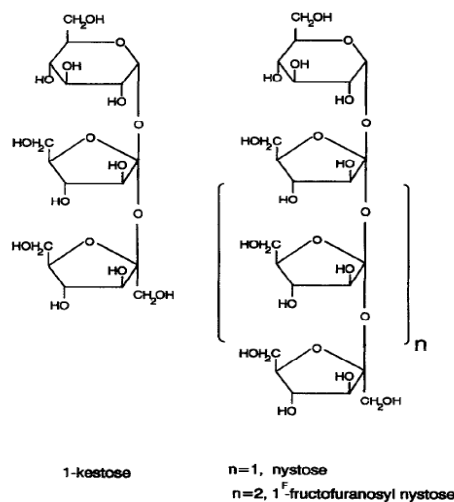


ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ  
ΠΜΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ  
& ΔΙΑΤΡΟΦΗ ΑΝΘΡΩΠΟΥ

Προσδιορισμός φρουκτοολιγοσακχαριτών (FOS) με FT-IR σε  
δημητριακά. Επίδραση των FOS ως υποκατάστατα  
σακχαρόζης στα φυσικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά  
εμπορικών επιδορτίων με βάση το άμυλο



Πρωτονοταρίου Στυλιανή

ΑΘΗΝΑ 2011

Ευχαριστώ θερμά την καθηγήτριά μου κα Ι. Μαντάλα για την καθοδήγησή της και τις πολύτιμες συμβουλές της. Επίσης, ευχαριστώ τους κκ. Π.Ταραντίλη και Χ.Παππά για τη συνεργασία στα θέματα φασματοσκοπίας, την κα Β.Ευαγγελίου για τη βοήθεια σε θέματα ρεολογίας και τον κο Ε.Αναγνωσταρά για την άριστη συνεργασία στο χώρο του εργαστηρίου.

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ : ΜΑΝΤΑΛΑ Ι.

ΜΕΛΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ : ΓΙΑΝΝΙΩΤΗΣ Σ.

ΕΥΑΓΓΕΛΙΟΥ Β.

## Περίληψη

Οι κύριοι στόχοι της μελέτης είναι

- i. Ποσοτικός προσδιορισμός φρουκτοολιγοσακχαριτών (FOS) σε διαφορετικά κλάσματα άλεσης σιταριού.
- ii. Μερική αντικατάσταση σουκρόζης σε αμυλούχα επιδόρπια και μελέτη φυσικών και οργανοληπτικών ιδιοτήτων τους.

Αρχικά έγινε χαρακτηρισμός και σύγκριση των κλασμάτων άλεσης σε σχέση με τα FOS που περιέχουν χρησιμοποιώντας Diffuse Reflectance Infrared Fourier Transform spectroscopy (DRIFTS). Τα επιδόρπια γλυκά (π.χ κρέμα καραμελέ) έγιναν με προοδευτική αντικατάσταση της σουκρόζης με FOS (10%- 50% υποκατάσταση). Ακολούθησαν ρεολογικά πειράματα. Τα δείγματα ψύχθηκαν από τους 85°C στους 5°C και καταγράφηκαν ο  $G'$  (ελαστικός χαρακτήρας) και ο  $G''$  (χαρακτήρας αποθήκευσης). Στο τέλος της ψύξης καταγράφηκε η μεταβολή των  $G'$  και  $G''$  σε σχέση με τη συχνότητα. Επίσης μελετήθηκαν οι μηχανικές ιδιότητες με σκοπό να καταγραφούν οι αλλαγές στη δομή των επιδορπίων κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης. Τέλος, έγινε οργανοληπτική αξιολόγηση των τελικών προϊόντων από εκπαιδευμένη ομάδα δοκιμαστών.

Τα διαφορετικά κλάσματα άλεσης έχουν διαφορετική συγκέντρωση σε FOS. Μεταξύ των κορυφών που βρέθηκαν η πιο σημαντική ήταν στα 1158  $\text{cm}^{-1}$ . Σημαντικές επίσης είναι οι κορυφές που χαρακτηρίζουν τα  $\beta$  και  $\alpha$  ανωμερή. Οι τρεις αυτές κορυφές είναι ενδεικτικές για την ποσότητα των FOS στα διάφορα κλάσματα άλεσης. Το αλεύρι σίτου φέρει μεγαλύτερες ποσότητες FOS από το αντίστοιχο πύτουρο σίτου. Για όλα τα δείγματα με ή χωρίς FOS σε αρχική θερμοκρασία 85 °C το  $G'$  ήταν μεγαλύτερο από  $G''$  υποδεικνύοντας ότι τα δείγματα, αν και σε υγρή φάση, φέρουν χαρακτηριστικά πηκτής σε μία σχετικά υψηλή θερμοκρασία. Η παρουσία των FOS είχε εμφανή επίδραση στη τελική δύναμη του δικτύου που σχηματίζεται στους 5 °C. Οι υποκαταστάσεις σουκρόζης με FOS μέχρι και το ποσοστό των 30% δεν γίνεται αντιληπτή από τους δοκιμαστές. Περαιτέρω όμως αύξηση επιφέρει αντιληπτή διαφοροποίηση στην γλυκύτητα της κρέμας καραμελέ. Η κρέμα καραμελέ με 10% υποκατάσταση σουκρόζης παρουσιάζει σταθερή οργανοληπτική αξία κατά την αποθήκευση.

## Abstract

The main objectives of this study were: a) to determine the FOS amount in different milling fractions of wheat flour and b) to partially replace sucrose with FOS in starch based desserts.

Measurements involved the characterization and comparison of milling fractions with respect to FOS they contained by using Diffuse Reflectance Infrared Fourier Transform spectroscopy (DRIFTS). Desserts (e.g. Cream Caramel) were made by progressively replacing their sucrose content with FOS (10-30% substitution). Small-deformation oscillatory measurements were performed. Samples were cooled from 85°C to 5°C.  $G'$  (elastic modulus) and  $G''$  (storage modulus) were measured during cooling. At the end of cooling, a full mechanical spectrum was recorded to show the variation of  $G'$  and  $G''$  with frequency ( $\omega$ ). Sensory evaluation of these products was also performed by a team of trained panelists.

According to the results found, different milling fractions had different amount of FOS. Among the bands found, the most important were the one at 1158  $\text{cm}^{-1}$  and the bands for b and a anomeric. It indicated that wheat flour had more FOS than coarse bran. For all samples, with and without FOS, at the initial loading temperature of 85°C,  $G'$  was greater than  $G''$  showing that the sample, although fluid, already had a substantial gel-like character at high temperature. Moreover, the presence of FOS had an obvious effect on the final strength of the network at 5°C. The recorded mechanical spectra showed that all samples shared a similar gel-like character. In fresh samples panelists did not find significant differences between the samples with 100% sucrose and 70 %sucrose-30% FOS. A further substitution at 50% resulted in distinguish differences to control samples. A substitution of sucrose with FOS at 10% indicated sensorial quality stability in a short storage period for the cream caramel samples. Thus, samples of similar sensory quality to the control ones can be produced at low FOS replacement, which in addition have improved storage stability

## Περιεχόμενα

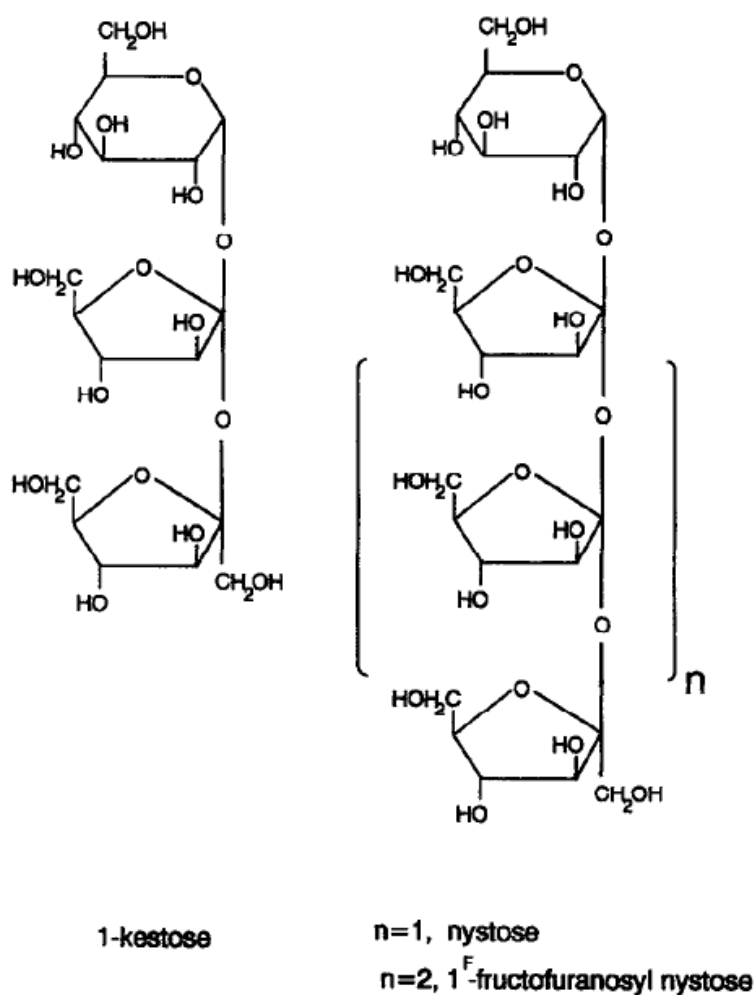
Περίληψη.....	2
Abstract.....	3
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	6
1.1 Φρουκτοολιγοσακχαρίτες (FOS).....	6
1.1.1 Παραγωγή FOS.....	7
1.1.2 Φυσικοχημικές Ιδιότητες FOS.....	9
1.1.3 FOS ως διαιτητική ίνα.....	10
1.1.4 Προσδιορισμός FOS.....	11
1.2 Σιτάρι ( <i>Triticum aestivum</i> ).....	12
1.2.1 Κλάσματα άλεσης.....	13
1.2.2 Υδατάνθρακες και Διαιτητικές ίνες.....	15
1.3 Επιδόρπια με βάση το άμυλο.....	18
1.4 Οργανοληπτική Αξιολόγηση.....	20
1.4.1 Ιστορική αναδρομή.....	20
1.4.2 Αξία Οργανοληπτικού Ελέγχου.....	20
1.4.3 Μέθοδοι Οργανοληπτικού Ελέγχου.....	21
1.4.4 Βασικές Αισθήσεις.....	22
1.4.5 Εκτιμητές Οργανοληπτικών Χαρακτηριστικών.....	27
2 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	28
2.1 Πρώτες Ύλες.....	28
2.2 Προετοιμασία Δειγμάτων.....	29
2.3 Όργανα και Συσκευές.....	29
2.4 Λειτουργία Οργάνων και Μεθοδολογία.....	30
2.4.1 Φασματοφωτόμετρο.....	30
2.4.2 Ρεόμετρο.....	36
3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	42

3.1	Φασματοφωτομετρία Υπερύθρου (IR) .....	42
3.1.1	Γενικά.....	42
3.1.2	Ανάλυση Φάσματος FOS.....	43
3.1.3	Κλάσματα άλεσης .....	44
3.1.4	Σύγκριση φασμάτων φρουκτοολιγοσακχαρίτη- αλεύρων - πίτουρων	46
3.2	Ρεολογία .....	55
3.3	Οργανοληπτική Αξιολόγηση.....	60
3.3.1	Τριγωνικά Τεστ .....	60
3.3.2	Φρέσκα Δείγματα Κρέμας Καραμελέ.....	62
3.3.3	Αποθηκευμένα Δείγματα.....	65
4	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	68
5	Βιβλιογραφία.....	70
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	74

# 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## 1.1 Φρουκτοολιγοσακχαρίτες (FOS)

Ο όρος φρουκτοολιγοσακχαρίτης (FOS) συχνά χρησιμοποιείται για την περιγραφή του  $1^F(1\text{-}\beta\text{-D-fructofuranosyl})_n\text{-sucrose}$  (Yun 1996, Bielecki, 2004). Είναι ολιγομερή φρουκτόζης με γενική μορφή GF<sub>n</sub>, όπου το n παίρνει τιμές 2-4. Πρόκειται για άπεπτους ολιγοσακχαρίτες που σχηματίζονται είτε από την υδρόλυση της ινουλίνης είτε με ενζυμική σύνθεση από τη σουκρόζη (Institute of Food Science & Technology, 2007).



Σχήμα 1 Χημική σύσταση φρουκτοολιγοσακχαρίτη (Yun, 1996)

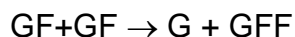
Οι φρουκτοολιγοσακχαρίτες προσδίδουν σχεδόν μηδενικές θερμίδες και χρησιμοποιούνται ως υποκατάστατη γλυκαντική ουσία. Τα δημητριακά είναι πλούσια σε φυτοχημικά και ίνες. Έτσι, η παρουσία των FOS σε αυτά θα μπορούσε να βελτιώσει περαιτέρω το προφίλ τους. Επιπρόσθετα, η αύξηση

της ποσότητας των FOS στα αμυλούχα επιδόρπια βελτιώνει τις φυσικές και οργανοληπτικές ιδιότητές τους, δίνοντάς τους υψηλότερη διατροφική αξία.

