση διαφορετικών συγκεντρώσεων κόμμι γκούαρ στις ρεολογικές ιδιότητες των πηκτωμάτων.

**KOMMI ΓΚΟΥΑΡ**

<b>Συγκέντρωση (%w/v)</b>	<b>Viscosity</b>	<b>Hardness</b>	<b>Adhesiveness</b>	<b>Fracturability</b>	<b>Cohesiveness</b>	<b>Gumminess</b>
0.1	1.12±0.06* P <sub>value</sub> =0.0728 t=3.50	1.04±0.02* P <sub>value</sub> =0.0572 t=4.00	1.06±0.19* P <sub>value</sub> =0.0667 t=0.50	1.01±0.04* P <sub>value</sub> =0.4245 t=1.00	1.04±0.01 P <sub>value</sub> =0.0003 t=56.95	0.98±0.01* P <sub>value</sub> =0.3456 t=1.00
0.3	1.18±0.03 P <sub>value</sub> =0.0082 t=11.00	1.06±0.03* P <sub>value</sub> =0.0742 t=3.46	1.11±0.19* P <sub>value</sub> =0.4226 t=1.00	1.07±0.06* P <sub>value</sub> =0.1835 t=2.00	1.03±0.01 P <sub>value</sub> <0.0001 t=109.9	1.02±0.02* P <sub>value</sub> =0.1994 t=1.89
0.5	2.52±0.08 P <sub>value</sub> =0.0008 t=34.39	1.07±0.04* P <sub>value</sub> =0.0728 t=3.50	1.28±0.10 P <sub>value</sub> =0.0377 t=5.00	1.07±0.06* P <sub>value</sub> =0.1835 t=2.00	1.00±0.01 P <sub>value</sub> <0.0001 t=100.9	1.11±0.01 P <sub>value</sub> =0.0038 t=16.09
0.7	2.75±0.09 P <sub>value</sub> =0.0008 t=35.00	1.08±0.02 P <sub>value</sub> =0.0153 t=8.00	3.44±0.35 P <sub>value</sub> =0.0066 t=12.20	1.13±0.06* P <sub>value</sub> =0.0572 t=4.00	0.94±0.01 P <sub>value</sub> =0.0011 t=30.58	1.13±0.01 P <sub>value</sub> =0.0009 t=32.50
1	8.07±0.35 P <sub>value</sub> =0.0008 t=34.85	1.08±0.04 P <sub>value</sub> =0.0153 t=8.00	10.11±0.42 P <sub>value</sub> =0.0007 t=37.62	1.27±0.06 P <sub>value</sub> =0.0153 t=8.00	0.79±0.01 P <sub>value</sub> =0.0083 t=10.92	1.16±0.02 P <sub>value</sub> =0.0010 t=30.99

Οι τιμές είναι κανονικοποιημένες σε συνάρτηση με το νερό, που αποτελεί τον διαλύτη των διαλυμάτων, ώστε να προκύψουν όσο το δυνατόν πιο συγκρίσιμες τιμές, τόσο μεταξύ των πηκτωματογόνων όσο και μεταξύ των διαφορετικών ιδιοτήτων. Το κόκκινο φόντο υποδηλώνει ότι η τιμή ξεπερνά το ανώτατο όριο που έχει ορισθεί με βάση τις ιδιότητες των υφιστάμενων σιροπιών. \* Υποδηλώνει στατιστικώς μη σημαντική διαφορά μεταξύ του διαλύματος και του διαλύτη για  $p < 0.05$ .

Πίνακας 16. Επίδραση διαφορετικών συγκεντρώσεων ζελατίνης στις ρεολογικές ιδιότητες των πηκτωμάτων.

**ΖΕΛΑΤΙΝΗ**

Συγκέντρωση (%w/v)	Viscosity	Hardness	Adhesiveness	Fracturability	Cohesiveness	Gumminess
0.1	1.03±0.03* P <sub>value</sub> =0.1835 t=2.00	1.05±0.02 P <sub>value</sub> =0.0377 t=5.00	1.00±0.01* P <sub>value</sub> =0.4548 t=1.00	0.97±0.06* P <sub>value</sub> =0.4226 t=1.00	0.95±0.01 P <sub>value</sub> =0.001 t=31.33	0.97±0.01* P <sub>value</sub> =0.4226 t=1.00
0.3	3.87±0.08 P <sub>value</sub> =0.0002 t=65.01	1.05±0.02 P <sub>value</sub> =0.0377 t=5.00	1.11±0.10* P <sub>value</sub> =0.1835 t=2.00	1.07±0.06* P <sub>value</sub> =0.1835 t=2.00	0.91±0.02 P <sub>value</sub> =0.0015 t=26.04	0.98±0.02* P <sub>value</sub> =0.0820 t=3.27
0.5	4.68±0.24 P <sub>value</sub> =0.0014 t=27.00	1.05±0.02 P <sub>value</sub> =0.0377 t=5.00	1.56±0.25* P <sub>value</sub> =0.0634 t=3.78	1.23±0.06 P <sub>value</sub> =0.0198 t=7.00	0.88±0.01 P <sub>value</sub> =0.0019 t=22.64	1.00±0.01* P <sub>value</sub> =0.7418 t=0.38
0.7	8.05±0.66 P <sub>value</sub> =0.0029 t=18.46	1.64±0.02 P <sub>value</sub> =0.0003 t=61.00	1.78±0.10 P <sub>value</sub> =0.0051 t=14.00	1.27±0.06 P <sub>value</sub> =0.0153 t=8.00	0.83±0.01 P <sub>value</sub> =0.0077 t=11.34	1.06±0.01 P <sub>value</sub> =0.0082 t=10.96
1	59.92±9.69 P <sub>value</sub> =0.0089 t=10.54	5.64±0.13 P <sub>value</sub> =0.0003 t=61.85	2.00±0.17 P <sub>value</sub> =0.0091 t=10.39	1.27±0.06 P <sub>value</sub> =0.0153 t=8.00	0.79±0.01 P <sub>value</sub> =0.0064 t=12.44	4.89±0.09 P <sub>value</sub> =0.0002 t=78.46

Οι τιμές είναι κανονικοποιημένες σε συνάρτηση με το νερό, που αποτελεί τον διαλύτη των διαλυμάτων, ώστε να προκύψουν όσο το δυνατόν πιο συγκρίσιμες τιμές, τόσο μεταξύ των πηκτωματογόνων όσο και μεταξύ των διαφορετικών ιδιοτήτων. Το κόκκινο φόντο υποδηλώνει ότι η τιμή ξεπερνά το ανώτατο όριο που έχει ορισθεί με βάση τις ιδιότητες των υφιστάμενων σιροπιών. \* Υποδηλώνει στατιστικώς μη σημαντική διαφορά μεταξύ του διαλύματος και του διαλύτη για  $p < 0.05$ .



Πίνακας 17. Επίδραση διαφορετικών συγκεντρώσεων αμύλου στις ρεολογικές ιδιότητες των πηκτομάτων.

ΑΜΥΛΟ

Συγκέντρωση (%w/v)	Viscosity	Hardness	Adhesiveness	Fracturability	Cohesiveness	Gumminess
0.5	1.13±0.03*	1.01±0.02*	0.88±0.10*	1.03±0.06*	1.03±0.01	1.02±0.01*
	P <sub>value</sub> =0.1174	P <sub>value</sub> =0.4227	P <sub>value</sub> =0.1835	P <sub>value</sub> =0.4227	P <sub>value</sub> =0.0006	P <sub>value</sub> =0.0533
	t=1.25	t=1.00	t=2.00	t=1.00	t=41.92	t=4.16
1	1.25±0.13*	1.04±0.04*	0.94±0.10*	1.03±0.06*	1.03±0.01	1.04±0.01
	P <sub>value</sub> =0.082	P <sub>value</sub> =0.1835	P <sub>value</sub> =0.3278	P <sub>value</sub> =0.4227	P <sub>value</sub> =0.0003	P <sub>value</sub> =0.0142
	t=3.27	t=2.00	t=2.50	t=1.00	t=55.45	t=8.32
2	1.30±0.10*	1.05±0.02	1.22±0.10*	1.13±0.06*	1.01±0.01	1.09±0.02
	P <sub>value</sub> =0.0614	P <sub>value</sub> =0.0377	P <sub>value</sub> =0.0572	P <sub>value</sub> =0.0572	P <sub>value</sub> <0.0001	P <sub>value</sub> =0.0089
	t=3.58	t=5.00	t=4.00	t=4.00	t=103.9	t=10.55
3	1.30±0.13*	1.05±0.02	1.72±0.10	1.17±0.06	1.00±0.02	1.11±0.01
	P <sub>value</sub> =0.0591	P <sub>value</sub> =0.0377	P <sub>value</sub> =0.0059	P <sub>value</sub> =0.0377	P <sub>value</sub> =0.0007	P <sub>value</sub> =0.0014
	t=3.93	t=5.00	t=13.00	t=5.00	t=38.51	t=26.50
5	6.97±0.37	1.10±0.02	2.28±0.19	1.27±0.06	0.94±0.03	1.14±0.02
	P <sub>value</sub> =0.0013	P <sub>value</sub> =0.0099	P <sub>value</sub> =0.0075	P <sub>value</sub> =0.0153	P <sub>value</sub> =0.0062	P <sub>value</sub> =0.0014
	t=27.54	t=10.00	t=11.50	t=8.00	t=12.63	t=26.46

Οι τιμές είναι κανονικοποιημένες σε συνάρτηση με το νερό, που αποτελεί τον διαλύτη των διαλυμάτων, ώστε να προκύψουν όσο το δυνατόν πιο συγκρίσιμες τιμές, τόσο μεταξύ των πηκτωματογόνων όσο και μεταξύ των διαφορετικών ιδιοτήτων. Το κόκκινο φόντο υποδηλώνει ότι η τιμή ξεπερνά το ανώτατο όριο που έχει ορισθεί με βάση τις ιδιότητες των υφιστάμενων σιροπιών. \* Υποδηλώνει στατιστικώς μη σημαντική διαφορά μεταξύ του διαλύματος και του διαλύτη για  $p < 0.05$ .

Σύμφωνα με τα βιβλιογραφικά δεδομένα [ (Sang-Ho Yoo 2006), (Awang Bono 2014), (Deepak Mudgil 2011), (George Ninan 2012)] η καραγενάνη, το κόμμι γκουάρ και η ζελατίνη σχηματίζουν πηκτή σε χαμηλότερες συγκεντρώσεις σε σχέση με την πηκτίνη και το άμυλο. Για το λόγο αυτό στην περίπτωση της πηκτίνης και του αμύλου μελετήθηκαν συγκεντρώσεις μεταξύ 0.5-5% w/v, ενώ της καραγενάνης, του κόμμι γκουάρ και της ζελατίνης μεταξύ 0.1-1% w/v.

Όπως φαίνεται στα δεδομένα του Πίνακα 13, η πηκτίνη που χρησιμοποιήθηκε σχηματίζει πηκτή σε συγκέντρωση 0.5%w/v ενώ σε πολύ μεγάλες συγκεντρώσεις ( $\leq 5\%$ w/v) σχηματίζει πηκτές με πολύ μεγάλο ιξώδες, οι οποίες δεν βρίσκουν εφαρμογή στην παραγωγή σιροπιών που χρησιμοποιούνται σαν πρόσθετα παγωτού. Επίσης, καθώς αυξάνεται η συγκέντρωση της πηκτίνης αυξάνεται εκτός από το ιξώδες, το hardness, το adhesiveness, το fracturability και το gumminess, ενώ μειώνεται το cohesiveness.

Σημαντικό είναι το γεγονός ότι αν και η πηκτίνη σχηματίζει πήκτωμα σε συγκέντρωση 0.5%w/v, απαιτείται πολύ μεγαλύτερη συγκέντρωση ( $\leq 2\%$ w/v) ώστε να επηρεαστεί το hardness. Αυτό είναι πολύ σημαντικό γιατί μπορούμε να μεταβάλλουμε το ιξώδες ανάλογα με τις ανάγκες του εκάστοτε προϊόντος χωρίς να μεταβάλλεται το hardness, το οποίο σε τέτοιου είδους προϊόντα δεν πρέπει να είναι αυξημένο, καθώς ο καταναλωτής θέλει το σιρόπι να έχει συγκεκριμένη λεπτόρρευση υφή και να λιώνει γρήγορα στο στόμα.

Σε αντίθεση με την πηκτίνη, η καραγενάνη σχηματίζει πήκτωμα σε πολύ χαμηλή συγκέντρωση, της τάξης του 0.1%w/v, ενώ και σε χαμηλές συγκεντρώσεις ( $\leq 0.7\%$ w/v) σχηματίζει πηκτές μεγάλου ιξώδους, οι οποίες δεν βρίσκουν εφαρμογή στην παραγωγή τέτοιων προϊόντων. Ωστόσο, βλέπουμε ότι και στην περίπτωση της καραγενάνης με αύξηση της συγκέντρωσης επιτυγχάνεται αύξηση του ιξώδους, του hardness, του adhesiveness, του fracturability και του gumminess, ενώ μειώνεται το cohesiveness.