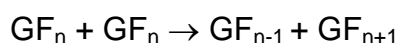
### 1.1.1 Παραγωγή FOS

Η παραγωγή του FOS γίνεται με trans-φρουκτοσυλίωση του κατάλληλου υποστρώματος, με τη δράση ενζύμων προερχόμενα είτε από φυτά (π.χ ζαχαρότευτλα, σιτάρι) είτε από μικροοργανισμούς, *Aureobasidium* sp. και *A. niger* (Yan et al., 1992). Η προέλευση του ενζύμου καθορίζει και την σύνθεση του FOS. Η απόδοση της παραγωγής τους από ένζυμα φυτικής προέλευσης είναι χαμηλή και η μαζική παραγωγή των ενζύμων περιορισμένη εξαιτίας της εποχικότητας που παρουσιάζεται. Έτσι, η μαζική παραγωγή έχει προσανατολιστεί στα ένζυμα μυκήτων (Yan, 1996).

Η βιομηχανική παραγωγή γίνεται με τη δράση των ενζύμων κυρίως σε ινουλίνη και σουκρόζη. Οι διαφορετικές ροές παραγωγής οδηγούν και σε διαφορετικά τελικά προϊόντα. Η ινουλίνη δίνει φρουκτοολιγομερή μεγαλύτερης αλυσίδας σε σχέση με εκείνα της σουκρόζης (Franck, 2002). Το ένζυμο που δρα στη σουκρόζη είναι η φρουκτοσυλ-τρανσφεράση και ο μηχανισμός δράσης εξαρτάται από την πηγή του. Όταν η σουκρόζη χρησιμοποιείται μαζί με τη γλυκόζη ως υπόστρωμα δεν παρατηρείται δράση του ενζύμου. Όταν μόνο η σουκρόζη χρησιμοποιηθεί ως υπόστρωμα, τότε υπάρχει παραγωγή γλυκόζης και 1-κεστόζης. Η αναλογία γλυκόζης προς 1-κεστόζης είναι 1:1, υποδεικνύοντας ότι υπάρχει ένας μηχανισμός δράσης, π.χ. η σουκρόζη δρα είτε ως δότης είτε ως δέκτης, έτσι ώστε 1 mol της γλυκόζης και 1 mol της 1-κεστόζης να σχηματίζονται ταυτόχρονα από 2 mol σουκρόζης



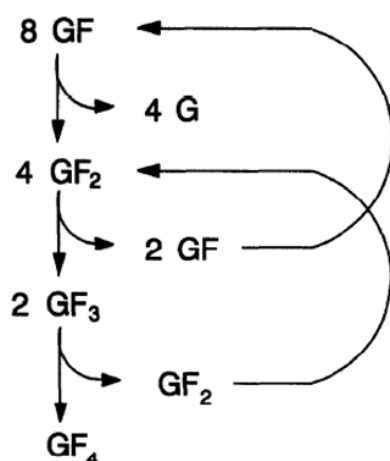
Παρόμοια αντίδραση βρέθηκε και σε άλλα υποστρώματα όπως η 1-κεστόζη και η νυστόζη. Η σουκρόζη και η κεστόζη παράγονται από 1-κεστόζη, όταν 1-κεστόζη και η fructofuranosyl nystose σχηματίστηκαν από τη νυστόζη. Από τα παραπάνω προκύπτει μια γενική έκφραση της ενζυμικής αντίδρασης:





Εάν το  $n$  είναι ίσο με 1 το  $GF_{n-1}$  γίνεται  $GF_0$  που είναι η γλυκόζη. Στο Σχήμα 2 φαίνεται ο μηχανισμός ενζυμικής δράσης και τα παραγόμενα προϊόντα. Η σουκρόζη ως αρχικό υπόστρωμα μέσω διαδοχικών δράσεων-βημάτων αποδίδει 1-κεστόζη, νιστόζη και φρουκτονιστόζη (η φρουκτόζη στη μορφή του φουρανικού δακτυλίου). Όπως φαίνεται η δράση του ενζύμου οδηγεί σε απελευθέρωση γλυκόζης (Yun., 1996).

Η πρώτη επιτυχημένη εμπορική, βιομηχανική παραγωγή τους έγινε στην Ιαπωνία το 1984 από την Meiji Seika Co., με την εμπορική ονομασία Neosugar με τη χρήση του ενζύμου *Aspergillus niger*. Η Cheil Foods & Chemical Co. πέτυχε τη βιομηχανική παραγωγή των FOS χρησιμοποιώντας κύτταρα *A. pullulans* (Yan, 1992, 1996).

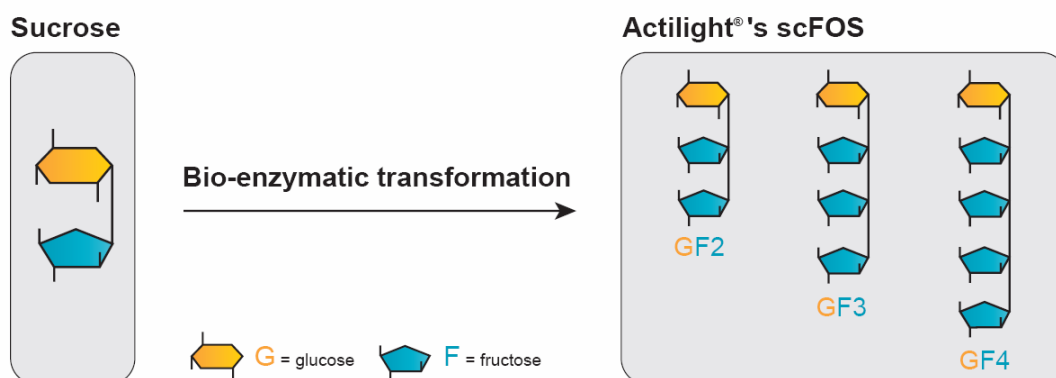


Σχήμα 2 Μηχανισμός δράσης για την παραγωγή φρουκτοολιγοσακχαριτών από σουκρόζη που καταλύεται από φρουκτοσυλτρανσφεράση προερχόμενη από *A.pullulans*. Τα G, GF, GF<sub>2</sub>, GF<sub>3</sub> και GF<sub>4</sub> σημαίνουν γλυκόζη, σουκρόζη, 1-κεστόζη, νιστόζη και 1F-fructofuranosyl nystose (Jung et al., 1989).

### FOS Actilight

Ο φρουκτοολιγοσακχαρίτης που χρησιμοποιήθηκε στη παρούσα μελέτη παράχθηκε από σουκρόζη ζαχαρότευτλου με τη χρήση μιας βητα-φρουκτο-φουρανοσιδάσης, ένζυμο που προέρχεται από τον μύκητα *Aspergillus niger*. Χρησιμοποιείται προκειμένου να γίνει η σύνδεση μεταξύ μορίων φρουκτόζης από το ένα μόριο σουκρόζης στο άλλο. Οι ενώσεις που προκύπτουν είναι η 1-κεστόζη (GF<sub>2</sub>), η νιστόζη (GF<sub>3</sub>) και η

φρουκτοσιλινιστόζη (GF4) (Σχήμα 3). Έτσι το τελικό προϊόν έχει 95% περιεκτικότητα σε FOS μικρής αλυσίδας ([www.beghin-meiiji.com](http://www.beghin-meiiji.com)).



Σχήμα 3 Ο συγκεκριμένος φρουκτοολιγοσακχαρίτης παράγεται βιομηχανικά από ζαχαρότευτλο με ενζυματική δράση ( scFOS= shortchain FrustOligoSaccharides )

Πίνακας 1 Φυσικοχημικές Ιδιότητες scFOS Actilight 950P ([www.actilight.com](http://www.actilight.com))

Χαρακτηριστικό	Τιμή
Ξηρά Ουσία	FOS 95% ± 2%, GF4 10%± 6%, GF3 53% ± 6%, GF2 37%± 6%
Υγρασία	≤ 3,3 g/ 100g
Φρουκτοολιγοσακχαρίτες	≥ 93 g/100g
Σάκχαρα	≤ 7 g/ 100g
pH (20°C, 30%w/v)	6.5± 1
Φαινόμενη πυκνότητα (20°C)	~ 0,5- 0,6 g/ml
Γλυκαντική δύναμη (10% διάλυμα)	~ 30%, %/ της σουκρόζης
Θερμίδες	2 kcal/g

### 1.1.2 Φυσικοχημικές Ιδιότητες FOS

Το ιξώδες του διαλύματος FOS είναι σχετικά υψηλότερο από αυτό της σουκρόζης στις ίδιες συγκεντρώσεις, και η θερμική σταθερότητα είναι επίσης μεγαλύτερη από εκείνη της σουκρόζης (Neosugar User's guide, Meiji Seika Co., Kawasakishi, Japan, 1982).

Επίσης, οι φρουκτοολιγοσακχαρίτες είναι πολύ σταθεροί σε κανονικά pH για τα τρόφιμα (4,0- 7,0) και σε θερμοκρασίες ψυγείου για χρονικό διάστημα πάνω από ένα έτος. Αν και υπήρξαν ελάχιστες δημοσιευμένες

μελέτες που συγκρίνουν τις φυσικοχημικές ιδιότητες των FOS και της σουκρόζης, υπάρχει μια ισχυρή ένδειξη ότι οι FOS μοιάζουν με τη σουκρόζη σε πολλές ιδιότητες, όπως τη διαλυτότητα, σημείο ψύξης και ζέσης, κλπ. (Yun, 1996).

### 1.1.3 FOS ως διαιτητική ίνα

Ως φυτικές ίνες ορίζονται οι άπεπτοι υδατάνθρακες συν τη λιγνίνη, και περιλαμβάνουν μη αμυλούχους πολυσακχαρίτες (NSP)- κυτταρίνες, ημικυτταρίνες, πηκτίνες, υδροκολλοειδή (όπως κόμμεα και β-γλυκάνες), ανθεκτικούς ολιγοσακχαρίτες- φρουκτο-ολιγοσακχαρίτες (FOS), γαλακτο-ολιγοσακχαρίτες (GOS), άλλους ανθεκτικούς ολιγοσακχαρίτες, ορισμένα είδη πρωτογενών αμυλόκοκκων, χημικά ή / και τα φυσικώς τροποποιημένα άμυλα.

Κύριες πηγές φυτικών σακχάρων είναι τα φρούτα, όπως τα μούρα, οι φυσικοί χυμοί φρούτων, ορισμένα λαχανικά, το γάλα και τα γαλακτοκομικά προϊόντα, καθώς και τα τρόφιμα που περιέχουν πρόσθετη σουκρόζη και προϊόντα υδρόλυσης αμύλου (π.χ, σιρόπι γλυκόζης, υψηλής συγκέντρωσης φρουκτόζη σε σιρόπι), όπως είναι ανθρακούχα αναψυκτικά και γλυκά. Κύριες διαιτητικές πηγές αμύλου είναι το ψωμί και άλλα προϊόντα δημητριακών, πατάτες και όσπρια.

Η επαρκής πρόσληψη των φυτικών ινών είναι το πλέον κατάλληλο κριτήριο για τη σωστή λειτουργία του εντέρου. Με βάση τα διαθέσιμα στοιχεία σχετικά με τη λειτουργία του εντέρου, θεωρείται ότι η πρόσληψη 25 g φυτικών ινών την ημέρα σε ενήλικες είναι επαρκής για κανονική λειτουργία του εντέρου. Για την πρόσληψη στα παιδιά δεν υπάρχουν επαρκή στοιχεία. Τα 2 g ανά MJ θεωρείται επαρκής πρόσληψη για κανονική λειτουργία του εντέρου σε παιδιά ηλικίας ενός έτους.

Οι ειδικοί σημειώνουν ότι η καλή ανθρώπινη υγεία στηρίζεται σε δίαιτες με τρόφιμα πλούσια σε φυτικές ίνες που οδηγούν σε συνολική πρόσληψη ινών πάνω από 25 g την ημέρα. Έτσι έχουν συνδέσει αυτές τις δίαιτες με μειωμένο κίνδυνο στεφανιαίας νόσου και διαβήτη τύπου 2 και με τη βελτιστοποίηση του σωματικού βάρους. Τέτοια στοιχεία θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την ανάπτυξη διατροφικών οδηγιών (European Food Safety Authority, 25/3/2010).

### 1.1.4 Προσδιορισμός FOS

Ο προσδιορισμός των διαιτητικών ινών είναι ένα θέμα που τα τελευταία χρόνια απασχολεί σε μεγάλο βαθμό τους διεθνείς οργανισμούς τροφίμων. Ο προσδιορισμός τους είναι δύσκολος και καμία μέθοδος του AOAC (Association of Analytical Communities) δεν μπορεί να υπολογίσει όλες τις άπεπτες ίνες στα τρόφιμα. Συγκεκριμένα, κάποιοι ολιγοσακχαρίτες δεν μπορούν καθόλου να μετρηθούν, ενώ μόνο τμήματα κάποιων διαιτητικών ινών όπως αμύλου, πολυδεξτρόζης, φρουκτοολιγοσακχαριτών και ανθεκτικών ολιγοσακχαριτών, υπολογίζονται ποσοτικά (Codex Alimentarius Commission, 2009). Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται οι μέθοδοι που προτείνονται ως οι πλέον κατάλληλες για τον προσδιορισμό φρουκτοολιγοσακχαριτών σε τρόφιμα. Η προσπάθεια για τον ορισμό προτύπων για τον υπολογισμό των διαιτητικών ινών στα τρόφιμα δεν έχει ολοκληρωθεί. Η επιτροπή του Codex για τη Διατροφή και τα Τρόφιμα για Ειδική Δίαιτα (Codex Committee on Nutrition and Foods for Special Dietary 33 Session) θα συνεδριάσει και θα συζητήσει πάλι επί του θέματος 14-18 Νοεμβρίου του 2011 στη Γερμανία.

Πίνακας 2 Μέθοδοι προσδιορισμού των φρουκτοολιγοσακχαριτών στα τρόφιμα (Codex Alimentarius Commission, 2009)

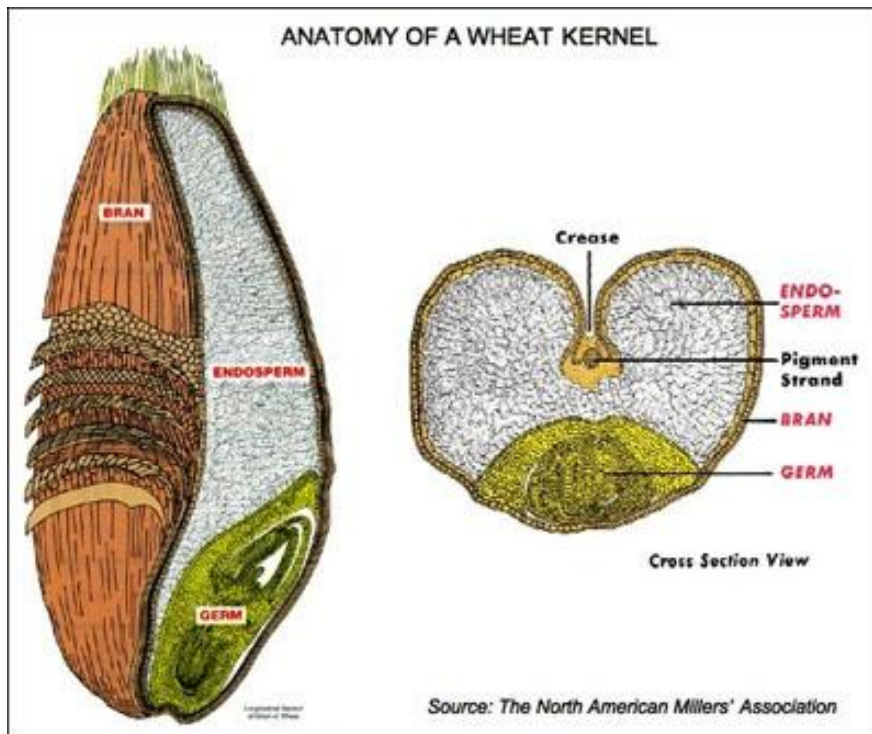
Μέθοδος	Πρώτη αναφορά μεθόδου	Τύπος	Χαρακτηριστικά
AOAC 997.08	Hoebregs, 1997	Ενζυματική δράση και HPAEC-PAD	Δεν επηρεάζεται από το τρόφιμο λόγω της χρήσης της χρωματογραφικής μεθόδου HPAEC-PAD. Όχι πολύ απλή αλλά χρησιμοποιείται ευρέως.
AOAC 999.03	McCleary & Blakeney, 1999 McCleary et al., 2000	Ενζυματική δράση και χρωματομετρία	Υπερεκτίμηση της περιεκτικότητας των ινών μπορεί να γίνει εξαιτίας του τροφίμου που δρα στη χρωματομετρία. Μόνο κάποια εργαστήρια την χρησιμοποιούν και δεν χρειάζεται ιδιαίτερος εξοπλισμός.
Ouarne, 1999		HPAEC-PAD	

## 1.2 Σιτάρι (*Triticum aestivum*)

Ο σπόρος του σιταριού όπως και άλλων σιτηρών είναι καρύοψη και αποτελείται από τρία κύρια μέρη, το περικάρπιο, το ενδοσπέρμιο και το έμβρυο (Σχήμα 4). Ο καρπός είναι κατ' εξοχήν αμυλούχος. Το περικάρπιο αποτελείται από αρκετά στρώματα φυτικών ιστών, που προέρχονται από τα τοιχώματα της ωοθήκης και δημιουργεί ένα λεπτό προστατευτικό κάλυμμα σε όλη την επιφάνεια του σπόρου. Το ενδοσπέρμιο καλύπτει το εσωτερικό του σπόρου, εκτός του χώρου που καταλαμβάνει το έμβρυο. Ο κύριος όγκος αλεύρου βρίσκεται σε ένα στρώμα μεταξύ του περικάρπιου και του ενδοσπερμίου. Τα διαλυτά σάκχαρα είναι κυρίως στο έμβρυο και οι πολυσακχαρίτες στο περίβλημα. Το εξωτερικό τμήμα των κυττάρων του ενδοσπερμίου αποτελεί την αλευρώνη που είναι το εσωτερικό μέρος των πίτουρων. Σε σπόρους καλά αναπτυγμένους, η αλευρώνη αποτελεί το 3-4 % του σπόρου και το ενδοσπέρμιο το 80-85 % (Καραμάνος, 1994, Inglett, 1974). Η σύσταση των διαφορετικών τμημάτων του καρπού του σιταριού δίνεται στον Πίνακα 3. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό η σύνδεση της σύστασης των επιμέρους τμημάτων του καρπού με τα προϊόντα άλεσης. Στη συγκεκριμένη μελέτη εξετάζεται η σύσταση σε σάκχαρα και συγκεκριμένα σε φρουκτοολιγοσακχαρίτες στα διάφορα κλάσματα άλεσης. Ωστόσο, όπως φαίνεται από την παραπάνω εισήγηση, η τελική σύσταση των κλασμάτων άλεσης καθορίζεται από την περιεκτικότητα των διάφορων τμημάτων του καρπού στα επιμέρους συστατικά.

Πίνακας 3 Σύσταση διαφορετικών τμημάτων του καρπού σιταριού (Aykroyd and Doughty, 1970)

ΜΕΡΗ ΚΑΡΠΟΥ	ΠΡΩΤΕΙΝΗ %	ΛΙΠΟΣ %	ΑΜΥΛΟ %	ΑΝΑΓΟΝΤΑ ΣΑΚΧΑΡΑ %	ΠΕΝΤΟΖΑΝΕΣ %	ΚΥΤΤΑΡΙΝΗ %	ΤΕΦΡΑ %
ΟΛΟΚΛΗΡΟΣ	12	1,8	58,5	2	6,6	2,3	1,8
ΠΕΡΙΚΑΡΠΙΟ	7,5	0	0	0	34,5	38	5
ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΕΝΔΟΣΠΕΡΜΙΟ	16	2,2	62,7	1,6	1,4	0,3	0,8
ΕΜΒΡΥΟ	26	10	0	26	6,5	2	4.5



Σχήμα 4 Ανατομία καρπού σίτου (περικάρτιο, ενδοσπέρμιο, έμβρυο)

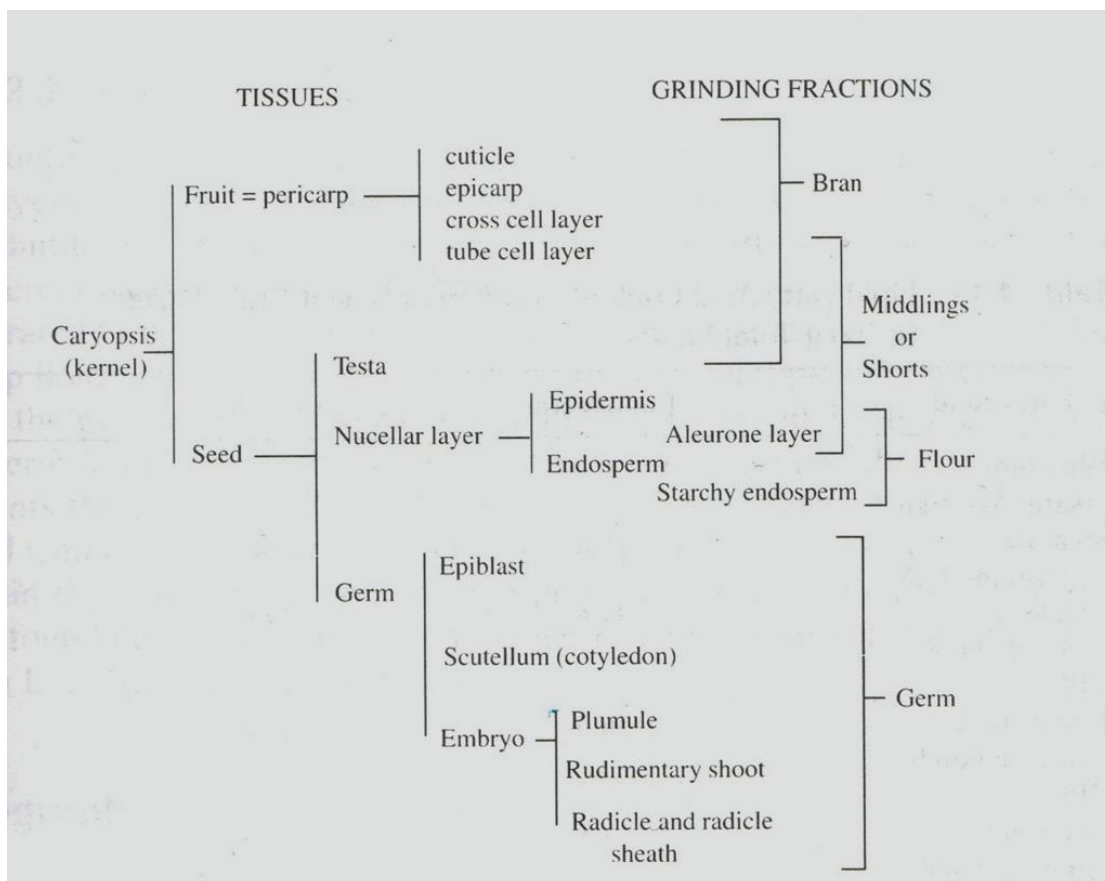
### 1.2.1 Κλάσματα άλεσης

Η ποιότητα του αλεύρου εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως ο τρόπος καλλιέργειας του καρπού, τα γενετικά χαρακτηριστικά του, η άλεση του και το πώς προσαρμόζεται ανάλογα με τη τελική χρήση (Gilles & Sibbitt, 1974).

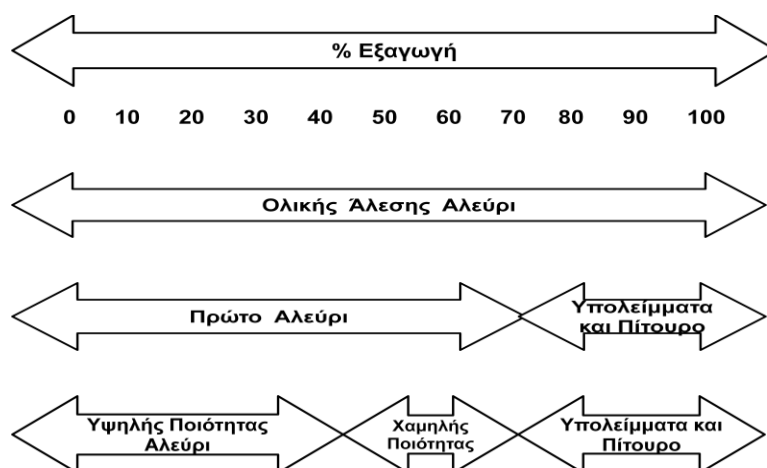
Όταν οι καρποί του σίτου οδηγηθούν στην άλεση, σύνθετα συστήματα χρησιμοποιούνται ώστε να απομονωθεί το μεγαλύτερο ποσοστό αλεύρου που φτάνει το λιγότερο στα 72% του βάρους του καρπού. Το υπόλοιπο ποσοστό του σίτου που απομένει αποτελεί το υποπροϊόν της άλεσης. Διαφορετικές ροές άλεσης μπορούν να συνδυαστούν για την παραγωγή διαφόρων κλασμάτων άλεσης με ιδιαίτερη σύσταση. Στη παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκαν τρία βασικά κλάσματα άλεσης: το αλεύρι, το πίτουρο και τα middlings.