Αξίζει να σημειωθεί ότι σε σχετικά χαμηλές συγκεντρώσεις καραγενάνης ( $\leq 0.7\%$ w/v) εκτός από το αυξημένο ιξώδες, εμφανίζεται αυξημένο hardness, μια ιδιότητα που όπως προαναφέρθηκε δεν είναι πολύ επιθυμητή στην παραγωγή τέτοιου είδους προϊόντων, καθώς και μειωμένο cohesiveness (Πίνακας 14). Μία ακόμα σημαντική παρατήρηση είναι ότι σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις εμφανίζει μεγαλύτερες τιμές fracturability και ελαφρώς αυξημένες τιμές gumminess σε σχέση με τους άλλους πηκτωματογόνους παράγοντες.

Το κόμμα γκουάρ, όπως φαίνεται από τον Πίνακα 15, σχηματίζει πήκτωμα σε συγκέντρωση  $\leq 0.3\%w/v$  παρουσιάζοντας παρόμοιες ιδιότητες με την πηκτίνη, για χαμηλότερες όμως συγκεντρώσεις. Όπως και όλοι οι πηκτωματογόνοι παράγοντες εμφανίζει αύξηση του  $\zeta$ -ώδους, του hardness, του adhesiveness, του fracturability και του gumminess και μείωση του cohesiveness με αύξηση της συγκέντρωσης.

Μεγάλο ενδιαφέρον εμφανίζει το γεγονός ότι το hardness δεν αυξάνεται σημαντικά ακόμα και σε συγκέντρωση  $0.5\%w/v$ , ενώ και σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις η αύξηση του hardness δεν είναι μεγάλη σε σχέση με τους άλλους πηκτωματογόνους παράγοντες.

Χαρακτηριστική, επίσης, ιδιότητα του πηκτώματος που σχηματίζεται από το κόμμα γκουάρ, το οποίο δεν αποτυπώνεται στις ιδιότητες που μελετήθηκαν, αλλά μόνο με γυμνό μάτι, είναι ότι εκτεταμένη δομή, δηλαδή όταν στάξει δημιουργεί ένα νήμα, όπως το μέλι, μια ιδιότητα που δεν είναι καθόλου επιθυμητή στην παραγωγή τέτοιου είδους προϊόντων.

Από την άλλη μεριά, η ζελατίνη όπως φαίνεται και στον Πίνακα 16, δημιουργεί πηκτές με διαφορετικές ιδιότητες σε σχέση με τους τρεις υδατάνθρακες που προαναφέρθηκαν. Η ζελατίνη σχηματίζει πήκτωμα σε συγκεντρώσεις  $\leq 0.3\%w/v$ , όπως και το κόμμα γκουάρ, αλλά το  $\zeta$ -ώδες του πηκτώματος μεταβάλλεται σημαντικά με την αύξηση της συγκέντρωσης της, όπως της καραγενάνης. Γενικά, με αύξηση της συγκέντρωσης της ζελατίνης παρατηρείται αύξηση και του hardness, του adhesiveness, του fracturability και του gumminess και μείωση του cohesiveness, όπως σε όλες τις περιπτώσεις.

Η ζελατίνη, όπως και η καραγενάνη εμφανίζει υψηλές τιμές hardness σε συγκεντρώσεις  $\geq 1\%w/v$ , γεγονός που όπως έχει ήδη αναφερθεί δεν είναι επιθυμητό. Επιπρόσθετα, η ζελατίνη εμφανίζει υψηλές τιμές gumminess σε συγκεντρώσεις  $\geq 1\%w/v$ , σε αντίθεση με τους άλλους πηκτωματογόνους παράγοντες, ιδιότητα η οποία επίσης δεν είναι επιθυμητή. Άλλη μια διαφορά που εμφανίζει η ζελατίνη σε σύγκριση με τους τρεις υδατάνθρακες είναι ότι εμφανίζει χαμηλές τιμές adhesiveness, ακόμα και σε υψηλότερες συγκεντρώσεις.

Τέλος, το άμυλο που χρησιμοποιήθηκε, εμφανίζει αύξηση όλων των ιδιοτήτων με αύξηση της συγκέντρωσης εκτός από το cohesiveness που εμφανίζει μείωση, ομοίως με όλους τους πηκτωματογόνους παράγοντες που μελετήθηκαν, όπως φαίνεται στον Πίνακα 17. Ωστόσο, όπως διαπιστώνουμε από τα αποτελέσματα, το άμυλο αυτό, δεν σχηματίζει πηκτή σε συγκεντρώσεις  $< 5\%w/v$  με αποτέλεσμα να μην

είναι ενδεικτική η μελέτη των ιδιοτήτων του. Το άμυλο, απορρίφθηκε από την συνέχεια της μελέτης.

Όπως συμπεραίνουμε από τα αποτελέσματα που προέκυψαν, καταλληλότερος πηκτωματογόνος παράγοντας για την συνέχεια της μελέτης μας αποδείχθηκε η πηκτίνη η οποία εμφανίζει επιθυμητές ιδιότητες σε ένα μεγάλο εύρος συγκεντρώσεων (0.5%-3%w/v), σε αντίθεση με την καραγενάνη, που εμφανίζει υψηλό ιξώδες και hardness σε χαμηλές σχετικά συγκεντρώσεις, την ζελατίνη, που εμφανίζει υψηλό hardness και gumminess σε χαμηλές σχετικά συγκεντρώσεις, το κόμμι γκουάρ, το οποίο έχει εκτεταμένη δομή και το άμυλο το οποίο δεν σχηματίζει πηκτή αλλά ίζημα ακόμη και σε σχετικά υψηλή συγκέντρωση.

### 3.3. Επίδραση των γλυκαντικών υλών στις ρεολογικές ιδιότητες και την υφή των πηκτωμάτων

Στην συνέχεια, μελετήθηκε η επίδραση των γλυκαντικών υλών στις ρεολογικές ιδιότητες και την υφή των πηκτωμάτων. Πιο συγκεκριμένα, μελετήθηκε η επίδραση διαφορετικών γλυκαντικών υλών στις ρεολογικές ιδιότητες και την υφή καθώς και η επίδραση διαφορετικών συγκεντρώσεων γλυκαντικών υλών σε αυτές.

Οι γλυκαντικές ύλες που χρησιμοποιήθηκαν είναι η ζάχαρη ως ένωση αναφοράς, το ιμβερτοσάκχαρο, η δεξτρόζη, η σορβιτόλη και η πολυδεξτρόζη, η οποία δεν δίνει γλυκιά γεύση αλλά μπορεί να συνδυαστεί με άλλα έντονα γλυκαντικά. Ενώ, οι συγκεντρώσεις που μελετήθηκαν είναι 20%, 35%, 50% και 65%w/v.

Τέλος, οι πηκτές που δημιουργήθηκαν περιείχαν 1%w/v πηκτίνη. Η πηκτίνη επιλέχθηκε για τους λόγους που εξηγούνται στην προηγούμενη ενότητα, ενώ η συγκέντρωση επιλέχθηκε γιατί είναι η πιο συνηθισμένη συγκέντρωση πηκτίνης που χρησιμοποιείται για την παραγωγή τέτοιων προϊόντων στην βιομηχανία τροφίμων.

Αρχικά μελετήθηκε η πιθανότητα επίδρασης της μεταβολής της συγκέντρωσης των γλυκαντικών υλών στις ρεολογικές ιδιότητες και την υφή των πηκτών και της αντικατάστασης της ζάχαρης με άλλες γλυκαντικές ύλες σε αυτές, καθώς και η αλληλεπίδραση των δύο αυτών παραγόντων. Στη συνέχεια μελετήθηκε το μέγεθος της επίδρασης της μεταβολής της συγκέντρωσης των γλυκαντικών υλών και της αντικατάστασης της ζάχαρης με συγκεκριμένες γλυκαντικές ύλες στις ρεολογικές ιδιότητες και την υφή των σιροπιών. Για το σκοπό αυτό έγιναν διάφορες αναλύσεις (two-way ANOVA και unpaired two tail t-tests with multiple comparisons corrections-Bonferroni corrected).

**Πίνακας 18.** Μελέτη της επίδρασης της μεταβολής της συγκέντρωσης των γλυκαντικών ουσιών, της αντικατάστασης της ζάχαρης με άλλες γλυκαντικές ουσίες και της αλληλεπίδραση τους.

		<b>Viscosity</b>	<b>Hardness</b>	<b>Adhesiveness</b>	<b>Fracturability</b>	<b>Cohesiveness</b>	<b>Gumminess</b>
<b>Μεταβολή</b>	P value	P<0.0001	P<0.0001	P<0.0001	P=0.0785	P<0.0001	P<0.0001
<b>συγκέντρωσης</b>	F (DFn, DFd)	F <sub>(3, 40)</sub> = 22788	F <sub>(3, 40)</sub> = 190.8	F <sub>(3, 40)</sub> = 11551	F <sub>(3, 40)</sub> = 2.44	F <sub>(3, 40)</sub> = 284.4	F <sub>(3, 40)</sub> = 14.56
<b>Αντικατάσταση</b>	P value	P<0.0001	P<0.0001	P<0.0001	P<0.0001	P<0.0001	P<0.0001
<b>ζάχαρης</b>	F (DFn, DFd)	F <sub>(4, 40)</sub> = 11135	F <sub>(4, 40)</sub> = 11.59	F <sub>(4, 40)</sub> = 774.4	F <sub>(4, 40)</sub> = 22.71	F <sub>(4, 40)</sub> = 43.85	F <sub>(4, 40)</sub> = 24.77
<b>Αλληλεπίδραση</b>	P value	P<0.0001	P<0.0001	P<0.0001	P<0.0001	P<0.0001	P<0.0001
	F (DFn, DFd)	F <sub>(12, 40)</sub> = 3468	F <sub>(12, 40)</sub> = 6.399	F <sub>(12, 40)</sub> = 591	F <sub>(12, 40)</sub> = 15.38	F <sub>(12, 40)</sub> = 23.84	F <sub>(12, 40)</sub> = 17.95

Η επίδραση των μεταβολών στις ρεολογικές ιδιότητες και την υφή των πηκτωμάτων είναι σημαντική όταν  $p > 0.05$ .

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 18 τόσο η μεταβολή στην συγκέντρωση των γλυκαντικών υλών, όσο και η αντικατάσταση της ζάχαρης επηρεάζουν σημαντικά τις ρεολογικές ιδιότητες και την υφή των πηκτωμάτων, ενώ υπάρχει αλληλεπίδραση των δύο παραγόντων δηλαδή η ταυτόχρονη μεταβολή της συγκέντρωσης μιας γλυκαντικής ύλης και αντικατάσταση της ζάχαρης με την γλυκαντική ύλη επηρεάζουν, επίσης, τις ρεολογικές ιδιότητες και την υφή των πηκτωμάτων.

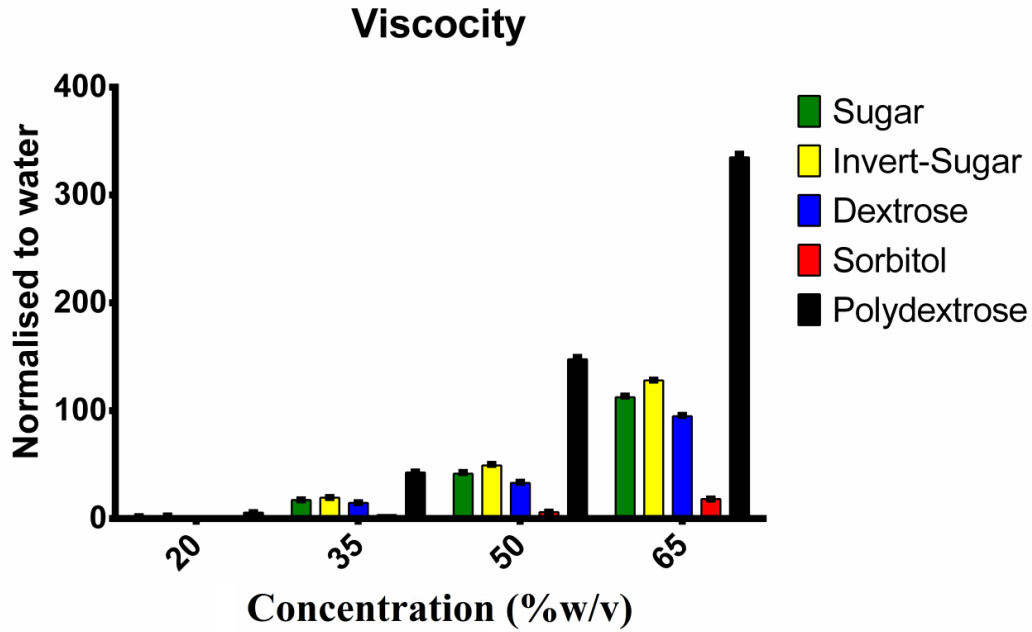
Παρακάτω φαίνεται πιο αναλυτικά πως επηρεάζουν η μεταβολή της συγκέντρωσης των γλυκαντικών υλών και η αντικατάσταση της ζάχαρης κάθε ιδιότητα που μελετήθηκε.

Στα διαγράμματα απεικονίζεται η διακύμανση της μετρηθείσας ιδιότητας κατά την μεταβολή της συγκέντρωσης κάθε γλυκαντικής ύλης. Στους πίνακες περιγράφεται ποιες τιμές, για την ίδια συγκέντρωση, είναι στατιστικώς σημαντικές σε σχέση με τη ζάχαρη, δηλαδή αν επηρεάζεται η μετρηθείσα ιδιότητα από την αντικατάσταση της ζάχαρης με άλλη γλυκαντική ύλη ίδιας συγκέντρωσης.

Παρατηρώντας την Εικόνα 19, βλέπουμε ότι όσο αυξάνεται η συγκέντρωση των γλυκαντικών υλών, τόσο αυξάνεται το ιξώδες των πηκτωμάτων. Αυτό ισχύει για όλες τις γλυκαντικές ύλες που μελετήθηκαν. Βλέπουμε ότι την μεγαλύτερη αύξηση ιξώδους προκαλεί η πολυδεξτρόζη, ακολουθεί το ιμβερτοσάκχαρο, η ζάχαρη και η δεξτρόζη, ενώ την χαμηλότερη αύξηση προκαλεί η σορβιτόλη.

Παρατηρώντας τον Πίνακα 19, διαπιστώνουμε ότι η αντικατάσταση της ζάχαρης από την πολυδεξτρόζη μεταβάλλει το ιξώδες ακόμα και σε συγκεντρώσεις 20% w/v σε αντίθεση με τις υπόλοιπες γλυκαντικές ύλες που χρησιμοποιήθηκαν, ενώ αντικατάσταση με σορβιτόλη μεταβάλλει το ιξώδες σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από 35% w/v. Τέλος, το ιξώδες μεταβάλλεται όταν αντικατασταθεί η ζάχαρη με ιμβερτοσάκχαρο ή δεξτρόζη σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από 50% w/v. Εδώ πρέπει να τονιστεί ότι τα σιρόπια που χρησιμοποιούνται σαν πρόσθετα στην παραγωγή παγωτών έχουν συγκέντρωση σε γλυκαντικές ύλες  $\geq 50\%$  w/v.

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι ενώ το ιξώδες μεταβάλλεται με την αντικατάσταση της ζάχαρης με άλλες γλυκαντικές ύλες, αυξάνεται σημαντικά στην περίπτωση της πολυδεξτρόζης, αυξάνεται ελάχιστα στην περίπτωση του ιμβερτοσακχάρου, μειώνεται ελάχιστα στην περίπτωση της δεξτρόζης και μειώνεται σημαντικά στην περίπτωση της σορβιτόλης, δείχνοντας όχι μόνο ότι είναι δύσκολη η αντικατάσταση της ζάχαρης αλλά κι ότι κάθε γλυκαντική ύλη μεταβάλλει με διαφορετικό τρόπο της ιδιότητες των πηκτωμάτων.



Εικόνα 19. Επίδραση της συγκέντρωσης της ζάχαρης, του ιμβερτοσάκχαρου, της δεξτρόζης, της σορβιτόλης και της πολυδεξτρόζης στο ιξώδες του πηκτώματος.

Πίνακας 19. Επίδραση της αντικατάστασης της ζάχαρης με ιμβερτοσάκχαρο, δεξτρόζη, σορβιτόλη και πολυδεξτρόζη στο ιξώδες του πηκτώματος σε διάφορες συγκεντρώσεις.

Συγκέντρωση % w/v	Γλυκαντική ουσία	Viscosity
20	Ιμβερτοσάκχαρο	Όχι
	Δεξτρόζη	Όχι
	Σορβιτόλη	Όχι
	Πολυδεξτρόζη	Ναι
35	Ιμβερτοσάκχαρο	Όχι
	Δεξτρόζη	Όχι
	Σορβιτόλη	Ναι
	Πολυδεξτρόζη	Ναι
50	Ιμβερτοσάκχαρο	Ναι
	Δεξτρόζη	Ναι
	Σορβιτόλη	Ναι
	Πολυδεξτρόζη	Ναι
65	Ιμβερτοσάκχαρο	Ναι
	Δεξτρόζη	Ναι
	Σορβιτόλη	Ναι
	Πολυδεξτρόζη	Ναι

Παρατηρώντας την Εικόνα 20, βλέπουμε ότι το hardness μεταβάλλεται αυξητικά με αύξηση της συγκέντρωσης για κάθε γλυκαντική ύλη, αλλά οι μεταβολές αυτές δεν είναι μεγάλες όπως στην περίπτωση του ιξώδους και δεν ακολουθούν κάποιο κανόνα. Η πολυδεξτρόζη εμφανίζει υψηλότερο hardness σε συγκεντρώσεις 20%, 35% και 50%w/v, ενώ σε συγκέντρωση 65%w/v η ζάχαρη. Η σορβιτόλη εμφανίζει χαμηλότερο hardness σε σχέση με τις άλλες γλυκαντικές ύλες σε συγκεντρώσεις 20% και 65% και υψηλότερο σε συγκεντρώσεις 35% και 50%w/v.

Παρατηρώντας και τον Πίνακα 20, βλέπουμε ότι το hardness δεν μεταβάλλεται στην περίπτωση αντικατάστασης της ζάχαρης με δεξτρόζη και πολυδεξτρόζη σε οποιαδήποτε συγκέντρωση. Αντικατάσταση της ζάχαρης με σορβιτόλη προκαλεί μεταβολή του hardness για συγκεντρώσεις 20%, 35% και 65%w/v, μεγαλύτερη ή χαμηλότερη κατά περίπτωση και αντικατάσταση με μπερτοσάκχαρο προκαλεί μείωση του hardness για συγκεντρώσεις 20% και 65%w/v.

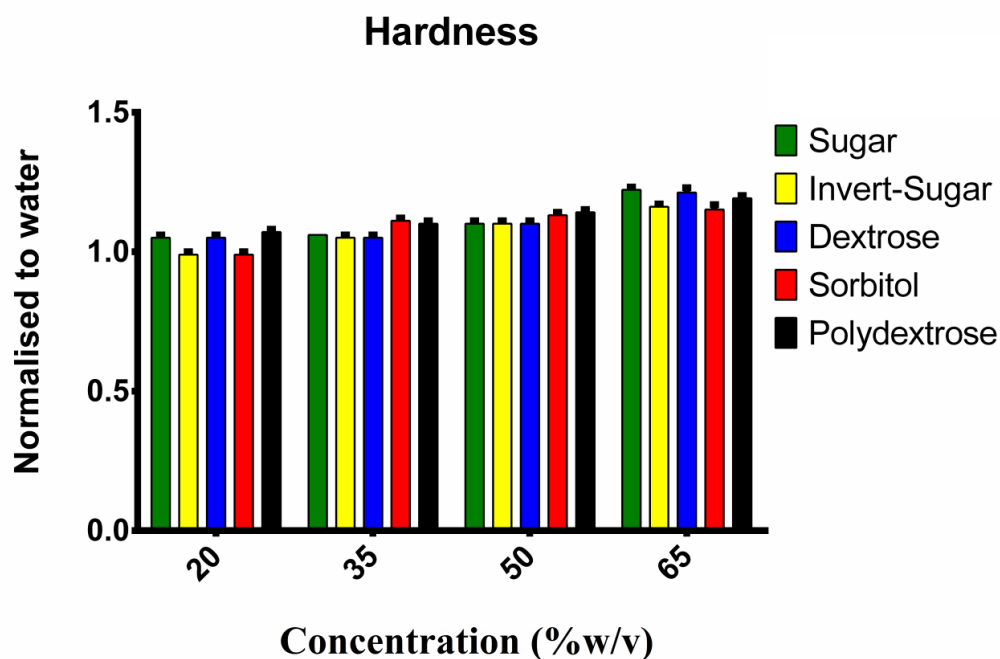
Το hardness είναι από τις ιδιότητες που επηρεάζονται λιγότερο από την αντικατάσταση της ζάχαρης, καθώς μπορεί να μεταβάλλεται στατιστικά σημαντικά αλλά σε καθορισμένα όρια που δεν ξεπερνούν τα αποδεκτά.

Μια ακόμα ιδιότητα που αυξάνεται με αύξηση της συγκέντρωσης των γλυκαντικών υλών, ανεξαρτήτου γλυκαντικής ύλης είναι το adhesiveness. Ωστόσο, σε πολύ υψηλές συγκεντρώσεις (65%w/v) η αύξησή του είναι πολύ μεγάλη, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 21. Μοναδική εξαίρεση αποτελεί η σορβιτόλη η οποία εμφανίζει τιμές adhesiveness χαμηλότερες από τις τιμές που εμφανίζουν οι άλλες γλυκαντικές ύλες για συγκεντρώσεις  $\leq 50\%w/v$ . Η πολυδεξτρόζη εμφανίζει χαμηλότερο adhesiveness σε σχέση με τη ζάχαρη, το μπερτοσάκχαρο και την δεξτρόζη. Τέλος, η σορβιτόλη εμφανίζει σημαντικά πιο χαμηλές τιμές adhesiveness από όλες τις γλυκαντικές ύλες ακόμα και σε συγκεντρώσεις 65% w/v.

Οι παρατηρήσεις αυτές επιβεβαιώνονται από τα αποτελέσματα του Πίνακα 21, όπου φαίνεται ότι αντικατάσταση της ζάχαρης με μπερτοσάκχαρο ή δεξτρόζη δεν επηρεάζει το adhesiveness ανεξάρτητα από την συγκέντρωση στην οποία θα χρησιμοποιηθούν, ενώ αντίθετα αντικατάσταση με πολυδεξτρόζη μειώνει το adhesiveness σε συγκεντρώσεις  $\geq 50\%w/v$  και αντικατάσταση με σορβιτόλη σε συγκεντρώσεις  $\geq 35\%w/v$ .

Συμπεραίνουμε, λοιπόν, ότι το adhesiveness είναι από τις ιδιότητες που επηρεάζονται σημαντικά κατά την αντικατάσταση της ζάχαρης με λιγότερο θερμιδογόνες γλυκαντικές ύλες όπως η πολυδεξτρόζη και ειδικά η σορβιτόλη.

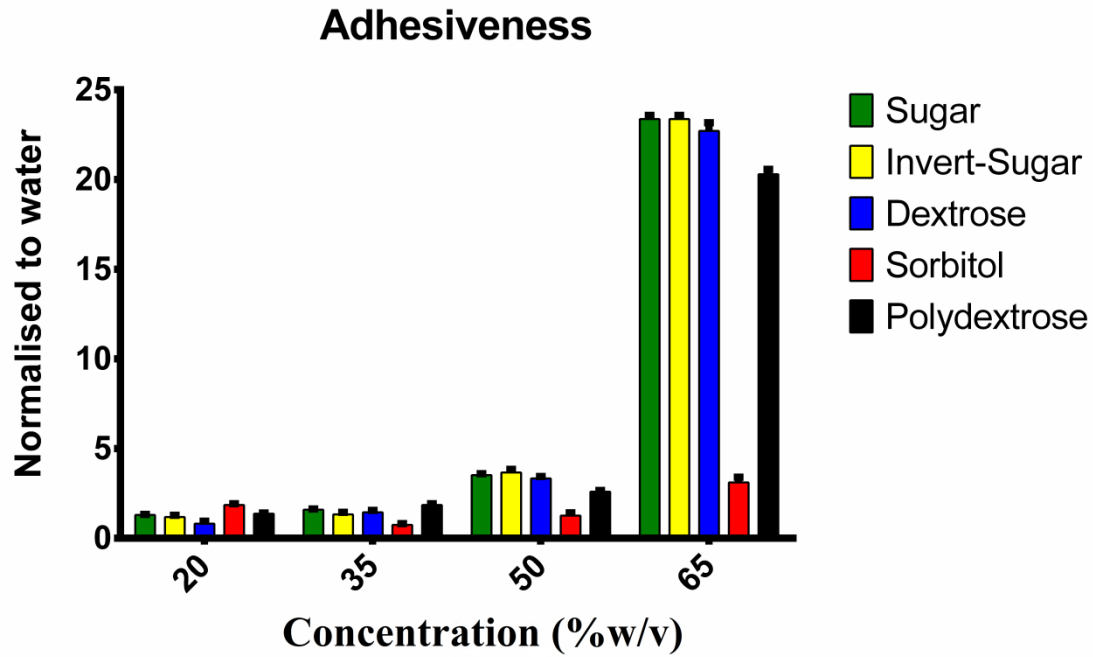




Εικόνα 20. Επίδραση της συγκέντρωσης της ζάχαρης, του ιμπερτοσάκχαρου, της δεξτρόζης, της σορβιτόλης και της πολυδεξτρόζης στο hardness του πηκτώματος.

Πίνακας 20. Επίδραση της αντικατάστασης της ζάχαρης με ιμπερτοσάκχαρο, δεξτρόζη, σορβιτόλη και πολυδεξτρόζη στο hardness του πηκτώματος σε διάφορες συγκεντρώσεις.