Όσον αφορά τα πίτουρα είναι ένα μίγμα του εξωτερικού τμήματος του καρπού, αλεύρου και ίχνη από άλλα τμήματα. Τα πίτουρα αποτελούν το 50% της συνολικής παραγωγής υποπροϊόντων άλεσης.

Τα Wheat Middlings (midds), με την ελληνική εμπορική ονομασία: *βητές*, περιλαμβάνουν το στρώμα του καρπού εσωτερικά του περιβλήματος του πίτουρου, αλεύρι, τμήματα πίτουρου και δύνανται να περιέχουν τμήματα ζιζανίων. Θεωρούνται υποπροϊόντα άλεσης και αποτελούν το 45% της συνολικής παραγωγής υποπροϊόντων άλεσης (Inglett, 1974). Στο Σχήμα 5 γίνεται μια σχηματική απεικόνιση των διαφόρων τμημάτων του καρπού και των διαφόρων κλασμάτων άλεσης που προκύπτουν από αυτά. Υπ' όψιν πρέπει να ληφθεί ότι διάφορες προσμίξεις των ρών άλεσης μπορούν να δώσουν και πολλά διαφορετικής ποιότητας αλέσματα που συσχετίζονται με την αναλογία των διαφόρων τμημάτων (πίτουρα κλπ). Έτσι σημαντική είναι η απόδοση της άλεσης. Υψηλότερη απόδοση αυξάνει την περιεκτικότητα σε εξωτερικούς ιστούς (Σχήμα 6).



Σχήμα 5 Σχηματικό διάγραμμα ιστολογικής σύνθεσης δημητριακού καρπού (Godon B., 1991)



Σχήμα 6 Τυπική διαβάθμιση παραγόμενου αλεύρου σε μύλους. Το αλεύρι σίτου ολικής άλεσης αντιπροσωπεύει το 100% της εξαγωγής (δεύτερη γραμμή), αλλά μπορεί να διαιρεθεί σε καθαρό αλεύρι, πίτουρα και λοιπά (τρίτη γραμμή). Το καθαρό αλεύρι μπορεί να διαιρεθεί σε υψηλής και χαμηλής ποιότητας άλευρα (τελευταία γραμμή) (Hoseney, 1998)

### 1.2.2 Υδατάνθρακες και Διαιτητικές ίνες

Το αλεύρι και τα υπόλοιπα κλάσματα άλεσης του σίτου είναι καλές πηγές φυτικών ινών ιδιαιτέρως των αδιάλυτων (Πίνακας 4). Το σιτάρι περιέχει κατά μέσο όρο 2,8% σάκχαρα, συμπεριλαμβανόμενα τους ολιγοσακχαρίτες. Στα σάκχαρα αυτά περιλαμβάνονται μικρά ποσοστά γλυκόζης (0,09%) και φρουκτόζης (0,06%), μεγαλύτερα ποσοστά σουκρόζης (0,84%) και ραφινόζης (0,33%), και πολύ μεγαλύτερα ποσοστά γλυκοφρουκτοζανών (1,45%). Οι γλυκοφρουκτοζάνες, περιέχουν σουκρόζη ως το μικρότερο μέλος της αλυσίδας. Το αμέσως μεγαλύτερο μέλος είναι ένας ολιγοσακχαρίτης, η δομή του οποίου φαίνεται στο Σχήμα 7 (Hoseney R.Carl, 1998).

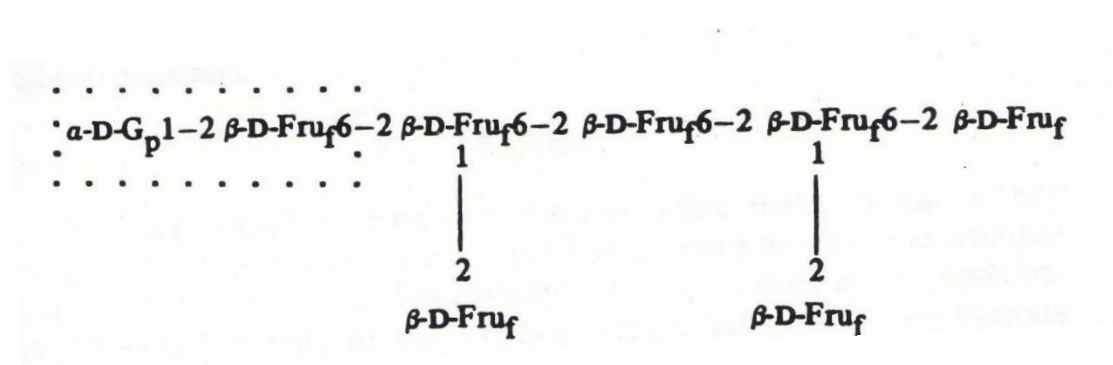
Πίνακας 4 Συνολικές και Διαλυτές Φυτικές ίνες σε κλάσματα άλεσης σίτου (Ranhotra et al., 1990)

Προϊόν	Σύνολο Φυτικών Ινών %	Διαλυτές Ίνες %	Νερό %
Καθαρό αλεύρι	2,51	1,09	15
Αλεύρι μίγμα	2,50	1,31	14,7
Αλεύρι ολικής άλεσης	10,24	1,32	15,9
Έμβρυο	9,31	1,14	14,3
Πίτουρο	44,03	2,10	15,6

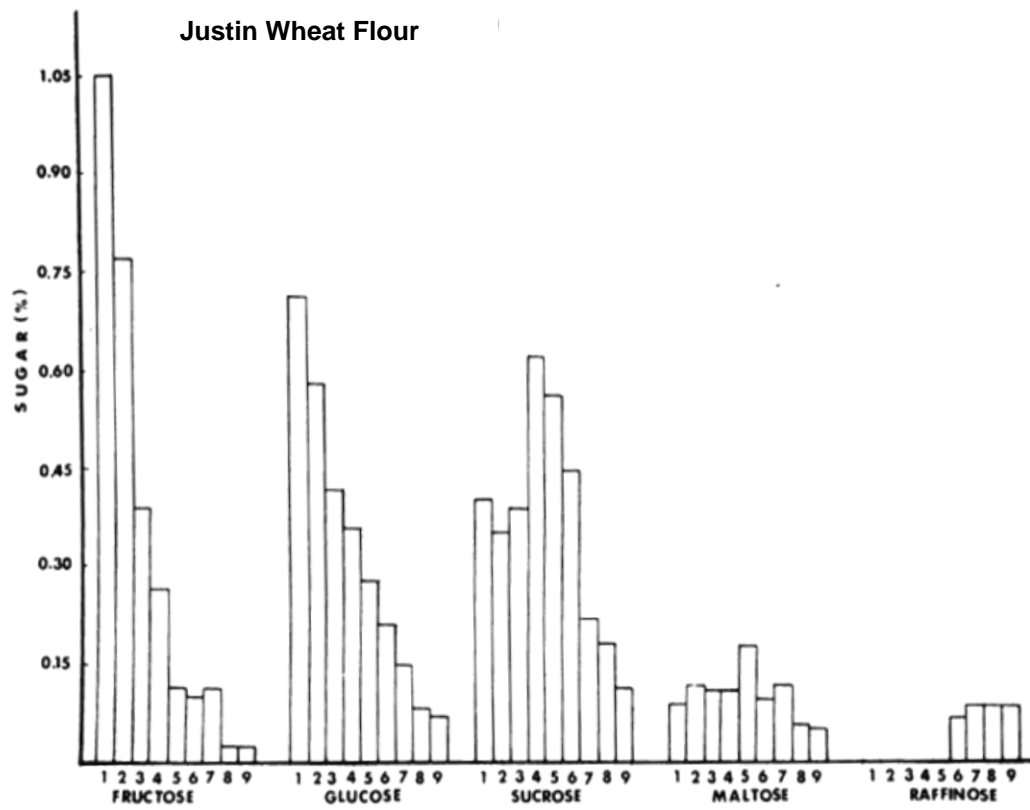


Η σύσταση των υδατανθράκων και η συγκέντρωση των σακχάρων διαφοροποιείται στα διάφορα μέρη του καρπού. Έτσι, το εξωτερικό τμήμα του καρπού (πίτουρο) καλύπτει το στρώμα αλεύρου, που είναι πλούσιο σε άμυλο. Όπως προαναφέρεται ο κύριος υδατάνθρακας που βρίσκεται στο ενδοσπέρμιο είναι το άμυλο. Άλλοι υδατάνθρακες είναι ελεύθερα σάκχαρα, γλυκοφρουκτάνες και πεντοζάνες (D'Arrollonia and Rayas-Duarte, 1994). Τα σάκχαρα και οι γλυκοφρουκτάνες που βρίσκονται στο ενδοσπέρμιο ανήκουν στα δευτερεύοντα συστατικά του, με συγκεντρώσεις 1-2% w/w. Γλυκόζη, φρουκτόζη, σουκρόζη και ραφινόζη είναι κάποια από αυτά τα σάκχαρα. Επίσης στο ενδοσπέρμιο υπάρχει ο κύριος όγκος γλυκοφρουκτανών. Το έμβρυο του σιταριού περιέχει το 24% από τη συνολική συγκέντρωση σακχάρων, κυρίως ραφινόζη και σουκρόζη (Hoseney R. Carl, 1998).

Η συγκέντρωση των σακχάρων στο καρπό διαφοροποιείται ανάλογα με το στάδιο ωρίμανσής του (Σχήμα 8). Κατά την εξέταση δειγμάτων αλεύρου της ποικιλίας Justin (T.aestivum) παρατηρήθηκε ότι κατά τα τελευταία στάδια ωρίμανσης τα ελεύθερα σάκχαρα μειώνονται σημαντικά. Όπως γίνεται κατανοητό ο χρόνος συγκομιδής του σίτου είναι ένας από τους σημαντικούς παράγοντας για τη σύσταση του καρπού, άρα και των κλασμάτων άλεσης, σε σάκχαρα.



Σχήμα 7 Δομή της γλυκοφρουκτοζάνης που βρίσκεται στο αλεύρι σίτου. Στο πλαίσιο περικλείεται το μόριο της σουκρόζης (Hoseney, 1998).



Σχήμα 8 Αλλαγή σε περιεκτικότητα σακχάρων στο αλεύρι με το χρόνο ωρίμανσης (Abou-Guendia and D'Arrolonia, 1972),

### 1.3 Επιδόρπια με βάση το άμυλο

Η κρέμα καραμελέ (*crème caramel*, *flan* ή *caramel custard*) είναι ένα επιδόρπιο με βάση το άμυλο και το γάλα με ένα στρώμα απαλής καραμέλας στην κορυφή (Σχήμα 9). Οι όροι που χρησιμοποιούνται είναι γαλλικοί, ωστόσο εξαπλώθηκαν και κυριάρχησαν σε όλη την Ευρώπη και τον κόσμο. Στις ισπανόφωνες χώρες, στη βόρεια Αμερική και στην Ισπανία με τον όρο *leche flan* (τάρτα γάλακτος) αναφέρονται στη κρέμα καραμελέ ενώ στην Αγγλία και τη Γαλλία χρησιμοποιείται ο όρος *custard tart*. Σε όλο τον υπόλοιπο κόσμο το επιδόρπιο είναι γνωστό ως κρέμα καραμελέ. Η κρέμα καραμελέ κατέχει ένα μεγάλο ποσοστό στην κατανάλωση επιδορπίων στα Ευρωπαϊκά εστιατόρια αφού είναι ένα ελαφρύ γλυκό και εύκολο στην προετοιμασία του.



Σχήμα 9 Κρέμα καραμελέ (<http://makingsweets.blogspot.com/2009/01/creme-caramel.html>)

Η κρέμα καραμελέ είναι μία παραλλαγή της απλής κρέμας, όπου το σιρόπι της μαγειρεύεται μέχρι να καραμελοποιηθεί, και μπαίνει στη βάση του καλουπιού πριν μπει η κρέμα. Σερβίρεται αναποδογυρίζοντας το καλούπι και αφήνοντας το σιρόπι να ρέει από την κορυφή της κρέμας (Alan Davidson, 1999).

Στις υπεραγορές η κρέμα καραμελέ προσφέρεται σε δύο μορφές: ως έτοιμο προϊόν προς κατανάλωση στα ψυγεία και ως μίγμα σκόνης σε φακελάκια στα οποία για την τελική κατανάλωση απαιτείται από τον καταναλωτή μόνο η προσθήκη γάλακτος (Saunders, 2002). Η μέση διαθρεπτική αξία της κρέμας καραμελέ παρουσιάζεται στον Πίνακα 5.