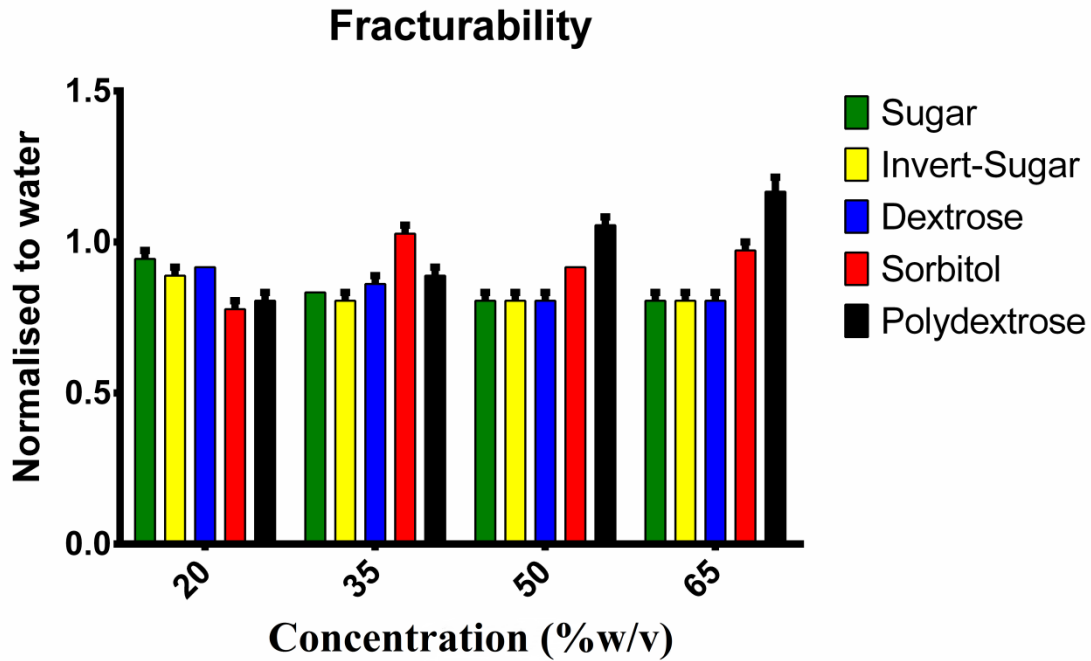
Συγκέντρωση %w/v	Γλυκαντική ουσία	Hardness
20	Ιμπερτοσάκχαρο	Ναι
	Δεξτρόζη	Όχι
	Σορβιτόλη	Ναι
	Πολυδεξτρόζη	Όχι
35	Ιμπερτοσάκχαρο	Όχι
	Δεξτρόζη	Όχι
	Σορβιτόλη	Ναι
	Πολυδεξτρόζη	Όχι
50	Ιμπερτοσάκχαρο	Όχι
	Δεξτρόζη	Όχι
	Σορβιτόλη	Όχι
	Πολυδεξτρόζη	Όχι
65	Ιμπερτοσάκχαρο	Ναι
	Δεξτρόζη	Όχι
	Σορβιτόλη	Ναι
	Πολυδεξτρόζη	Όχι



Εικόνα 21. Επίδραση της συγκέντρωσης της ζάχαρης, του ιμβερτοσάκχαρου, της δεξτρόζης, της σορβιτόλης και της πολυδεξτρόζης στο adhesiveness του πηκτώματος.

Πίνακας 21. Επίδραση της αντικατάστασης της ζάχαρης με ιμβερτοσάκχαρο, δεξτρόζη, σορβιτόλη και πολυδεξτρόζη στο adhesiveness του πηκτώματος σε διάφορες συγκεντρώσεις.

Συγκέντρωση %w/v	Γλυκαντική ουσία	Adhesiveness
20	Ιμβερτοσάκχαρο	Όχι
	Δεξτρόζη	Όχι
	Σορβιτόλη	Όχι
	Πολυδεξτρόζη	Όχι
35	Ιμβερτοσάκχαρο	Όχι
	Δεξτρόζη	Όχι
	Σορβιτόλη	Ναι
	Πολυδεξτρόζη	Όχι
50	Ιμβερτοσάκχαρο	Όχι
	Δεξτρόζη	Όχι
	Σορβιτόλη	Ναι
	Πολυδεξτρόζη	Ναι
65	Ιμβερτοσάκχαρο	Όχι
	Δεξτρόζη	Όχι
	Σορβιτόλη	Ναι
	Πολυδεξτρόζη	Ναι



Εικόνα 22. Επίδραση της συγκέντρωσης της ζάχαρης, του ιμβερτοσάκχαρου, της δεξτρόζης, της σορβιτόλης και της πολυδεξτρόζης στο fracturability του πηκτώματος.

Πίνακας 22. Επίδραση της αντικατάστασης της ζάχαρης με ιμβερτοσάκχαρο, δεξτρόζη, σορβιτόλη και πολυδεξτρόζης στο fracturability του πηκτώματος σε διάφορες συγκεντρώσεις.

Συγκέντρωση %w/v	Γλυκαντική ουσία	Fracturability
20	Ιμβερτοσάκχαρο	Όχι
	Δεξτρόζη	Όχι
	Σορβιτόλη	Ναι
	Πολυδεξτρόζη	Ναι
35	Ιμβερτοσάκχαρο	Όχι
	Δεξτρόζη	Όχι
	Σορβιτόλη	Ναι
	Πολυδεξτρόζη	Όχι
50	Ιμβερτοσάκχαρο	Όχι
	Δεξτρόζη	Όχι
	Σορβιτόλη	Ναι
	Πολυδεξτρόζη	Ναι
65	Ιμβερτοσάκχαρο	Όχι
	Δεξτρόζη	Όχι
	Σορβιτόλη	Ναι
	Πολυδεξτρόζη	Ναι

Το Fracturability παρουσιάζει διαφορετική συμπεριφορά σε σχέση με τις άλλες ιδιότητες τόσο με την αύξηση της συγκέντρωσης όσο και με την αντικατάσταση της ζάχαρης. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 22, με αύξηση της συγκέντρωσης της ζάχαρης, του ιμβερτοσακχάρου και της δεξτρόζης, το fracturability μειώνεται μέχρι που φτάνει σε ένα κατώτατο όριο σε συγκεντρώσεις  $\geq 50\%w/v$ . Αντίθετα, αυξάνεται με αύξηση της συγκέντρωσης της σορβιτόλης και της πολυδεξτρόζης, με την πολυδεξτρόζη να προκαλεί μεγαλύτερη αύξηση σε σχέση με τη σορβιτόλη. Σημαντική είναι η παρατήρηση ότι ενώ σε χαμηλές συγκεντρώσεις ( $20\%w/v$ ) τα πηκτώματα που περιέχουν σορβιτόλη ή πολυδεξτρόζη δίνουν τιμές fracturability χαμηλότερες από τα αντίστοιχα που περιέχουν ζάχαρη, ιμβερτοσάκχαρο ή δεξτρόζη, σε υψηλότερες συγκεντρώσεις ( $\geq 35\%w/v$ ), δίνουν υψηλότερες τιμές.

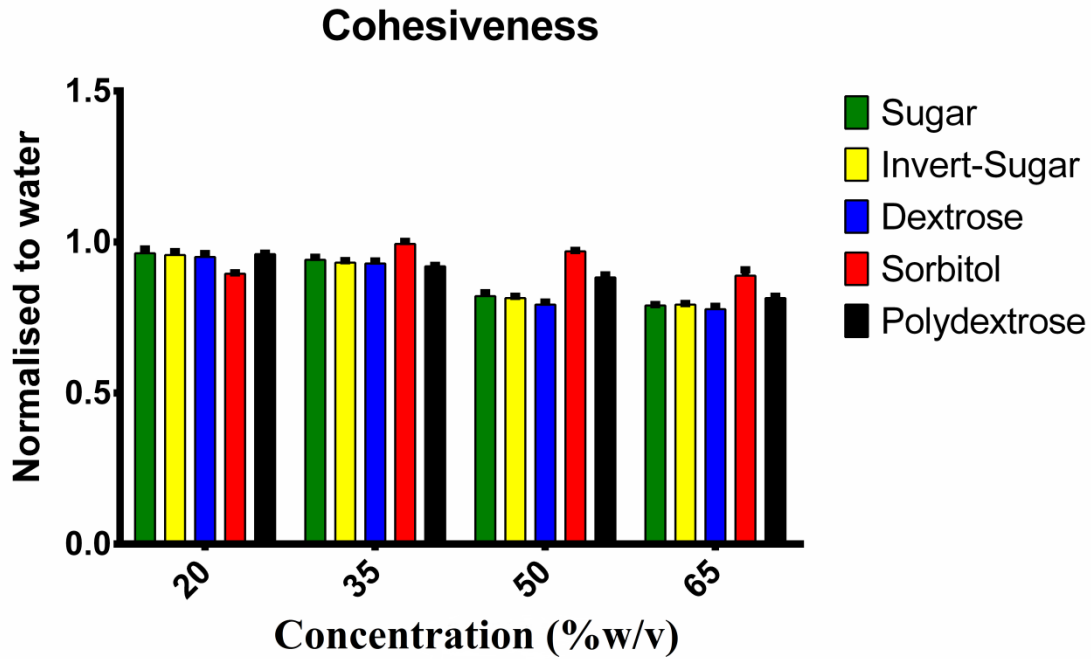
Επίσης, αντικατάσταση της ζάχαρης με ιμβερτοσάκχαρο ή δεξτρόζη δεν μεταβάλλει το fracturability του πηκτώματος για οποιαδήποτε συγκέντρωση ενώ αντικατάσταση με σορβιτόλη παρουσιάζει στατιστικώς σημαντική διαφορά για οποιαδήποτε συγκέντρωση χρησιμοποιηθεί και με πολυδεξτρόζη για συγκεντρώσεις  $20\%$ ,  $50\%$  και  $65\%w/v$  (Πίνακας 22).

Όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό, το fracturability είναι μια ιδιότητα που επηρεάζεται από την αντικατάσταση της ζάχαρης με λιγότερο θερμιδογόνες ουσίες όπως η σορβιτόλη και η πολυδεξτρόζη.

Σε αντίθεση σε όλες τις άλλες μελετηθείσες ιδιότητες, όπως παρατηρήθηκε και στην μελέτη της επίδρασης των πηκτωματογόνων παραγόντων στις ρεολογικές ιδιότητες των πηκτωμάτων, το cohesiveness μειώνεται με αύξηση της συγκέντρωσης των γλυκαντικών υλών. Ωστόσο, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 23, η σορβιτόλη εμφανίζει υψηλότερο cohesiveness από όλες τις γλυκαντικές ύλες για συγκεντρώσεις  $\geq 35\%w/v$ , ενώ εμφανίζει χαμηλότερο σε χαμηλές συγκεντρώσεις ( $20\%w/v$ ).

Επιπρόσθετα, όπως φαίνεται από τον Πίνακα 23, αντικατάσταση της ζάχαρης με σορβιτόλη προκαλεί μεταβολή του cohesiveness για κάθε συγκέντρωση, ενώ αντικατάσταση με πολυδεξτρόζη προκαλεί μεταβολή μόνο σε συγκέντρωση  $50\%w/v$ . Τέλος, αντικατάσταση της ζάχαρης με ιμβερτοσάκχαρο ή δεξτρόζη δεν έχει καμία επίδραση όπως στην περίπτωση του adhesiveness και του fracturability.

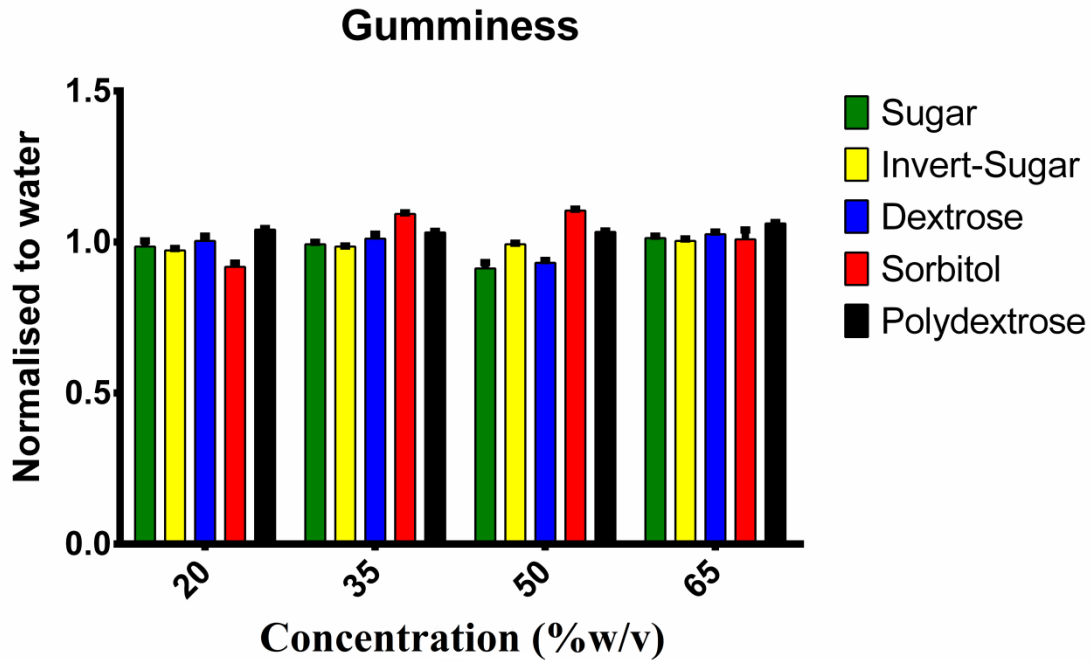
Με βάση τα αποτελέσματα αυτά, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι το cohesiveness δεν επηρεάζεται σε μη αποδεκτό βαθμό με αντικατάσταση της ζάχαρης από ιμβερτοσάκχαρο, δεξτρόζη ή πολυδεξτρόζη, παρά μόνο με αντικατάσταση με σορβιτόλη.



Εικόνα 23. Επίδραση της συγκέντρωσης της ζάχαρης, του ιμπερτοσάκχαρου, της δεξτρόζης, της σορβιτόλης και της πολυδεξτρόζης στο cohesiveness του πηκτώματος.