Πίνακας 5 Μέση διαθρεπτική αξία κρέμας καραμελέ (εμπορικά δείγματα)

Διαθρεπτικά Στοιχεία	Στα 100 g
Ενέργεια	123- 134 kcal
Πρωτεΐνες	2,8- 3 g
Υδατάνθρακες	21,7- 24,3 g
Λιπαρά	2,7- 2,8 g

Όσον αφορά τη μέση σύσταση, μια τυπική εμπορική κρέμα καραμελέ μπορεί να περιέχει γάλα αγελαδινό σε ποσοστό 70%- 85%, καραμέλα 7,5% - 10% (σουκρόζη, νερό, πυκνωτικά μέσα: πυκτίνη, ξανθανικό κόμμι), σουκρόζη, τροποποιημένο άμυλο σίτου, άμυλο ταπιόκας, σιμιγδάλι σίτου, ως σταθεροποιητή καραγενάνη, βανίλια, διάφορες άλλες αρωματικές ύλες, χρωστική β-καροτένιο, συντηρητικό νισίνη και συνολικά ολικά στερεά 28%- 30%

## 1.4 Οργανοληπτική Αξιολόγηση

### 1.4.1 Ιστορική αναδρομή

Η ιστορία των οργανοληπτικών τεστ ξεκινάει από τότε που οι πρώτοι άνθρωποι ξεχώρισαν το καλό από το κακό στα τρόφιμα, το νερό και σε οτιδήποτε άλλο μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και να καταναλωθεί. Η ανάπτυξη του πνεύματος ανταλλαγής προϊόντων ως μέσο αγοραπωλησίας έφερε και τα πρώτα πιο επίσημα τεστ αξιολόγησης. Ο αγοραστής, ελπίζοντας πως ένα δείγμα της παραλαβής αντιπροσωπεύει όλο το προϊόν, δοκίμαζε και καθόριζε την τιμή αγοραπωλησίας. Με το πέρασμα του χρόνου διάφορες τυπικές κλίμακες αξιολόγησης προϊόντων (κρασί, κρέας κ.ά.) δημιουργήθηκαν, κάποιες από τις οποίες διασώζονται ως σήμερα. Με τη δημιουργία μεγάλων βιομηχανιών τροφίμων στις αρχές του '90 αναπτύχθηκε για πρώτη φορά η ορολογία «οργανοληπτικό τεστ» (Pfenninger, 1979) για την αντικειμενική περιγραφή διαφόρων οργανοληπτικών χαρακτηριστικών. Ωστόσο, στη πραγματικότητα, τα τεστ αυτά ήταν συχνά υποκειμενικά, οι δοκιμαστές λιγοστοί και οι ερμηνείες τους εύκολα αμφισβητήσιμες. Το 1946 η συστηματική οργανοληπτική ανάλυση συμπεριλήφθηκε στη προσπάθεια για παραγωγή τροφίμων αποδεκτών από τον Αμερικάνικο στρατό (Dove, 1946, 1947). Σημαντικός σταθμός στην ανάπτυξη των οργανοληπτικών τεστ υπήρξε το τμήμα επιστήμης τροφίμων του πανεπιστημίου του Ντέιβις στην Καλιφόρνια, που είχε ως αποτέλεσμα το βιβλίο των Amerine, Pangborn και Roessler (1965). Ακολουθούν πολυάριθμα άρθρα τα κυριότερα εκ των οποίων ανακοινώνονται μέσω του IFT (Institute of Food Technologists) (Meilgaard et al., 2007).

### 1.4.2 Αξία Οργανοληπτικού Ελέγχου

Ο ISO (International Organization for Standardization) είναι μη κυβερνητικός οργανισμός και ο κυρίαρχος εκδότης στα πλαίσια των Διεθνών Προτύπων. Ιδρύθηκε το 1947 και σήμερα αποτελείται από 163 χώρες. Γεφυρώνει τις σχέσεις μεταξύ δημόσιου και ιδιωτικού φορέα και μέχρι σήμερα έχει εκδώσει πάνω από 16500 Διεθνή Πρότυπα. Στα πλαίσια αυτών των προτύπων έχει εκδώσει και μία σειρά πρότυπων για την οργανοληπτική αξιολόγηση (<http://www.iso.org/iso/about.htm>).

Πίνακας 6 Διεθνή Πρότυπα ISO για την οργανοληπτική αξιολόγηση

Title of ISO	No
Sensory Analysis- Vocabulary	5492: 2008
Methodology- General guidance	6658:2005
Methodology- Flavor profile methods	6564:1985
Sensory Analysis- Methodology- Texture profile	11036:1994
Methodology- Method of investigating sensitivity of taste	3972:1991
Methodology- Triangle test	4120:2004
Methodology-Sequential analysis	16820:2004
General guidance for the selection, training and monitoring of assessors	8586-1:1993
General guidance for the selection, training and monitoring of assessors	8586-2:1994
Identification and selection of descriptors for establishing a sensory profile by multidimensional approach	11035:1994
Guidelines for the use of quantitative response scales	4124:2003
General guidance for the design of test rooms	8589:2007

Οργανοληπτικός Έλεγχος είναι η επιστήμη που σχετίζεται με την αξιολόγηση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών ενός προϊόντος από τις αισθήσεις (ISO 5492:2008).

### 1.4.3 Μέθοδοι Οργανοληπτικού Ελέγχου

Για τον οργανοληπτικό έλεγχο χρησιμοποιούνται ως εργαλεία αξιολόγησης διάφορα τεστ. Υπάρχουν τρεις βασικές κατηγορίες τεστ και οι υποκατηγορίες τους:

**Τεστ διαφοροποίησης** (Discrimination test), για τον εντοπισμό ομοιοτήτων και διαφορών ανάμεσα στα δείγματα

- σύγκριση κατά ζεύγη: σύγκριση μεταξύ δύο δειγμάτων ως προς συγκεκριμένα χαρακτηριστικά με καθορισμένα κριτήρια
- τριγωνική δοκιμή: δίνονται τρία άγνωστα δείγματα, τα δύο είναι όμοια και οι δοκιμαστές καλούνται να βρουν το διαφορετικό. Τα δείγματα προσφέρονται για δοκιμή κατά τυχαία σειρά. Είναι μία διαδικασία που χρησιμοποιείται για να καθοριστεί αν είναι αισθητή μία οργανοληπτική

διαφορά ή ομοιότητα μεταξύ δύο προϊόντων και έχει την μορφή της αναγκαστικής επιλογής. Δύο από τα προϊόντα είναι απολύτως όμοια και οι εξεταζόμενοι καλούνται να αναγνωρίσουν ποιό είναι αυτό που διαφέρει (ISO 4120:2004).

- DUO/TRIO: δίνονται τρία δείγματα εκ των οποίων το ένα είναι γνωστό και χρησιμεύει ως βάση σύγκρισης και τα άλλα δύο άγνωστα, ο δοκιμαστής καλείται να προσδιορίσει πιο δείγμα είναι διαφορετικό από το πρότυπο.
- Δύο στα πέντε τεστ: πέντε κωδικοποιημένα δείγματα, τα δύο είναι ενός τύπου και τα τρία άλλου και γίνεται κατηγοριοποίηση.
- A– όχι A (A -not A): αφού γίνει η εκπαίδευση για την αναγνώριση του A δείγματος, δίνεται σειρά δειγμάτων και γίνεται η αναγνώριση του A ανάμεσα σε αυτά.

#### **Χρήση διαβάθμισης και κατηγοριών (Scales and categories)**

- Κατηγοριοποίηση δειγμάτων στην πιο οικεία κατηγορία (classification)
- Βαθμίδες, τακτοποίηση (grading)
- Σειρά βάσει έντασης ή βαθμού χαρακτηριστικού (ranking)
- Τοποθέτηση δειγμάτων σε μία γνωστή κλίμακα (rating & scoring)

#### **Περιγραφικό τεστ(Descriptive test)**

- Απλό περιγραφικό
- Ποσοτικά και καθορισμός οργανοληπτικού προφίλ
- Ελεύθερη επιλογή προφίλ

### **1.4.4 Βασικές Αισθήσεις**

#### **Γεύση**

Γεύση είναι η αντιληπτή αίσθηση από το μέσο γεύσης, όταν διεγείρεται από ορισμένες διαλυτές ουσίες (ISO 5492:2008). Οι βασικές γεύσεις που αναγνωρίζονται είναι:

Πικρό: γεύση που παράγεται από υδατικά διαλύματα διαφόρων ουσιών, όπως η κινίνη ή η καφεΐνη

Αλμυρό: γεύση που παράγεται από αραιό υδατικό διάλυμα χλωριούχου νατρίου

Γλυκό: γεύση που παράγεται από αραιό υδατικό διάλυμα των φυσικών ή τεχνητών ουσιών, όπως σακχαρόζη ή ασπαρτάμη

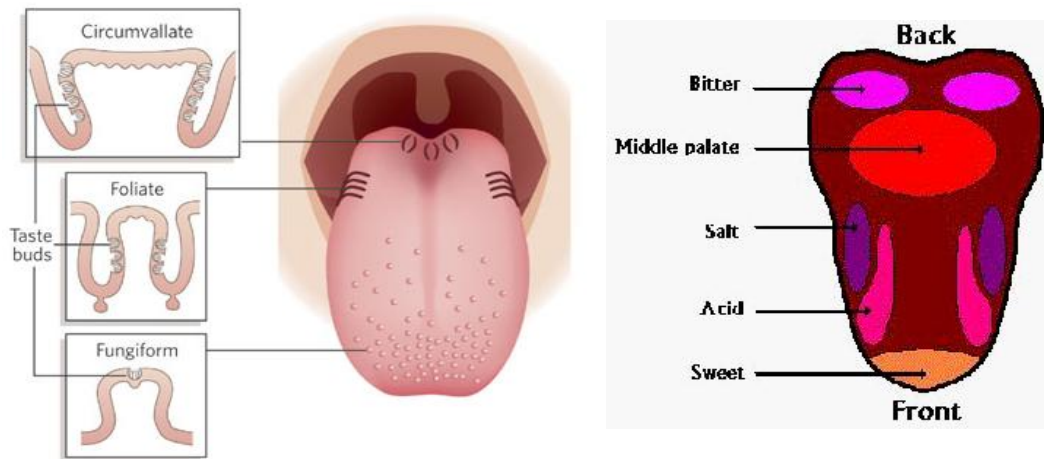
Ξινό: γεύση περίπλοκη, συνήθως λόγω της παρουσίας των οργανικών οξέων

Umami: γεύση που παράγεται από αραιά υδατικά διαλύματα, από ένα ορισμένο είδος αμινοξέους ή νουκλεοτίδιου, όπως το όξινο γλουταμινικό νάτριο

Μεταλλική: γεύση που παράγεται από διαλύματα βάσεων (π.χ υδροξείδια νατρίου)

Η κάθε γεύση εντοπίζεται σε διαφορετικές ζώνες της γλώσσας, ανάλογα με τους γευστικούς κάλυκες που εδράζουν εκεί. Μόρια τροφίμων διασκορπίζονται στη στοματική κοιλότητα και έρχονται σε επαφή με τα αισθητήρια όργανα της γεύσης. Έτσι στο μπροστινό τμήμα της γλώσσας εδράζουν μυκητοειδής αυξήσεις (fungiform), σχηματισμοί στο επιθήλιο, όπου υπάρχουν κάλυκες από τους οποίους αναγνωρίζεται η γλυκιά γεύση (Σχήμα 10). Πλευρικά του κυρίου σώματος της γλώσσας βρίσκονται οι πλευρικές πτυχώσεις (foliate) στις οποίες αναγνωρίζονται η αλμυρή και η ξινή γεύση. Τέλος, κοντά στη βάση της γλώσσας, εδράζουν 8-12 θηλές (circumvallate), οι κάλυκες των οποίων ανταποκρίνονται στην πικρή και σε μικρό βαθμό στη ξινή γεύση (Meilgaard, 2007).



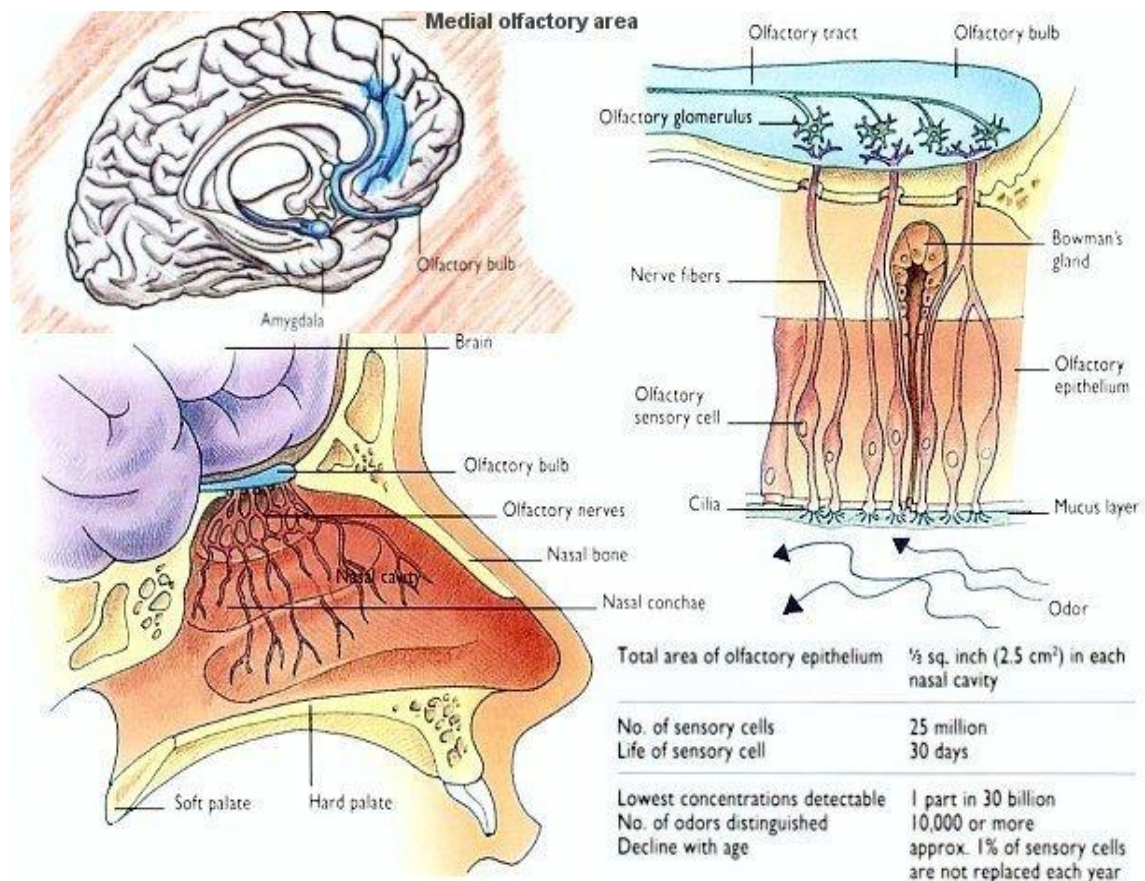


Σχήμα 10 Ζώνες γλώσσας όπου εντοπίζονται οι διάφορες γέυσεις.

## Οσμή

Οσμή είναι η αίσθηση που γίνεται αντιληπτή μέσω των οργάνων όσφρησης κατά την εισπνοή ορισμένων πτητικών ουσιών (ISO 5492:2008).

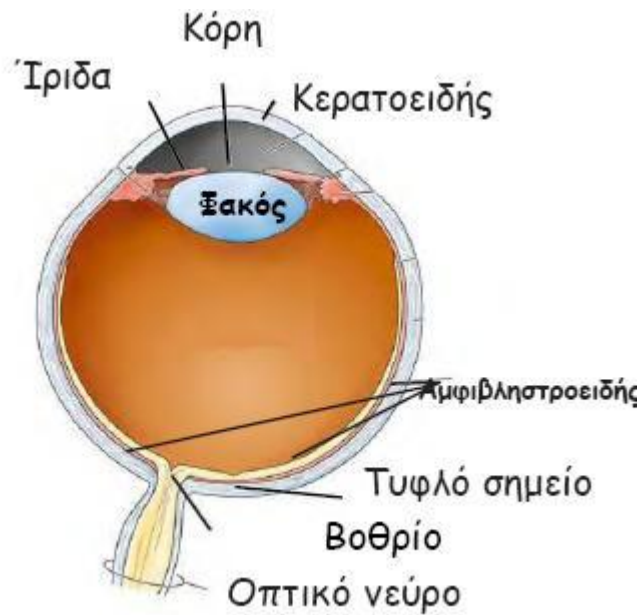
Ο οσφρητικός βλενογόνος φέρει επιθήλιο στο οποίο εδράζουν τα οσφρητικά κύτταρα. Κάθε κύτταρο έχει δύο αποφυάδες με 6-8 τριχίδια, τους οσφρητικούς υποδοχείς (Σχήμα 11). Υπολογίζεται ότι υπάρχουν 25 εκατομμύρια οσφρητικά κύτταρα και ότι ο μέσος άνθρωπος μπορεί να ανιχνεύσει περίπου 10.000 διαφορετικές οσμές. Ωστόσο, δεν μπορεί να τις ονοματίσει. Η κατανόηση των διαφόρων ουσιών προϋποθέτει οι ουσίες αυτές να είναι πτητικές και σχετικά υδατο- ή λιπο διαλυτές. Το οσφρητικό αποτέλεσμα οφείλεται σε κάποιες δραστικές ομάδες, η στερεοχημική δομή των οποίων επηρεάζει το χαρακτήρα και την ένταση της οσμής.



Σχήμα 11 <http://universe-review.ca>

## Όραση

Το φως εισέρχεται στο μάτι μέσω της κόρης και εστιάζεται μέσω του κερατοειδή χιτώνα και του φακού, στον αμφιβληστροειδή, στο πίσω μέρος του ματιού (Σχήμα 12). Οι υποδοχείς στο σημείο αυτό ανιχνεύουν την ενέργεια και με μία διαδικασία μεταγωγής σήματος, θέτουν σε εφαρμογή δυναμικά ενέργειας, που ταξιδεύουν στο οπτικό νεύρο. (Meilgaard, 2007). Περίπου το 30% του ανθρώπινου εγκεφάλου ασχολείται με την επεξεργασία και ερμηνεία των ερεθισμάτων της όρασης.



Σχήμα 12 Περιγραφή ανθρώπινου ματιού (<http://panacea.med.uoa.gr>)

## Υφή

Η έννοια της υφής περιλαμβάνει όλα τα μηχανικά και γεωμετρικά χαρακτηριστικά του σώματος ενός προϊόντος που γίνονται αντιληπτά με τη βοήθεια κιναισθησίας από οπτικούς και ακουστικούς υποδοχείς από την πρώτη μπουκιά έως τη τελική κατάποση (ISO 5492:2008). Οι μηχανικές ιδιότητες είναι εκείνες που σχετίζονται με την αντίδραση του προϊόντος στην πίεση και χωρίζονται σε πέντε κύρια χαρακτηριστικά:

**Σκληρότητα:** εκφράζει το σύνολο της δύναμης που απαιτείται για να υποστεί παραμόρφωση το τρόφιμο.

**Συνεκτικότητα:** εκφράζει το ποσοστό κατά το οποίο ένα τρόφιμο παραμορφώνεται πριν σπάσει.

**Ιξώδες:** εκφράζει τη δύναμη που απαιτείται για τη μετακίνηση ενός τροφίμου με τη γλώσσα από το κουτάλι ή για την επάλειψη του ως υπόστρωμα.

**Ελαστικότητα:** εκφράζει τη ταχύτητα και το βαθμό επαναφοράς στην αρχική κατάσταση ύστερα από άσκηση δύναμης.

**Κολλητικότητα:** εκφράζει τη δύναμη που απαιτείται για απομάκρυνση ουσιών που έχουν κολλήσει στο στόμα.

Πέραν αυτών των ιδιοτήτων στα πλαίσια της υφής, κατά την οργανοληπτική αξιολόγηση, μπορούν να μελετηθούν η μασητικότητα, η ευθραυστότητα καθώς επίσης το μέγεθος, το σχήμα και η κατανομή των σωματιδίων στο τρόφιμο. Τα χαρακτηριστικά του τροφίμου εμφανίζονται με την παρακάτω σειρά:

- Πριν τη μάσηση (χέρια, χείλη, όραση)
- Πρώτη δαγκωνιά (γεωμετρικές ιδιότητες)
- Φάση μάσησης (ψηλάφηση)
- Φάση παραμονής (αλλαγές)
- Κατάποση (υπολείμματα, ευκολία)

(ISO 11036: 1994)

#### 1.4.5 Εκτιμητές Οργανοληπτικών Χαρακτηριστικών

**Δοκιμαστής (Tester):** επιλεγμένος δοκιμαστής ή εμπειρογνώμονας που αξιολογεί τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά ενός προϊόντος διατροφής.

**Απλός (Naïve):** είναι ο δοκιμαστής που δεν έχει κανένα ιδιαίτερο κριτήριο, καμία εκπαίδευση.

**Μυημένος (Initiated):** είναι ο δοκιμαστής που έχει ήδη λάβει μέρος σε οργανοληπτικές δοκιμές.

**Επιλεγμένος (Selected):** είναι ο δοκιμαστής που έχει την ικανότητα να εκτελεί ένα εύρος οργανοληπτικών δοκιμών.

**Ειδικός (Expert):** είναι ο δοκιμαστής που έχει την εμπειρία και τη γνώση να γνωμοδοτεί στα πεδία για τα οποία ζητείται η γνώμη του.

**Πάνελ Οργανοληπτικού Ελέγχου (sensory panel):** ομάδα οργανοληπτικού ελέγχου αποτελούμενη από δοκιμαστές που συμμετέχουν σε κοινά οργανοληπτικά τεστ.

(ISO 5492: 2008)

## 2 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

### 2.1 Πρώτες Ύλες

Σκόνη- μίγμα κρέμας καραμελέ, από την οποία έλειπε η ζάχαρη και το γάλα παραχωρήθηκε από την εταιρία ΓΙΩΤΗΣ

Βιομηχανική Σουκρόζη

Γάλα υψηλή παστερίωσης

Φρουκτοολιγοσακχαρίτης Actilight (FOS) περιεκτικότητας  $95 \pm 2$  % παραχωρήθηκε από την Beghin Meiji Co

Κλάσματα άλεσης σίτου (Πίνακας 7)

Πίνακας 7 Παρουσίαση δειγμάτων κλασμάτων άλεσης, χώρα προέλευσης και προμηθευτής αυτών

Προμηθευτής	Χώρα προέλευσης	Κλάσματα Άλεσης	Κωδικοποίηση Δειγμάτων
Μύλοι Λούλη	Βουλγαρία	αλεύρι	1 w
		βητές	1 m
		πίτουρο	1 b
	Ουγγαρία	αλεύρι	2w
		βητές	2 m
		πίτουρο	2 b
	Γερμανία	αλεύρι	3 w
		βητές	3 m
		πίτουρο	3 b
Μύλοι Καπλανίδη	Γαλλία	αλεύρι	4 w
		πίτουρο	4 b
	Σερβία	αλεύρι	5 w
		πίτουρο	5 b
	Ελλάδα	αλεύρι	6 w
		πίτουρο	6 b
	Ουγγαρία	αλεύρι	7 w
		πίτουρο	7 b
	Ρωσία	αλεύρι	8 w
πίτουρο		8 b	

## 2.2 Προετοιμασία Δειγμάτων

Το μίγμα της κρέμας καραμελέ που προμήθευσε η ΓΙΩΤΗΣ περιείχε όλα τα συστατικά της πλην της σουκρόζης και του γάλακτος. Παρήχθησαν πέντε είδη τελικών δειγμάτων

- i. Με 100% σουκρόζη (όπου 100% σουκρόζης, νοείται το σύνολο της σουκρόζης που απαιτείται για την παραγωγή τελικών δειγμάτων κρέμας καραμελέ σύμφωνα με τη συνταγή της ΓΙΩΤΗΣ)
- ii. Με 90% σουκρόζη και 10% FOS
- iii. Με 80% σουκρόζη και 20% FOS
- iv. Με 70% σουκρόζη και 30% FOS
- v. Με 50% σουκρόζη και 50% FOS

Το γάλα θερμαίνεται υπό ανάδευση στους 85 °C όπου παραμένει για 2 min. Προστίθεται το μίγμα κρέμας καραμελέ και ζάχαρης. Το νέο μίγμα αναδεύεται για 5 λεπτά.

## 2.3 Όργανα και Συσκευές

Ρεόμετρο Rheometric Scientific SR5 για μελέτη ρεολογικών ιδιοτήτων της κρέμας καραμελέ.

Φασματοφωτόμετρο της εταιρείας Nicolet (750 Magna series) για προσδιορισμό FOS στα κλάσματα άλεσης.

Υδατόλουτρο με δυνατότητα ανάδευσης με χρήση περιστρεφόμενου μαγνήτη για την θέρμανση και ανάδευση των επιδορπίων κατά την προετοιμασία τους.

Ψυκτικός θάλαμος σε θερμοκρασία 6 °C.

Θερμαινόμενη πλάκα με δυνατότητα θέρμανσης και ανάδευσης IKA MAG 20-2000 rpm.