Πίνακας 23. Επίδραση της αντικατάστασης της ζάχαρης με ιμπερτοσάκχαρο, δεξτρόζη, σορβιτόλη και πολυδεξτρόζης στο cohesiveness του πηκτώματος σε διάφορες συγκεντρώσεις.

Συγκέντρωση %w/v	Γλυκαντική ουσία	Cohesiveness
20	Ιμπερτοσάκχαρο	Όχι
	Δεξτρόζη	Όχι
	Σορβιτόλη	Ναι
	Πολυδεξτρόζη	Όχι
35	Ιμπερτοσάκχαρο	Όχι
	Δεξτρόζη	Όχι
	Σορβιτόλη	Ναι
	Πολυδεξτρόζη	Όχι
50	Ιμπερτοσάκχαρο	Όχι
	Δεξτρόζη	Όχι
	Σορβιτόλη	Ναι
	Πολυδεξτρόζη	Ναι
65	Ιμπερτοσάκχαρο	Όχι
	Δεξτρόζη	Όχι
	Σορβιτόλη	Ναι
	Πολυδεξτρόζη	Όχι



Εικόνα 24. Επίδραση της συγκέντρωσης της ζάχαρης, του ιμβερτοσάκχαρου, της δεξτρόζης, της σορβιτόλης και της πολυδεξτρόζης στο gumminess του ηηκτώματος.

Πίνακας 24. Επίδραση της αντικατάστασης της ζάχαρης με ιμβερτοσάκχαρο, δεξτρόζη, σορβιτόλη και πολυδεξτρόζη στο gumminess του ηηκτώματος σε διάφορες συγκεντρώσεις.

Συγκέντρωση %w/v	Γλυκαντική ουσία	Gumminess
20	Ιμβερτοσάκχαρο	Όχι
	Δεξτρόζη	Όχι
	Σορβιτόλη	Ναι
	Πολυδεξτρόζη	Ναι
35	Ιμβερτοσάκχαρο	Όχι
	Δεξτρόζη	Όχι
	Σορβιτόλη	Ναι
	Πολυδεξτρόζη	Όχι
50	Ιμβερτοσάκχαρο	Ναι
	Δεξτρόζη	Όχι
	Σορβιτόλη	Ναι
	Πολυδεξτρόζη	Ναι
65	Ιμβερτοσάκχαρο	Όχι
	Δεξτρόζη	Όχι
	Σορβιτόλη	Όχι
	Πολυδεξτρόζη	Ναι

Τελευταία ιδιότητα που μελετήθηκε είναι το gumminess. Όπως και στην περίπτωση του hardness, η μεταβολή της συγκέντρωσης ή η αντικατάσταση της ζάχαρης με άλλη γλυκαντική ύλη δεν μεταβάλλει το gumminess σε μη αποδεκτό βαθμό. Μάλιστα στην περίπτωση του gumminess δεν υπάρχει κανένας κανόνας, δηλαδή δεν φαίνεται να αυξάνεται ή να μειώνεται όσο αυξάνεται ή μειώνεται η συγκέντρωση των γλυκαντικών υλών. Πιο συγκεκριμένα το gumminess δεν μεταβάλλεται στην περίπτωση του ιμβερτοσακχάρου και της πολυδεξτρόζης ανεξάρτητα από τη συγκέντρωση, δεν μεταβάλλεται με τη μεταβολή της συγκέντρωσης της ζάχαρης ή της δεξτρόζης παρά μόνο όταν ελαττώνεται σε συγκέντρωση 50% w/v, ενώ σημαντικές μεταβολές προκαλεί μόνο η σορβιτόλη, όπως φαίνεται στην Εικόνα 24.

Σημαντικές μεταβολές του gumminess, σύμφωνα με τον Πίνακα 24, παρατηρούνται στα πηκτώματα μετά από αντικατάσταση της ζάχαρης με σορβιτόλη ή πολυδεξτρόζη, ή με ιμβερτοσάκχαρο σε συγκεντρώσεις 50% w/v.

Επομένως, βλέπουμε ότι η αντικατάσταση της ζάχαρης με λιγότερο θερμιδογόνες ουσίες επηρεάζει και το gumminess σε σημαντικό βαθμό.

Παρατηρώντας τον Πίνακα 25, όπου αναφέρονται οι στατιστικώς σημαντικές διαφορές των ιδιοτήτων των πηκτωμάτων μετά από αντικατάσταση της ζάχαρης από ιμβερτοσάκχαρο, δεξτρόζη, σορβιτόλη ή πολυδεξτρόζη, συμπεραίνουμε ότι η ιδιότητα που επηρεάζεται περισσότερο κατά της αντικατάσταση της ζάχαρης είναι το ιξώδες του πηκτώματος, το οποίο αποτελεί και την σημαντικότερη ιδιότητα του. Οι υπόλοιπες ιδιότητες που μελετήθηκαν επηρεάζονται μεν αλλά όχι σε μη επιθυμητά επίπεδα τις περισσότερες φορές με το gumminess και το fracturability να επηρεάζονται λιγότερο και το hardness, το adhesiveness και το cohesiveness ελάχιστα.

Σύμφωνα με τον ίδιο πίνακα, μεγαλύτερη επίδραση στις ιδιότητες των πηκτωμάτων έχει η σορβιτόλη, ακολουθεί η πολυδεξτρόζη, ενώ αντικατάσταση της ζάχαρης με δεξτρόζη ή ιμβερτοσάκχαρο επηρεάζει μόνο το ιξώδες. Μάλιστα η σορβιτόλη επηρεάζει σημαντικά το σύνολο των ιδιοτήτων που μελετήθηκαν.

Μελετώντας διεξοδικά τα αποτελέσματα που προέκυψαν είναι προφανές ότι είναι αδύνατο να γίνει αντικατάσταση της ζάχαρης με μη θερμιδογόνες ή λιγότερο θερμιδογόνες γλυκαντικές ύλες γιατί επηρεάζονται σημαντικά τόσο η γεύση και η επίγευση όσο και οι ρεολογικές ιδιότητες και οι ιδιότητες υφής των πηκτωμάτων, οι οποίες δεν μπορούν εύκολα να διορθωθούν είτε με μεταβολή της συγκέντρωσης των

**Πίνακας 25. Επίδραση της αντικατάστασης της ζάχαρης με ιμβερτοσάκχαρο, δεξτρόζη, σορβιτόλη ή πολυδεξτρόζη στις ρεολογικές ιδιότητες και την υφή των πηκτωμάτων σε διαφορετικές συγκεντρώσεις.**

Συγκέντρωση %w/v	Γλυκαντική ουσία	Viscosity	Hardness	Adhesiveness	Fracturability	Cohesiveness	Gumminess
20	Ιμβερτοσάκχαρο	Όχι	Ναι	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι
	Δεξτρόζη	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι
	Σορβιτόλη	Όχι	Ναι	Όχι	Ναι	Ναι	Ναι
	Πολυδεξτρόζη	Ναι	Όχι	Όχι	Ναι	Όχι	Ναι
35	Ιμβερτοσάκχαρο	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι
	Δεξτρόζη	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι
	Σορβιτόλη	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι
	Πολυδεξτρόζη	Ναι	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι
50	Ιμβερτοσάκχαρο	Ναι	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Ναι
	Δεξτρόζη	Ναι	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι
	Σορβιτόλη	Ναι	Όχι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι
	Πολυδεξτρόζη	Ναι	Όχι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι
65	Ιμβερτοσάκχαρο	Ναι	Ναι	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι
	Δεξτρόζη	Ναι	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι
	Σορβιτόλη	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Όχι
	Πολυδεξτρόζη	Ναι	Όχι	Ναι	Ναι	Όχι	Ναι



πηκτωματογόνων παραγόντων είτε με αντικατάσταση των πηκτωματογόνων παραγόντων με άλλους είτε με συνδυασμό πηκτωματογόνων παραγόντων είτε με μεταβολή της συγκέντρωσης των σακχάρων γιατί μεταβάλλονται άλλες σημαντικές ιδιότητες όπως η σχετική γλυκύτητα και σημείο ψύξης.

Ωστόσο, λόγω της διαφορετικής συμπεριφοράς των πηκτωμάτων που προκύπτουν από την αντικατάσταση της ζάχαρης με διαφορετικές γλυκαντικές ύλες, δηλαδή μεγάλη αύξηση και μεγάλη μείωση των ιδιοτήτων από διαφορετικές γλυκαντικές ύλες στην ίδια συγκέντρωση, μπορεί να γίνει συνδυασμός γλυκαντικών υλών ώστε να προκύψει πηκτή με τις επιθυμητές ιδιότητες.

#### 3.4. Ανάπτυξη σιροπιού χωρίς προσθήκη ζάχαρης

Όπως είδαμε παραπάνω η αντικατάσταση της ζάχαρης μπορεί να επιτευχθεί γευστικά με προσθήκη αρώματος και χρώματος ώστε να εξαλειφθούν τυχόν διαφορές στην επίγευση των γλυκαντικών υλών και στο χρώμα που δίνουν στο τελικό προϊόν, αλλά όχι με όλες τις γλυκαντικές ύλες. Επίσης, η αντικατάσταση της ζάχαρης μεταβάλλει κατά πολύ τις ρεολογικές ιδιότητες και την υφή των πηκτωμάτων, πρόβλημα που μπορεί να διορθωθεί μόνο με την χρήση περισσότερων από μία γλυκαντικών υλών.

**Πίνακας 26. Συνταγές, σχετική γλυκύτητα, Brix και ενέργεια σιροπιού με γεύση φράουλα με προσθήκη και χωρίς προσθήκη ζάχαρης.**

Κατηγορία	Α ύλη	Σιρόπι φράουλα με προσθήκη ζάχαρης	Σιρόπι φράουλα χωρίς προσθήκη ζάχαρης
Γλυκαντικές ύλες	Ζάχαρη	650g	-
	Πολυδεξτρόζη	-	200g
	Σορβιτόλη	-	450g
	Ασπαρτάμη	-	1g
	Ακεσουλφάμη	-	1g
Πηκτωματογόνος παράγοντας	Πηκτίνη	10g	10g
Χρωστική	Πατζαρόχρωμα	5g	5g
Άρωμα	Άρωμα φράουλας	2g	2g
	Νερό	333g	331g
	Σύνολο	1000g	1000g
	Σχετική γλυκύτητα	65	65
	Brix	64,7	63,8
	kcal/100g	260	110

Πίνακας 27. Ρεολογικές ιδιότητες και ιδιότητες υφής σιροπιών με γεύση φράουλα με και χωρίς την προσθήκη ζάχαρης.

	<b>Viscosity</b>	<b>Hardness</b>	<b>Adhesiveness</b>	<b>Fracturability</b>	<b>Cohesiveness</b>	<b>Gumminess</b>
<b>Σιρόπι φράουλα με προσθήκη ζάχαρης</b>	112.5±2.14	1.22±0.01	23.37±0.36	1.03±0.06	0.79±0.01	1.01±0.01
<b>Σιρόπι φράουλα χωρίς προσθήκη ζάχαρης</b>	124.6±3.13	1.18±0.04	9.33±0.44	1.17±0.06	0.88±0.01	1.04±0.01
	P<0.0001	P<0.0001	P=0.0785	P=0.0141	P=0.0015	P<0.0001
	F(1, 10)= 2.44	F(1, 10)= 2.44	F(1, 10)= 2.44	F(1, 10)= 2.44	F(1, 10)= 2.44	F(1, 10)= 2.44

Η επίδραση των μεταβολών στις ρεολογικές ιδιότητες και την υφή των πηκτωμάτων είναι σημαντική όταν  $p > 0.05$ .

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω έγινε προσπάθεια ανάπτυξης ενός σιροπιού χωρίς ζάχαρη με γεύση φράουλα με παρόμοιες ιδιότητες με το αντίστοιχο που παράγεται με την προσθήκη ζάχαρης. Στους παρακάτω πίνακες δίνονται οι συνταγές των δύο σιροπιών, ορισμένες θεωρητικές μετρήσεις βάση των οποίων προέκυψαν οι συνταγές (όπως σχετική γλυκύτητα, συγκέντρωση σακχάρων-Brix) και οι ρεολογικές ιδιότητες και ιδιότητες υφής τους.

Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 26, τα δύο σιρόπια έχουν ίδια σχετική γλυκύτητα και ίδια Brix, ενώ το σιρόπι χωρίς προσθήκη ζάχαρης έχει σχεδόν 50% χαμηλότερη ενέργεια, 110kcal/100g έναντι 260kcal/100g.

Επίσης, οι ρεολογικές ιδιότητες και η υφή των δύο σιροπιών είναι παρόμοιες (Πίνακας 27) και εντός των ορίων που έχουν οριστεί. Παρόλο που το ιξώδες διαλύματος ζάχαρης είναι σημαντικά μεγαλύτερο από το ιξώδες διαλύματος σορβιτόλης, είναι επίσης σημαντικά χαμηλότερο από αυτό διαλύματος πολυδεξτρόζης με αποτέλεσμα το ιξώδες των δύο σιροπιών να είναι παρόμοιο (Εικόνα 19).