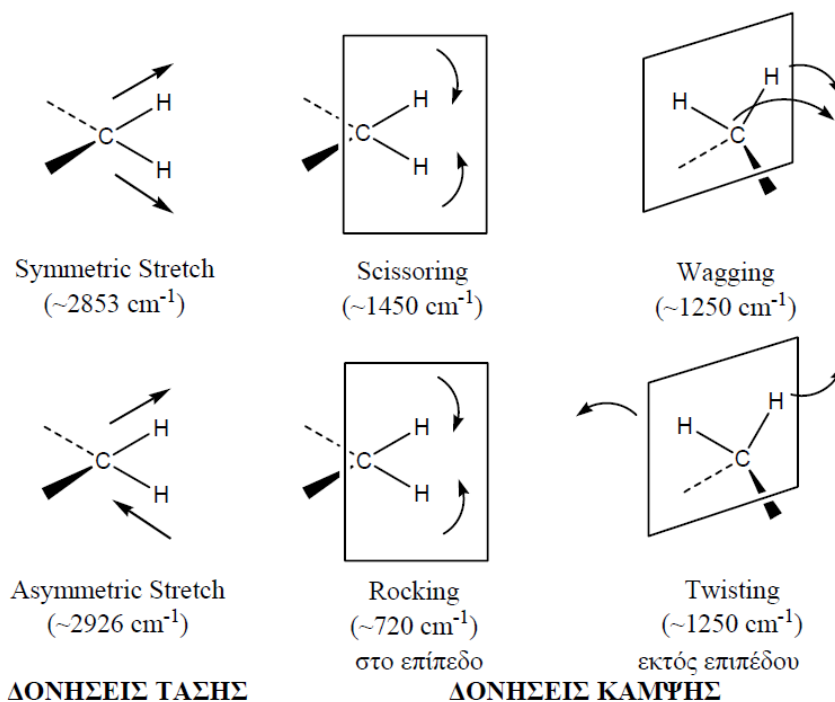
Ζυγοί ευαισθησίας τεσσάρων και δύο δεκαδικών ψηφίων.

Ποτήρια, φιάλες και ογκομετρικοί κύλινδροι.

## 2.4 Λειτουργία Οργάνων και Μεθοδολογία

### 2.4.1 Φασματοφωτόμετρο

Η υπέρυθη φασματοσκοπία (Infrared Spectroscopy, IR) θεωρείται σημαντική φασματοσκοπική τεχνική στην Οργανική Χημεία, λόγω της ευκολίας λήψης φασμάτων και της σύγκρισής τους με φάσματα γνωστών οργανικών ενώσεων. Χρησιμοποιείται ευρύτατα κατά τη σύνθεση χημικών ενώσεων και για την πιστοποίηση της καθαρότητάς τους. Στην περιοχή υπέρυθρου του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας (IR) συμβαίνουν απορροφήσεις που οφείλονται σε δονήσεις ή κάμψεις των δεσμών των μορίων για ενώσεις με μόνιμη διπολική ροπή, που μεταβάλλεται κατά την παραμόρφωση του μορίου και απορροφούν ισχυρά στην περιοχή υπέρυθρου. Εκτός από τις δονήσεις και τις κάμψεις υπάρχουν και άλλα είδη παραμόρφωσης της δομής των μορίων, όπως όταν αυτό σείεται (wagging), κλυδωνίζεται (rocking), στρεβλώνεται (twisting), ή έχει ψαλιδωτή κίνηση (scissoring), κ.λπ. (Βαλαβανίδης, 2006).



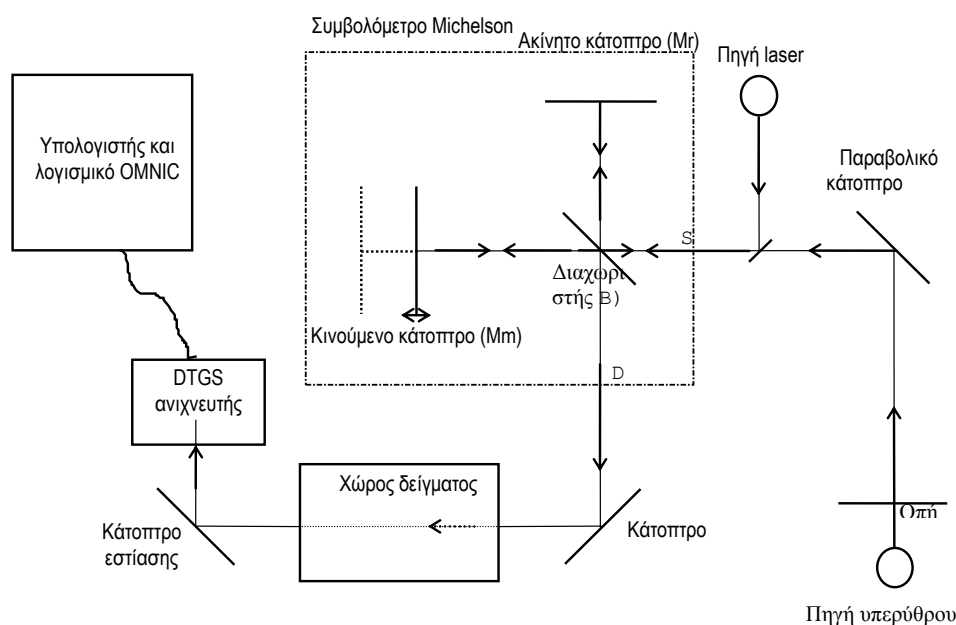
Σχήμα 13 Δονήσεις τάσης και κάμψης των μοριακών δομών και οι περιοχές απορρόφησης στην υπέρυθη περιοχή (Βαλαβανίδης, 2006 ).



Σχήμα 14 Βασική διάταξη φασματοφωτόμετρου IR

Στην περιοχή από  $4000-400\text{ cm}^{-1}$  που συνήθως χρησιμοποιείται στο IR η ευαισθησία του φασματοφωτομέτρου είναι περιορισμένη και οι εντάσεις των απορροφήσεων πολύ μικρές, με αποτέλεσμα ο "θόρυβος" να σκεπάζει τις ταινίες απορρόφησης. Η αδυναμία αυτή των κοινών φασματοφωτομέτρων υπερνικήθηκε με την φασματοσκοπία IR με μετασχηματισμό κατά Fourier (Fourier Transform Infra Red spectroscopy, FT-IR).

Ένα τυπικό φασματοφωτόμετρο IR μετασχηματισμού Fourier (FT-IR) αποτελείται από τα εξής κύρια τμήματα: την πηγή υπέρυθρης ακτινοβολίας, την πηγή λέιζερ, το συμβολόμετρο Michelson και τον ανιχνευτή (Σχήμα 15).

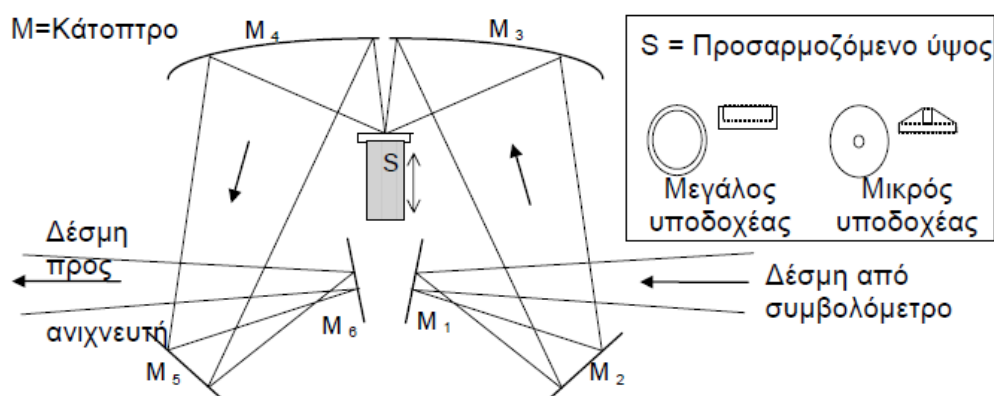


Σχήμα 15 Σχηματικό διάγραμμα φασματοφωτομέτρου FT-IR της Nicolet (750 Magna series).



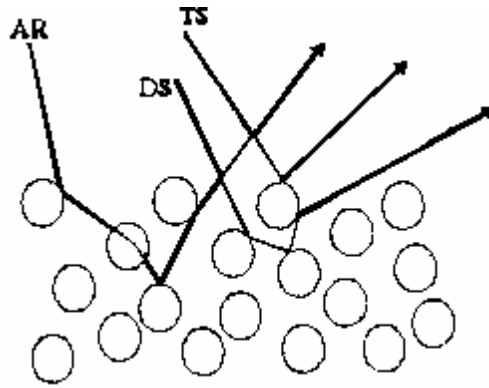
Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκε η Τεχνική της διάχυτης ανάκλασης (Diffuse Reflectance Infra-Red Fourier Transform spectroscopy – DRIFTS).

Η φασματοσκοπία διάχυτης ανάκλασης είναι μία από τις τεχνικές λήψης FT-IR φασμάτων από δείγματα σε στερεά κατάσταση, συνήθως σε μορφή σκόνης. Για τη λήψη των φασμάτων χρησιμοποιείται ειδικό εξάρτημα για την υποδοχή του δείγματος. Το εξάρτημα αυτό διαθέτει 6 κάτοπτρα. Τα κάτοπτρα  $M_1$ ,  $M_2$  και  $M_3$  εστιάζουν τη δέσμη της ακτινοβολίας που έρχεται από το συμβολόμετρο επάνω στο δείγμα, ενώ τα  $M_4$ ,  $M_5$  και  $M_6$  εστιάζουν την ανακλώμενη ακτινοβολία από το δείγμα προς τον ανιχνευτή. Ο χώρος όπου τοποθετείται το δείγμα (υποδοχέας) μπορεί να είναι δύο μεγεθών. Ο μεγαλύτερος έχει διάμετρο 13 mm και ύψος 2 mm ενώ ο μικρός 3 και 2 mm αντίστοιχα.



Σχήμα 16 Εξάρτημα με υποδοχέα δείγματος για τη λήψη φασμάτων υπερέυθρου με την τεχνική DRIFTS

Όταν η υπέρυθρη ακτινοβολία προσπέσει στην επιφάνεια του υλικού ένα τμήμα της ανακλάται (ή διαχέεται), ένα τμήμα διαθλάται και ένα τμήμα περιθλάται. Ουσιαστικά η ανάκλαση είναι το φαινόμενο στο οποίο στηρίζεται η τεχνική DRIFT. Όμως η υπέρυθρη ακτινοβολία υπόκειται σε τριών ειδών ανακλάσεις. Την απορροφητική, τη διαχυτική και την αληθινή ανάκλαση.



Σχήμα 17 Τα τρία είδη ανάκλασης υπέρυθρης ακτινοβολίας σε στερεό δείγμα με μορφή σκόνης. AR: απορροφητικά ανακλώμενη, DS: διαχυτικά ανακλώμενη, TS: αληθινά ανακλώμενη

Από τα τρία αυτά είδη ανάκλασης μόνον η απορροφητική περιέχει πληροφορίες για το δείγμα. Το μέρος της ακτινοβολίας που θα απορροφηθεί και στη συνέχεια θα ανακλαστεί, δηλαδή η απορροφητική ανάκλαση, εξαρτάται από:

α) το μέγεθος των σωματιδίων του δείγματος,

β) τη μετωπική επιφάνεια και την πυκνότητα πακεταρίσματος του δείγματος στον υποδοχέα

γ) το δείκτη διάθλασης του δείγματος καθώς και από

δ) τη γωνία πρόσπτωσης της ακτινοβολίας επάνω στο δείγμα.

Επιπλέον είναι άμεσα συνδεδεμένη με τη συλλογή και τη διοχέτευση της ακτινοβολίας αυτής στον ανιχνευτή.

Το μέγεθος των σωματιδίων του δείγματος είναι καθοριστικός παράγοντας για την ποιότητα του φάσματος που θα ληφθεί. Όταν το μέγεθος των σωματιδίων είναι μεγάλο επικρατεί το φαινόμενο σκέδασης της ακτινοβολίας με αποτέλεσμα να αυξάνεται σημαντικά ο θόρυβος και να μειώνεται το ποσό της ακτινοβολίας που διεισδύει μέσα στο δείγμα και ως εκ τούτου να μειώνεται και η ένταση των απορροφήσεων. Όσο μειώνεται το μέγεθος των σωματιδίων που απαρτίζουν τη σκόνη, αυξάνει η ένταση των κορυφών και μειώνεται αισθητά ο θόρυβος. Ιδανικό είναι το μέγεθος το οποίο είναι μικρότερο του μήκους κύματος της ακτινοβολίας που χρησιμοποιείται.

Όμως αυτό εξαρτάται από τη φύση του δείγματος και δεν μπορεί αρκετές φορές να αποκτηθεί.

Η ομαλότητα της μετωπικής επιφάνειας του δείγματος, στον υποδοχέα, μειώνει αισθητά το θόρυβο. Η ομαλότητα εξαρτάται από τη φύση του δείγματος, το μέγεθος των σωματιδίων και τον τρόπο τοποθέτησης του δείγματος. Τα στιλπνά υλικά δημιουργούν προβλήματα διότι σημαντικό μέρος της προσπίπτουσας ακτινοβολίας ανακλάται.

Η πυκνότητα του πακεταρίσματος του δείγματος ουσιαστικά εξαρτάται από την πίεση που ασκείται σε αυτό κατά την τοποθέτησή του στον υποδοχέα. Ουσιαστικές μεταβολές υπάρχουν όταν ασκούνται υπερβολικά μεγάλες πιέσεις, γιατί τότε αλλάζει ο δείκτης διάθλασης του δείγματος.