Hardness και gumminess δεν εμφανίζουν σημαντικές διαφορές όπως δεν παρουσίαζαν σημαντικές διαφορές τα διαλύματα κάθε μιας από της γλυκαντικές ύλες (Εικόνες 20, 24), ενώ Fracturability και Cohesiveness εμφανίζουν μικρές διαφορές γιατί τα διαλύματα σορβιτόλης και πολυδεξτρόζης εμφάνιζαν ελαφρώς μεγαλύτερες τιμές (Εικόνες 22, 23) και ήταν αναμενόμενο. Η πιο σημαντική διαφορά εμφανίζεται στο adhesiveness, κάτι που φαίνεται λογικό αν αναλογιστεί κανείς τα δεδομένα της Εικόνας 21, όπου τόσο η πολυδεξτρόζη όσο και η σορβιτόλη εμφανίζουν χαμηλότερο adhesiveness από τη ζάχαρη.

Οι ρεολογικές ιδιότητες και η υφή των δύο σιροπιών ήταν παρόμοιες, χωρίς να εμφανίζουν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Εκτός από αυτές τις ιδιότητες, όμως, τα δύο σιρόπια πρέπει να μην έχουν σημαντικές διαφορές και γευστικά, τόσο όσον αφορά την γλυκύτητα όσο και την επίγευση. Γι' αυτό το λόγο πραγματοποιήθηκε νέα δοκιμή ζεύγους. Σαν δείγμα αναφοράς χρησιμοποιήθηκε το σιρόπι με γεύση φράουλα με προσθήκη ζάχαρης. Επειδή όμως μας ενδιαφέρει να μη γίνεται αντιληπτή η διαφορά στο τελικό προϊόν, τα δείγματα παρουσιάστηκαν με παγωτό βανίλια με 0% προσθήκη ζάχαρης σε ποσοστό 10%. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

**Πίνακας 28. Αποτελέσματα δοκιμής ζεύγους μεταξύ σιροπιού με γεύση φράουλα με προσθήκη ζάχαρης και χωρίς προσθήκη ζάχαρης.**

Κωδικός δοκιμαστή	A	B
009	Ναι	Ναι
010	Ναι	Ναι
020	Ναι	Ναι
024	Ναι	Όχι
027	Ναι	Ναι
031	Ναι	Ναι
041	Ναι	Ναι
043	Ναι	Ναι
048	Ναι	Ναι
049	Ναι	Ναι
Σύνολο NAI	10 <sup>a</sup>	9 <sup>a</sup>

Διαφορετικοί πεζοί λατινικοί χαρακτήρες υποδηλώνουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μέσα σε κάθε κατηγορία για  $p < 0,05$ .

Όπως φαίνεται από τον παραπάνω πίνακα δεν υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές στη γεύση των δύο σιροπιών, επομένως το νέο σιρόπι με γεύση φράουλα χωρίς προσθήκη ζάχαρης μπορεί να αντικαταστήσει αυτό με προσθήκη ζάχαρης χωρίς να γίνει αντιληπτό από τους καταναλωτές.

#### 4. Συμπεράσματα

Στην παρούσα διατριβή μελετήθηκε η δυνατότητα αντικατάστασης της ζάχαρης σε σιρόπια που χρησιμοποιούνται σαν πρόσθετα στην παραγωγή παγωτών με σκοπό την ανάπτυξη ενός σιροπιού χωρίς την προσθήκη ζάχαρης το οποίο έχει ίδια γεύση, παρόμοιες ρεολογικές ιδιότητες και υφή με αυτό με προσθήκη ζάχαρης.

Όπως διαπιστώθηκε σε απλές γευστικές δοκιμές ζεύγους, δεν είναι δυνατή η αντικατάσταση της ζάχαρης σε αναλογία ένα προς ένα, καθώς διαφορετικές γλυκαντικές ουσίες δίνουν διαφορετική ένταση γλυκύτητας. Επιπλέον, είναι αδύνατη η αντικατάσταση της ζάχαρης με άλλες γλυκαντικές ουσίες ακόμη και σε συγκεντρώσεις ώστε η σχετική γλυκύτητα να είναι ίδια λόγω αυτή της χαρακτηριστικής επίγευσης που αφήνουν οι περισσότερες από αυτές. Η αντικατάσταση της ζάχαρης θα ήταν δυνατή μόνο σε πιο σύνθετα συστήματα με προσθήκη χρωστικών ουσιών και αρωμάτων ώστε να εξαλειφθούν τυχόν χρωματικές διαφορές και αρνητικές επιγεύσεις.

Όσον αφορά τους πηκτωματογόνους παράγοντες, η παρουσία τους είναι εξίσου σημαντική αν και επηρεάζουν μόνο τις ρεολογικές ιδιότητες και την υφή των πηκτωμάτων. Διαπιστώθηκε ότι με αύξηση της συγκέντρωσης των πηκτωματογόνων παραγόντων αυξάνεται η τιμή όλων των ιδιοτήτων που μελετήθηκαν, δηλαδή το ιξώδες, το hardness, το adhesiveness, το fracturability και το gumminess, ενώ μειώνεται το cohesiveness.

Πιο συγκεκριμένα η πηκτίνη σχηματίζει πηκτή σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από 0.5%w/v, ενώ με αύξηση της συγκέντρωσής της αυξάνεται σημαντικά το ιξώδες. Αντίθετα, το hardness αυξάνεται σημαντικά μόνο σε συγκεντρώσεις άνω του 2% w/v.

Η καραγενάνη σχηματίζει πηκτές σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις (0.1%w/v), ενώ εμφανίζει σημαντική αύξηση του hardness ακόμη και σε συγκεντρώσεις του 0.7%w/v.

Το κόμμι γκουάρ σχηματίζει πηκτές σε συγκέντρωση 0.3%w/v, ενώ με αύξηση της συγκέντρωσης δεν επηρεάζεται σημαντικά το hardness, για τις συγκεντρώσεις που μελετήθηκαν.

Η ζελατίνη εμφανίζει διαφορετικές ιδιότητες σε σχέση με τους παραπάνω υδατάνθρακες. Σχηματίζει πηκτή σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις, της τάξης του 0.1% w/v, εμφανίζει αυξημένο hardness και gumminess σε συγκεντρώσεις 1%w/v και χαμηλό adhesiveness ακόμα και σε υψηλές συγκεντρώσεις.

Εκτός από τη συγκέντρωση των πηκτωματογόνων παραγόντων, σημαντική επίδραση στις ρεολογικές ιδιότητες και την υφή των πηκτωμάτων έχουν και οι γλυκαντικές ουσίες, όπως είναι φυσικό καθώς αποτελούν σχεδόν το σύνολο των συνολικών στερεών των διαλυμάτων. Έτσι, με αύξηση της συγκέντρωσης όλων των γλυκαντικών ουσιών, παρατηρείται αύξηση των τιμών των ρεολογικών ιδιοτήτων που μελετήθηκαν και μείωση του cohesiveness, όπως ακριβώς με την αύξηση της συγκέντρωσης των πηκτωματογόνων παραγόντων.

Σημαντικές όμως είναι και οι μεταβολές που παρατηρούνται στις ιδιότητες αυτές με αντικατάσταση της ζάχαρης με τις γλυκαντικές ουσίες που μελετήθηκαν, δηλαδή το ιμβερτοσάκχαρο, την δεξτρόζη, την σορβιτόλη και την πολυδεξτρόζη.

Πιο συγκεκριμένα αντικατάσταση της ζάχαρης με ιμβερτοσάκχαρο και πολυδεξτρόζη αυξάνει το ιξώδες, ενώ με δεξτρόζη και σορβιτόλη μειώνει το ιξώδες.

Αντικατάσταση της ζάχαρης με τις γλυκαντικές ουσίες που μελετήθηκαν μεταβάλλει και τις τιμές του hardness αλλά όχι σε μη επιθυμητά επίπεδα. Επίσης, αντικατάσταση της ζάχαρης με σορβιτόλη ή πολυδεξτρόζη μειώνει τις τιμές του adhesiveness και του gumminess και αυξάνει τις τιμές του fracturability αλλά και πάλι εντός των επιθυμητών ορίων. Τέλος, η αντικατάσταση της ζάχαρης από τη σορβιτόλη οδηγεί σε αυξημένες τιμές cohesiveness, αλλά χωρίς αρνητικές επιδράσεις.

Από τα παραπάνω, είναι προφανές ότι απλή αντικατάσταση της ζάχαρης δεν μπορεί να συμβεί καθώς επηρεάζεται τόσο η γεύση και η ένταση γλυκύτητας, όσο και οι ρεολογικές ιδιότητες και η υφή του τελικού προϊόντος. Ωστόσο, μπορεί να γίνει πλήρης αντικατάσταση της ζάχαρης με χρήση περισσότερων από μίας γλυκαντικών υλών.

##### 5. Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Όπως είδαμε παραπάνω μπορεί να επιτευχθεί αντικατάσταση της ζάχαρης με περισσότερες από μία γλυκαντικές ουσίες. Ωστόσο, η μελέτη που πραγματοποιήθηκε εξέτασε έναν μικρό αριθμό πηκτωματογόνων παραγόντων και γλυκαντικών ουσιών που ήταν άμεσα διαθέσιμοι. Μελλοντικά προτείνεται η μελέτη της επίδρασης περισσότερων πηκτωματογόνων παραγόντων στις ρεολογικές ιδιότητες και τις ιδιότητες υφής, η μελέτη της συνεργιστικής επίδρασης δύο ή περισσότερων πηκτωματογόνων παραγόντων στις ρεολογικές ιδιότητες και την υφή των πηκτωμάτων, όπως επίσης και η επίδραση κι άλλων γλυκαντικών ουσιών τόσο στην γεύση και στην επίγευση, όσο και στις ρεολογικές ιδιότητες με σκοπό την πλήρη

αντικατάσταση της ζάχαρης σε προϊόντα σιροπιού που χρησιμοποιούνται στην βιομηχανία παγωτού.

## 6. Βιβλιογραφία

- A.A.Karim, Rajeev Bhat. «Gelatin alternatives for the food industry: recent developments, challenges and prospects.» *Trends in Food Science & Technology*, 2008: 644-656.
- Aguilera, J. M. and Stanley, D.W. «Food structuring.» Στο *Microstructural Principles of Food Processing and Engineering*, του/της J. M. and Stanley, D.W. Aguilera. New York: Chapman and Hall, 1999.
- Angelopoulos TJ, Lowndes J, Sinnett S, Rippe JM. «Fructose containing sugars do not raise blood pressure or uric acid at normal levels of human consumption.» *Journal of Clinical Hypertension*, 2014: 87-94.
- Angelopoulos, James M. Rippe and Theodore J. «Sugars, obesity, and cardiovascular disease: results from recent randomized control trials.» *European Journal of Nutrition*, 2016.
- Awang Bono, S.M. Anisuzzaman, Ong Wan Ding. «Effect of process conditions on the gel viscosity and gel strength of semi-refined carrageenan (SRC) produced from seaweed (*Kappaphycus alvarezii*).» *Journal of King Saud University – Engineering Sciences*, 2014: 3-9.
- Banerjee S., Bhattacharya S. «Food Gels: Gelling Process and New Applications.» *Food Science and Nutrition*, 2012: 334-346.
- Belitz, H.-D. and Grosch, W. *Food Chemistry*. Berlin: Springer Verlag, 1999.
- Bhattacharya, S., and Jena, R. «Gelling behavior of defatted soybean flour dispersions due to microwave treatment: Textural, oscillatory, microstructural and sensory properties.» *Journal of Food Engineering*, 2007: 1305–1314.
- Blandino, A., Macias, M., and Cantero, D. «Formation of calcium alginate gel capsules: Influence of sodium alginate and CaCl<sub>2</sub> concentration on gelation kinetics.» *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 1999: 686–689.
- Bourne, M. C. *Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement*. New York: Academic Press, 2002.
- Bourne, Malcolm C. *Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement*. Elsevier Science & Technology Books, 2002.
- Bowen WH, Eastoe JE, Cock DJ. «The effect of sugar solutions on the pH of plaque in caries-active monkeys (*Macaca irus*).» *Archives of Oral Biology*, 1966: 833-838.
- Brown Kirsty, DeCoffe Daniella, Molcan Erin, Gibson Deanna. «Diet-Induced Dysbiosis of the Intestinal Microbiota and the Effects on Immunity and Disease.» *Nutrients*, 2012: 1095-1119.



- Burey P., Bhandari B. R., Howes T., Gidley M. J. «Hydrocolloid Gel Particles: Formation, Characterization, and Application.» *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2008: 361-377.
- Carpenter, Roland P., Lyon, David H., Hasdell, Terry A. *Guidelines for Sensory Analysis in Food Product Development and Quality Control*. New York: Aspen Publishers Inc., 2000.
- Ccahuana-Vásquez RA, Tabchoury CP, Tenuta LM, Del Bel Cury AA, Vale GC, Cury JA. «Effect of frequency of sucrose exposure on dental biofilm composition and enamel demineralization in the presence of fluoride.» *Caries Research*, 2007: 9-15.
- Chiavaroli, L., de Souza, R. J., Ha, V., Cozma, A. I., Mirrahimi, A., Wang, D. D., Yu, M., Carleton, A. J., Di Buono, M., Jenkins, A. L. «Effect of fructose on established lipid targets: a systematic review and meta-analysis of controlled feeding trials.» *Journal of the American Heart Association*, 2015.
- Clark, A. H., and Ross-Murphy, S. B. «Shear Modulus–Concentration Relationships for Biopolymer Gels. Comparison of Independent and Cooperative Crosslink Descriptions.» Στο *Physical Networks–Polymers and Gels*, του/της W., and Ross-Murphy, S. B. Burchard. London: Elsevier Science, 1990.
- Damodaran, S., Paraf, A. «Surface-function relationships of whey proteins.» Στο *Food Proteins and their Applications*, του/της P., and Lorient, D. Cayot. New York: Marcel Dekker, Inc., 1997.
- Deepak Mudgil, Sheweta Barak, Bhupendar Singh Khatkar. «Guar gum: processing, properties and food applications—A Review.» *Journal of food science and technology*, 2011.
- Dipjyoti Saha, Suwendu Bhattacharya. «Hydrocolloids as thickening and gelling agents in food: a critical review.» *Journal of Food Science and Technology*, 2010: 587-597.
- Dobies M., Kusmia S. and Jurga S. «H NMR and rheological studies of the calcium induced gelation process in aqueous low methoxyl pectin solutions.» *Acta Physica Polonica A*, 2005: 33-46.
- Douglas Goff, Richard Hartel. *Ice cream*. New York: Springer, 2013.
- Douglas H. Goff, Richard W. Hartel. *Ice cream*. New York: Springer, 2013.
- Drewnowski, A. «Taste preferences and food intake.» *Annual Review of Nutrition*, 1997: 237-253.

- Engelen, L., van der Bilt, A., Schipper, M., and Bosman, F. «Oral size perception of particles: effect of size, type, viscosity and method.» *Journal of Texture Studies*, 2005: 373-386.
- Fertsch, B., Muller, M., and Hinrichs, J. «Firmness of pressure-induced casein and whey protein gels modulated by holding time and rate of pressure release.» *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 2003: 143-150.
- Frayn K.N., Kingman S.M. «Dietary sugars and lipid metabolism in humans.» *American Journal of Clinical Nutrition*, 1995: 261-263.
- George Ninan, Jose Joseph, Zynudheen Abubacker Aliyamveettil. «A comparative study on the physical, chemical and functional properties of carp skin and mammalian gelatins.» *Journal of food science and technology*, 2012.
- Goff HD, Caldwell KB, Stanley DW, Maurice TJ. «The influence of polysaccharides on the glass transition in frozen sucrose solutions and ice cream.» *Journal of Dairy Science*, 1993: 1268-1277.
- Ha V, Sievenpiper J, de Souza R, Chiavaroli L, Wang D, Cozma A. «Effect fructose on blood pressure: a systematic review and meta-analysis of controlled feeding trials.» *Hypertension*, 2012: 787-795.
- Harris, P. «Gelatine.» Στο *Food Gels*, του/της F. A. Johnston-Banks. New York: Elsevier Science Publishers Ltd., 1990.
- Haw, W. C. K. Poon and M. D. «Mesoscopic structure formation in colloidal aggregation and gelation.» *Advances in Colloid and Interface Science*, 1997: 71-126.
- Heremans, K. «High-pressure effects on biomolecules.» Στο *High Pressure Processing of Foods*, του/της D. A., Johnston, D. E., Earnshaw E. G., and Hasting, A. P. M Ledward. Nottingham : Nottingham University Press, 1995.
- Hoefler, A. C. *Hydrocolloids*. Minnesota: Eagen Press, 2004.
- Horinaka, J., Kani, K., Hori, Y., and Maeda, S. «Effect of pH on the conformation of gellan chains in aqueous systems.» *Biophysical Chemistry*, 2004: 223–227.
- Imeson, A. P. «Carrageenan.» Στο *Handbook of Hydrocolloids*, του/της G. O., and Williams, P. A. Phillips. Boca Raton: CRC Press, 2000.
- ISO. *General guidance for the design of test rooms*. ISO 8589:2007, 2007.
- ISO. *Sensory analysis — Methodology — "A" - "not A" test*. ISO 8588:1987, 1987.
- Jane Mertz Garcia, Edgar Chambers, Ziad Matta, Megan Clark. «Viscosity Measurements of Nectar- and Honey-thick Liquids: Product, Liquid, and Time Comparisons.» *Dysphagia*, 2005: 325-335.

- JM Rippe, TJ Angelopoulos. «Added sugars and risk factors for obesity, diabetes and heart disease.» *International Journal of Obesity*, 2016: 22-27.
- King, A. H. «Brown Seaweed Extracts (Alginates).» Στο *Food Hydrocollids*, του/της M. Glicksman. Boca Raton: CRC Press, 1983.
- Lauber, S., Krause, I., Klostermeyer, H., and Henle, T. «Microbial transglutaminase crosslinks  $\beta$ -casein and  $\beta$ -lactoglobulin to heterologous oligomers under high pressure.» *European Food Research and Technology*, 2003: 15-17.
- Lucey, J. A., and Singh, H. «Formation and physical properties of acid milk gels: A review.» *Food Research International*, 1997: 529–542.
- Mayer DG, Kemper FH. *Acesulfame K*. New York: Marcel Dekker, 1991.
- Michael Lean, Lisa Te Morenga. «Sugar and Type 2 diabetes.» *British Medical Bulletin*, 2016: 1-11.
- Miller M, Stone N, Ballantyne C, Bittner V, Criqui M, Ginsberg H. «Triglycerides and cardiovascular disease: a scientific statement from the American Heart Association.» *Circulation*, 2011: 2292-2333.
- Morris, E. R. «Rheology of hydrocolloids.» Στο *Gums, and Stabilizers for the Food Industry*, του/της G. O., Williams, P. A., and Wedlock, D. J. Philips. Oxford: IRL Press, 1986.
- Mortensen, Alicja. «Sweeteners permitted in the European Union: safety aspects.» *Scandinavian Journal of Food and Nutrition*, 2006: 104-116.
- Murphy, P. «Starch.» Στο *Handbook of Hydrocolloids*, του/της P. A. Philips G. O. and Williams. New York: Woodhead Publishing Limited, 2000.
- Nabors, LO. *Alternative sweeteners*. 3rd. New York: Marcel Dekker, 2001.
- Natasha Wiebe, Raj Padwal, Catherine Field, Seth Marks, Rene Jacobs, Marcello Tonelli. «A systematic review on the effect of sweeteners on glycemic response and clinically relevant outcomes.» *BMC Medicine*, 2011: 123-141.
- Nishinari, K. and Doi, E. «Gelation of some seaweed polysaccharides.» Στο *Food Hydrocolloids-Structure, Properties and Functions*, του/της L., Nilsson, S., Viebke, C., and Zhang, W. Picullel. New York: Plenum Press, 1994.
- Nussinovitch, A. *Hydrocolloid Applications*. London: Chapman and Hall, 1997.
- Oakenfull, D. «Gelling agents.» *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1987: 1-25.
- Obarzanek E, Sacks F, Vollmer W, Bray G, Miller E, Lin P. «DASH Research Group. Effects on blood lipids of a blood pressure-lowering diet: the Dietary

- Approaches to Stop Hypertension (DASH) Trial.» *American Journal of Clinical Nutrition*, 2001: 80-89.
- Paes Leme AF, Bellato CM, Bedi G, Del Bel Cury AA, Koo H, Cury JA. «Effects of sucrose on the extracellular matrix of plaque-like biofilm formed in vivo, studied by proteomic analysis.» *Caries Research*, 2008: 435-443.
- Philip T. James, Neville Rigby, Rachel Leach, International Obesity Task Force. «The obesity epidemic, metabolic syndrome and future prevention strategies.» *European Journal of Preventive Cardiology*, 2004: 3-8.
- Phillips, G. O., and Williams, P. A. «Pectins.» Στο *Handbook of Hydrocolloids*, του/της C. D. May. Boca Raton: CRC Press, 2000.
- Pieter Walstra, Jan T. M. Wouters, Tom J. Geurts. *Dairy science and technology*. Boca Raton: CRC Press, 2006.
- Pim, Reinders. *Licks, sticks & bricks : a world history of ice cream*. Rotterdam: Unilever, 1999.
- Quinzio, Jeri. *Of sugar and snow, A history of ice cream making*. Berkeley, CA: University of California Press, 2009.
- Rees, D. A., Morris, E. R., and Robinson, G. R. «Cation specific aggregation of carrageenan helices: Domain model of polymer gel structure.» *Journal of Molecular Biology*, 1980: 349–362.
- Reinders, Pim. *Licks, sticks & bricks : a world history of ice cream*. Rotterdam: Unilever, 1999.
- Renwick A.G., Williams R.T. «The fate of cyclamate in man and other species.» *Biochemistry Journal*, 1972: 869-879.
- Renwick, A.G. «The metabolism of intense sweeteners.» *Xenobiotica*, 1986: 1057-1071.
- Richardson, P. H., Willmer, J., and Foster, T. J. «Dilute solution properties of guar and locust bean gum in sucrose solutions.» *Food Hydrocolloids*, 1998: 339–348.
- Roberts, H.J. «Reactions attributed to aspartame-containing products: 551 cases.» *The Journal of Applied Nutrition*, 1988: 85-93.
- Robinson, G. R., Ross-Murphy, S. B., and Morris, E. R. «Viscosity-molecular weight relationships, intrinsic chain flexibility and dynamic solution properties of guar.» *Carbohydrate Research*, 1982: 17–32.

- Roland P. Carpenter, David H. Lyon, Terry A. Hasdell. *Guidelines for Sensory Analysis in Food Product Development and Quality Control*. Springer US, 2000.
- Rosinski S., Grigorescu G., Lewinska D., Ritzen L. G., Viernstein H., Teunou E., Poncelet D., Zhang Z., Fan Z. D., Marison I. and Hunkeler D.  
«Characterisation of microcapsules: Recommended methods based on round-robin testing.» *Journal of Microencapsulation*, 2002: 641-659.
- Sanderson, G. R. «Gellan gum.» Στο *Food Gels*, του/της P. Harris. London: Elsevier Applied Science, 1990.
- Sang-Ho Yoo, Marshall L. Fishman, Arland T. Hotchkiss Jr, Hyeon Gyu Lee.  
«Viscometric behavior of high-methoxy and low-methoxy pectin solutions.» *Food Hydrocolloids*, 2006: 62-67.
- Santacruz A., Marcos A., Warnberg J., Marti A., Martin-Matillas M., Campoy C., Moreno L.A., Veiga O., Redondo-Figuero C., Garagorri J.M. «Interplay between weight loss and gut microbiota composition in overweight adolescents.» *Obesity*, 2009: 1906-1915.
- Schwarz, J. M., Noworolski, S. M., Wen, M. J., Dyachenko, A., Prior, J. L., Weinberg, M. E., Herraiz, L. A., Tai, V. W., Bergeron, N., Bersot, T. P.  
«Effect of a high-fructose weight-maintaining diet on lipogenesis and liver fat.» *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 2015: 2434-2442.
- Sekirov I., Russell S., Caetano L., Antunes M., Finlay B.B. «Gut microbiota in health and disease.» *American Physiological Society*, 2010: 859-904.
- Shetty, K., Paliyath, G., Pometto, A., Levin, E. «Biotechnology of Microbial Polysaccharides in Food.» Στο *Food Biotechnology*, του/της I. W Sutherland. Boca Raton, FL: CRC Press, 2007.
- Smith E., Macfarlane G.T. «Dissimilatory amino acid metabolism in human colonic metabolism.» *Anaerobe*, 1997: 327-337.
- Stanhope K, Griffen S, Bair B, Swarbrick M, Kelm N, Havel P. «Twenty four hour endocrine and metabolic profiles following consumption of high-fructose corn syrup-, sucrose-, fructose-, and glucose-sweetened beverages with meals.» *American Journal of Clinical Nutrition*, 2008: 1194-1203.
- Stanhope, K. L., Schwarz, J. M., Keim, N. L., Griffen, S. C., Bremer, A. A., Graham, J. L., Hatcher, B., Cox, C. L., Dyachenko, A., Zhang, W. «Consuming fructose-sweetened, not glucose-sweetened, beverages increases visceral adiposity and lipids and decreases insulin sensitivity in overweight/obese humans.» *Journal of Clinical Investigation*, 2009: 1322-1334.

- Stecher B., Hardt W.D. «Mechanisms controlling pathogen colonization of the gut.» *Current Opinion in Microbiology*, 2011: 82-91.
- Sworn, G. «Xanthan gum.» Στο *Handbook of Hydrocolloids*, του/της G. O. and Williams, P. A. Philips. New York: Woodhead Publishing Limited, 2000.
- Takahashi N, Nyvad B. «The role of bacteria in the caries process: ecological perspectives.» *Journal of Dental Research*, 2011: 294-303.
- Tappy, Luc. «Fructose-containing caloric sweeteners as a cause of obesity and metabolic disorders.» *Journal of Experimental Biology*, 2018.
- Teff, K. L., Elliott, S. S., Tschop, M., Kieffer, T. J., Rader, D., Heiman, M., Townsend, R. R., Keim, N. L., D'Alessio, D. and Havel, P. J. «Dietary fructose reduces circulating insulin and leptin, attenuates postprandial suppression of ghrelin, and increases triglycerides in women.» *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 2004: 2963-2972.
- Theytaz, F., Noguchi, Y., Egli, L., Campos, V., Buehler, T., Hodson, L., Patterson, B. W., Nishikata, N., Kreis, R., Mittendorfer, B. «Effects of supplementation with essential amino acids on intrahepatic lipid concentrations during fructose overfeeding in humans.» *American Journal of Clinical Nutrition*, 2012: 1008-1016.
- Tosh, S., Marangoni, A., Hallet, F., Britt, I. «Aging dynamics in gelatin gel microstructure.» *Food Hydrocolloids*, 2003: 503-513.
- Turnbaugh P.J., Ridaura V.K., Faith J.J., Rey F.E., Knight R., Gordon J.I. «The effect of diet on the human gut microbiome: A metagenomic analysis in humanized gnotobiotic mice.» *Science Translational Medicine*, 2009.
- Viebke, C., Piculell, L., and Nilsson, S. «On the mechanism of gelation of helix-forming biopolymer.» *Macromolecules*, 1994: 4160–4166.
- Walstra, P. «Soft Solids.» Στο *Physical Chemistry of Foods*, του/της P. Walstra. New York: Mercel Dekker, 2003.
- Wang D, Sievenpiper JL, de Souza RJ, Cozma AI, Chiavaroli L, Ha V. «Effect of fructose on postprandial triglycerides: A systematic review and meta-analysis of controlled feeding trials.» *Atherosclerosis*, 2014: 125-133.
- Weir, Caroline Weir and Robin. *Ice Creams, Sorbets and Gelati: The Definitive Guide*. London: Grub Street, 2010.
- Whelan AP, Vega C, Kerry JP, Goff HD. «Physicochemical and sensory optimization of a low glycemic index ice cream formulation.» *International Journal of Food Science Technology*, 2008: 1520-1527.

- William Willats, Pau I Knox, Jørn Dalgaard Mikkelsen. «Pectin: new insights into an old polymer are starting to gel.» *Trends in Food Science & Technology*, 2006: 97-104.
- Wilson, R. *Sweeteners*. 3rd. Oxford, UK: Wiley Blackwell, 2007.
- Woodward, S. A., and Cotterill, O. J. «Texture and microstructure of heat-formed egg white gels.» *Journal of Food Science and Technology*, 1986: 333-339.
- Zero DT, van Houte J, Russo J. «The intra-oral effect on enamel demineralization of extracellular matrix material synthesized from sucrose by *Streptococcus mutans*.» *Journal of Dental Research*, 1986: 918-923.
- Zimmer J., Lange B., Frick J.S., Sauer H., Zimmermann K., Schwiertz A., Rusch K., Klosterhalfen S., Enck P. «A vegan or vegetarian diet substantially alters the human colonic faecal microbiota.» *European Journal of Clinical Nutrition*, 2012: 53-60.

## Παράρτημα

### Δελτίο Προκαταρκτικής Οργανοληπτικής Εξέτασης

Όνοματεπώνυμο:.....  
Τηλέφωνο επικοινωνίας:.....  
Ηλεκτρονική διεύθυνση:.....  
Ημερομηνία:..... Ώρα:.....

#### Μέρος 1<sup>ο</sup> – Γεύσεις

Σας προσφέρονται 5 δείγματα σε πλαστικό ποτηράκι που φέρουν τυχαίους 3ψήφιους κωδικούς, σας παρακαλούμε να τα δοκιμάσετε με τη σειρά που σας δίνονται και να σημειώσετε τη γεύση που πιστεύετε ότι είναι. Μετά από κάθε δοκιμή δείγματος, ξεπλύνετε τη στοματική σας κοιλότητα με νερό και φρυγανιά. Βεβαιωθείτε ότι ο 3ψήφιος κωδικός του δείγματος ταιριάζει με τον κωδικό που αναγράφεται στο παρών δελτίο.

ΚΩΔΙΚΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΓΕΥΣΗΣ
554	
379	
162	
787	
843	

#### Μέρος 2<sup>ο</sup> –Κατάταξη

Σας προσφέρονται 3 δείγματα που φέρουν τυχαίους 3ψήφιους κωδικούς και σας ζητάμε να τα κατατάξετε με σειρά γλυκύτητας. Δοκιμάστε όλα τα δείγματα με τη σειρά που σας δίνονται στο παρακάτω πίνακα. Ανάμεσα σε κάθε δείγμα, ξεπλύνετε τη στοματική σας κοιλότητα με νερό και φρυγανιά. Έπειτα σημειώστε τον αριθμό 1 (= λιγότερο γλυκό), 2 (=γλυκό) και 3 (=περισσότερο γλυκό) στον παρακάτω πίνακα.

ΚΩΔΙΚΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΓΛΥΚΥΤΗΤΑΣ
723	
986	
134	

Σας ευχαριστούμε για τη συμμετοχή σας!!!



## Δελτίο Προκαταρκτικής Οργανοληπτικής Εξέτασης

Όνοματεπώνυμο:.....  
Τηλέφωνο επικοινωνίας:.....  
Ηλεκτρονική διεύθυνση:.....  
Ημερομηνία:..... Ώρα:.....

### Μέρος 1<sup>ο</sup> –Κατάταξη

Σας προσφέρονται 5 δείγματα που φέρουν τυχαίους 3ψήφιους κωδικούς και σας ζητάμε να τα κατατάξετε με σειρά γλυκύτητας. Δοκιμάστε όλα τα δείγματα με τη σειρά που σας δίνονται στο παρακάτω πίνακα. Ανάμεσα σε κάθε δείγμα, ξεπλύνετε τη στοματική σας κοιλότητα με νερό και φρυγανιά. Έπειτα σημειώστε τον αριθμό 1 έως 5(όπου 1=λιγότερο γλυκό και 5=περισσότερο γλυκό) στον παρακάτω πίνακα.

ΚΩΔΙΚΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΓΛΥΚΥΤΗΤΑΣ
<b>516</b>	
<b>310</b>	
<b>953</b>	
<b>702</b>	
<b>390</b>	

Σας ευχαριστούμε για τη συμμετοχή σας!!!

## Δελτίο Προκαταρκτικής Οργανοληπτικής Εξέτασης

Όνοματεπώνυμο:.....  
Τηλέφωνο επικοινωνίας:.....  
Ηλεκτρονική διεύθυνση:.....  
Ημερομηνία:..... Ώρα:.....

### Μέρος 1<sup>ο</sup> – Δοκιμή ζεύγους

Σας προσφέρονται 8 δείγματα σε πλαστικό ποτηράκι που φέρουν ένα γράμμα. Σας παρακαλούμε να τα δοκιμάσετε με τη σειρά που σας δίνονται και να σημειώσετε αν πιστεύετε ότι είναι ίδιο με το δείγμα αναφοράς. Μετά από κάθε δοκιμή δείγματος, ξεπλένετε τη στοματική σας κοιλότητα με νερό και φρυγανιά. Έπειτα σημειώστε 'Ναι' αν πιστεύετε ότι το δείγμα που δοκιμάσατε είναι ίδιο με το δείγμα αναφοράς κι 'Όχι' αν πιστεύετε ότι είναι διαφορετικό.

ΚΩΔΙΚΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	'Α' ή όχι 'Α'
A	
B	
Γ	
Δ	
E	
Z	
H	
Θ	

Σας ευχαριστούμε για τη συμμετοχή σας!!!

## Δελτίο Προκαταρκτικής Οργανοληπτικής Εξέτασης

Όνοματεπώνυμο:.....

Τηλέφωνο επικοινωνίας:.....

Ηλεκτρονική διεύθυνση:.....

Ημερομηνία:..... Ώρα:.....

### Μέρος 1<sup>ο</sup> – Δοκιμή ζεύγους

Σας προσφέρονται 8 δείγματα σε πλαστικό ποτηράκι που φέρουν ένα γράμμα. Σας παρακαλούμε να τα δοκιμάσετε με τη σειρά που σας δίνονται και να σημειώσετε αν πιστεύετε ότι είναι ίδιο με το δείγμα αναφοράς. Μετά από κάθε δοκιμή δείγματος, ξεπλένετε τη στοματική σας κοιλότητα με νερό και φρυγανιά. Έπειτα σημειώστε 'Ναι' αν πιστεύετε ότι το δείγμα που δοκιμάσατε είναι ίδιο με το δείγμα αναφοράς κι 'Όχι' αν πιστεύετε ότι είναι διαφορετικό.

ΚΩΔΙΚΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	'Α' ή όχι 'Α'
3A0	
0B4	
9Γ2	
6Δ2	
5E8	
0Z7	
7H3	
8Θ6	

Σας ευχαριστούμε για τη συμμετοχή σας!!!

## Δελτίο Προκαταρκτικής Οργανοληπτικής Εξέτασης

Όνοματεπώνυμο:.....  
Τηλέφωνο επικοινωνίας:.....  
Ηλεκτρονική διεύθυνση:.....  
Ημερομηνία:..... Ώρα:.....

### Μέρος 1<sup>ο</sup> – Δοκιμή ζεύγους

Σας προσφέρονται 2 δείγματα σε πλαστικό ποτηράκι που φέρουν ένα γράμμα. Σας παρακαλούμε να τα δοκιμάσετε με τη σειρά που σας δίνονται και να σημειώσετε αν πιστεύετε ότι είναι ίδιο με το δείγμα αναφοράς. Μετά από κάθε δοκιμή δείγματος, ξεπλένετε τη στοματική σας κοιλότητα με νερό και φρυγανιά. Έπειτα σημειώστε 'Ναι' αν πιστεύετε ότι το δείγμα που δοκιμάσατε είναι ίδιο με το δείγμα αναφοράς κι 'Όχι' αν πιστεύετε ότι είναι διαφορετικό.

ΚΩΔΙΚΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	'Α' ή όχι 'Α'
<b>A</b>	
<b>B</b>	

Σας ευχαριστούμε για τη συμμετοχή σας!!!

Πίνακας 29. Ο αριθμός των δοκιμαστών που απαιτείται να κρίνουν σωστά σε δοκιμές ζεύγους ('Α' όχι 'Α') για διαφορετικά επίπεδα εμπιστοσύνης (Carpenter 2000).

Αριθμός δοκιμαστών	Επίπεδο σημαντικότητας		
	5%	1%	0.1%
7	7	7	-
8	7	8	-
9	8	9	-
10	9	10	10
11	9	10	11
12	10	11	12
13	10	12	13
14	11	12	13
15	12	13	14
16	12	14	15
17	13	14	16
18	13	15	16
19	14	15	17
20	15	16	18
21	15	17	18
22	16	17	19
23	16	18	20
24	17	19	20
25	18	19	21
26	18	20	22
27	19	20	22
28	19	21	23
29	20	22	24
30	20	22	24
31	21	23	25
32	22	24	26
33	22	24	26
34	23	25	27
35	23	25	27
36	24	26	28
37	24	26	29
38	25	27	29
39	26	28	30
40	26	28	30
41	27	29	31
42	27	29	32
43	28	30	32
44	28	31	33
45	29	31	34
50	32	34	37

**Πίνακας 30. Σύνολο βαθμών δοκιμής κατάταξης για επίπεδο σημαντικότητας 5% ( $p \leq 0.05$ ) (Carpenter 2000).**

Δοκιμαστές	Αριθμός δειγμάτων								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	4-14	4-17	4-20	4-23	5-25	5-28
4	-	5-11	5-15	6-18	6-22	7-25	7-29	8-32	8-36
5	-	6-14	7-18	8-22	9-26	9-31	10-35	11-39	12-43
6	7-11	8-16	9-21	10-26	11-31	12-36	13-41	14-46	15-51
7	8-13	10-18	11-24	12-30	14-35	15-41	17-46	18-52	19-58
8	9-15	11-21	13-27	15-33	17-39	18-46	20-52	22-58	24-64
9	11-16	13-23	15-30	17-37	19-44	22-50	24-57	26-64	28-71
10	12-18	15-25	17-33	20-40	22-48	25-55	27-63	30-70	32-78
11	13-20	16-28	19-36	22-44	25-52	28-60	31-68	34-76	36-85
12	15-21	18-30	21-39	25-47	28-56	31-65	34-74	38-82	41-91
13	16-25	20-32	24-41	27-51	31-60	35-69	38-79	42-88	45-98
14	17-25	22-34	26-44	30-54	34-64	38-74	42-84	46-94	50-104
15	19-26	23-37	28-47	32-58	37-68	41-79	46-89	50-100	54-111
16	20-28	25-39	30-50	35-61	40-72	45-83	49-95	54-106	59-117
17	22-29	27-41	32-53	38-64	43-76	48-88	53-100	58-112	63-124
18	23-31	29-43	34-56	40-68	46-80	51-93	57-105	62-118	68-130
19	24-33	30-46	37-58	43-71	49-84	55-97	61-110	67-123	73-136
20	26-34	32-48	39-61	45-75	52-88	58-102	65-115	71-129	77-143
21	27-36	34-50	41-64	48-78	55-92	62-106	68-121	75-135	82-149
22	28-38	36-52	43-67	51-81	58-96	65-111	72-126	80-140	87-155
23	30-39	38-54	46-69	53-85	61-100	69-115	76-131	84-146	91-162
24	31-41	40-56	48-72	56-88	64-104	72-120	80-136	88-152	96-168
25	33-42	41-59	50-75	59-91	67-108	76-124	84-141	92-158	101-174
26	34-44	43-61	52-78	61-95	70-112	79-129	88-146	97-163	106-180
27	35-46	45-63	55-80	64-98	73-116	83-133	92-151	101-169	110-187
28	37-47	47-65	57-83	67-101	76-120	86-138	96-156	106-174	115-193
29	38-49	49-67	59-86	69-105	80-123	90-142	100-161	110-180	120-199
30	40-50	51-69	61-89	72-108	83-127	93-147	104-166	114-186	125-205