Ο υποδοχέας του δείγματος ρυθμίζεται κατά μήκος και κατά ύψος. Με τον τρόπο αυτό μεταβάλλεται η γωνία πρόσπτωσης και βελτιστοποιείται η εστίαση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας στο δείγμα. Αυτό επιβεβαιώνεται από τη μεγιστοποίηση του σήματος IR στην οθόνη του υπολογιστή.

Η μέθοδος DRIFT χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο τα τελευταία χρόνια γιατί είναι απλή, πάρα πολύ γρήγορη και δεν απαιτεί προηγούμενη κατεργασία του δείγματος.

Το φάσμα χωρίζεται σε δύο κύριες περιοχές

A) των χαρακτηριστικών ομάδων ( $4.000 - 1.500 \text{ cm}^{-1}$ ) και

B) των δακτυλικών αποτυπωμάτων ( $1.500 - 600 \text{ cm}^{-1}$ )

Η τεχνική αυτή παρουσιάζει τα παρακάτω πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα:

Πλεονεκτήματα

Η οπτική διαδρομή είναι μεγάλη και με τις διαδοχικές ανακλάσεις της ανακλώμενης υπέρυθρης ακτινοβολίας, οι πληροφορίες προέρχονται από μεγάλο τμήμα του δείγματος. Επίσης, είναι πολύ σύντομη

## Μειονεκτήματα

Στο δείγμα προσπίπτει μέρος της υπέρυθρης ακτινοβολίας και επομένως η ένταση των κορυφών είναι σχετικά μικρή και οι κορυφές είναι σχετικά πλατειές.

### 2.4.1.1 Μεθοδολογία

Το φασματοφωτόμετρο που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα μελέτη είναι το Nicolet 6700 FT-IR Thermo Election Corporation. Πριν από τη λήψη των φασμάτων FT-IR, λαμβάνεται το φάσμα FT-IR του βρωμιούχου καλίου (KBr), το οποίο χρησιμοποιείται ως υπόβαθρο (background). Για τη λήψη του κάθε φάσματος χρειάστηκαν 100 “σαρώσεις” του δείγματος (scans). Η διαχωριστική ικανότητα ήταν  $4\text{ cm}^{-1}$ , ενώ η ταχύτητα του κινούμενου κατόπτρου του συμβολομέτρου  $0,1581\text{ cm/s}$ .

Τα φάσματα FT-IR εξομαλύνθηκαν και έγινε διόρθωση της βασικής γραμμής των φασμάτων. Οι επεξεργασίες αυτές έγιναν με τη βοήθεια των λειτουργιών “αυτόματης εξομάλυνσης” και “αυτόματης διόρθωσης της βασικής γραμμής” (automatic smooth και automatic baseline correct, αντίστοιχα) του λογισμικού OMNIC 7.3. Το φάσμα από κάθε δείγμα λαμβάνεται τρεις φορές. Ο μέσος όρος των τριών φασμάτων υπολογίζεται για κάθε ένα από τα δείγματα με τη χρήση των λειτουργιών “Statistical Spectra” και “Average”. Το μέσο φάσμα για το κάθε δείγμα είναι και αυτό που χρησιμοποιείται για την μελέτη.

Με τη χρήση του λογισμικού OMNIC δημιουργήθηκε μία βιβλιοθήκη (Wheat\_Bran) η οποία περιλαμβάνει τα μέσα φάσματα υπέρυθρου (FT-IR) των δειγμάτων πίτουρο και αλεύρου τα οποία ελήφθησαν με την τεχνική DRIFTS. Ακολούθως, μέσω της λειτουργίας “library set up” του λογισμικού επιλέγεται η βιβλιοθήκη καθώς και η φασματική περιοχή σύγκρισης. Η βιβλιοθήκη δημιουργείται με σκοπό την σύγκριση των δειγμάτων με τον φρουκτοολιγοσακχαρίτη. Με χρήση της λειτουργίας “search” του λογισμικού βρίσκεται με ποιο φάσμα της επιλεγόμενης βιβλιοθήκης παρουσιάζει υψηλότερο συντελεστή ομοιότητας το φάσμα του δείγματος.

## 2.4.2 Ρεόμετρο



Σχήμα 18 Ρεόμετρο SR5-STD-Fluid (προσωπικό αρχείο)

Το SR5-STD-Fluid υποστηρίζει πειραματικές μετρήσεις μεταβολής συχνότητας, μεταβολής δυναμικής τάσης, μεταβολής χρόνου, περιοδικής τάσης, περιοδικού ρυθμού (θιξοτροπικά), περιοδικής μεταβολής θερμοκρασίας, μεταβολής σταθερού ρυθμού και περιοδικής τάσης.

**Χαρακτηριστικά οργάνου:** Εύρος ροπής: 0,01 – 500 gm/cm. Εύρος συχνότητας: 5E-6 – 100 rad/s. Εύρος περιστροφής: 0 - 100 gm/cm. Γωνιακή ανάλυση: περισσότερη από 1μ/rad. Θερμοκρασιακό εύρος: -40°C - 210°C

Είναι ρεόμετρο plate-plate και είναι εφοδιασμένο με υδατόλουτρο με δυνατότητα κυκλοφορίας νερού. Η κεφαλή τάσης ζυγίζει 500g και υπάρχει ο εξοπλισμός για καλιμπράρισμα οργάνου και ειδικός δίσκος που μπορεί να καλύψει περιμετρικά το δείγμα για αποφυγή εξάτμισης σε υψηλής θερμοκρασίας συνθήκες μετρήσεων.

### Ρεολογικά πειράματα

Για το χαρακτηρισμό των ρευστών μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα ακόλουθα πειράματα:

α) Στατικά πειράματα.

β) Δυναμικά ταλαντωτικά πειράματα.

γ) Προσωρινά πειράματα. Είναι πειράματα που ανήκουν στα στατικά και χρησιμοποιούνται για τη μελέτη των ιξωδοελαστικών υλικών. Αυτά διακρίνονται σε δύο είδη:

i) Πειράματα ερπυσμού: Εφαρμόζεται ακαριαία μια σταθερή τάση και μετρείται η αύξηση της παραγόμενης παραμόρφωσης με το χρόνο.

ii) Πειράματα ανάπαυσης της τάσης: Εφαρμόζεται ακαριαία μια παραμόρφωση που διατηρείται σταθερή και μετριέται η μείωση της τάσης με το χρόνο.

### **Στατικά ρεολογικά πειράματα**

Στατικά ρεολογικά πειράματα είναι όλα τα πειράματα όπου η εφαρμοζόμενη τάση ή παραμόρφωση και συνεπώς και ο ρυθμός διάτμησης δεν είναι ταλαντωτικοί, δηλαδή διατηρούν συνεχώς σταθερή φορά. Έτσι σε ένα περιστροφικό ρεόμετρο όπως των παράλληλων πλακών που χρησιμοποιήθηκε σε αυτή τη μελέτη, στατικό πείραμα σημαίνει ότι η άνω πλάκα στρέφεται συνεχώς στην ίδια κατεύθυνση. Σε αυτά τα πειράματα συνηθέστερα γίνεται διάτμηση του ρευστού σε ένα μεγάλο εύρος ρυθμών διάτμησης, δηλαδή ο ρυθμός διάτμησης αρχίζει από μια πολύ χαμηλή τιμή και αυξάνει με σταθερό ρυθμό μέχρι μια υψηλή τιμή, ενώ μετράται το ιξώδες και η τάση διάτμησης για κάθε έναν από αυτούς. Κατά τα στατικά πειράματα καταστρέφεται η δομή του δείγματος. Έτσι τα διαγράμματα που προκύπτουν από αυτά τα πειράματα δε δίνουν σαφή συμπεράσματα για την εσωτερική δομή του ρευστού τροφίμου (γι' αυτό το σκοπό διενεργούνται τα δυναμικά ρεολογικά πειράματα). Ωστόσο από τα διαγράμματα και τη μορφή της καμπύλης που προκύπτει, παίρνουμε πολύ χρήσιμες πληροφορίες όπως:

α) σε ποια κατηγορία ανήκει το ρευστό τρόφιμο που εξετάζουμε (π.χ. νευτώνειο, ψευδοπλαστικό κ.τ.λ.).

β) το ιξώδες του ρευστού για όλο το εύρος των ρυθμών διάτμησης (αν πρόκειται για νευτώνειο) και το ιξώδες του ρευστού για κάθε ρυθμό διάτμησης ξεχωριστά (αν πρόκειται για μη νευτώνειο)

γ) το δείκτη συνεκτικότητας ή ομοιογένειας ( $k$ ), το δείκτη συμπεριφοράς ροής ( $n$ ) και την τάση υποχώρησης, αν πρόκειται για μη νευτώνειο ρευστό.

Ένα σημείο όπου πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή κατά την πραγματοποίηση σταθερών ρεολογικών πειραμάτων είναι η επιλογή του εύρους των τιμών των ρυθμών διάτμησης. Κατ' αρχάς πρέπει να τονιστεί ότι για τον προσδιορισμό της γενικής ρεολογικής συμπεριφοράς ενός μη νευτώνειου ρευστού δεν πρέπει να χρησιμοποιείται μία και μόνο τιμή ρυθμού

διάτμησης ή μία και μόνο τιμή του ιξώδους, γιατί τότε οδηγούμαστε σε λάθος συμπεράσματα, αλλά ένα εύρος ρυθμών διάτμησης. Με το δεύτερο τρόπο μπορούμε από το διάγραμμα να υπολογίσουμε τους δείκτες  $k$  (δείκτης συνεκτικότητας ή ομοιογένειας) και  $n$  (δείκτης συμπεριφοράς ροής) που είναι γενικά ρεολογικά χαρακτηριστικά του προϊόντος και προσδιορίζουν το προϊόν για ολόκληρο το εύρος των ρυθμών διάτμησης και όχι το ιξώδες το οποίο είναι χαρακτηριστικό για συγκεκριμένο ρυθμό διάτμησης. Εξαίρεση όπου χρησιμοποιούμε ένα και μόνο ρυθμό διάτμησης είναι όταν θέλουμε να κάνουμε συσχέτιση του ιξώδους ενός τροφίμου με την αίσθηση που έχει αυτό στο ανθρώπινο στόμα οπότε και εφαρμόζεται ρυθμός διάτμησης  $60 \text{ s}^{-1}$ . Επίσης για να έχουν νόημα και πρακτική εφαρμογή οι μετρήσεις που διενεργούνται, πρέπει να γίνονται σε ένα εύρος ρυθμών διάτμησης αντίστοιχο με αυτό της βιομηχανικής επεξεργασίας στην οποία θα υποβληθεί το τρόφιμο. Για παράδειγμα, στην ξήρανση δια καταιονισμού εμφανίζονται υψηλοί ρυθμοί διάτμησης, στη ροή τροφίμων μέσα από σωληνώσεις μεσαίοι ρυθμοί διάτμησης και στην καθίζηση των αιωρούμενων σωματιδίων μιας σάλτσας πολύ μικροί ρυθμοί διάτμησης (Steffe, 1996).

### **Δυναμικά – ταλαντωτικά πειράματα**

Ανάλογα με τον τύπο του ρεομέτρου που χρησιμοποιείται τα δυναμικά πειράματα (που αναφέρονται και ως ταλαντωτικά ή περιοδικά) είναι πειράματα τα οποία στηρίζονται: α) στην άσκηση μιας ταλαντωτικής παραμόρφωσης πάνω στο δείγμα (ρευστό τρόφιμο) σε ένα ευρύ φάσμα συχνοτήτων και στην παρατήρηση της ημιτονοειδούς τάσης που αναπτύσσεται (λόγω της ασκούμενης παραμόρφωσης) εξετάζοντας ταυτόχρονα τη διαφορά στη γωνία φάσης που έχουν τάση και παραμόρφωση και β) το πείραμα μπορεί να γίνει με τον ανάποδο τρόπο, δηλαδή την άσκηση μιας ταλαντωτικά μεταβαλλόμενης διατμητικής τάσης και την παρατήρηση της προκύπτουσας παραμόρφωσης. Η δυναμική ρεολογία έχει πολύ μεγάλα πλεονεκτήματα σε σχέση με τα στατικά ρεολογικά πειράματα γι' αυτό και τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο. Πιο συγκεκριμένα οι μετρήσεις εδώ πραγματοποιούνται με την εφαρμογή πολύ μικρών παραμορφώσεων με αποτέλεσμα να είναι δυνατή η πραγματοποίησή τους χωρίς να καταστρέφεται η εσωτερική δομή του δείγματος. Αυτό ακριβώς κάνει

αυτή τη μέθοδο ιδιαίτερα χρήσιμη στην περιγραφή των ιδιοτήτων των τροφίμων που είναι χρονικά και θερμοκρασιακά εξαρτώμενες καθώς επιτρέπει τη συνεχή εκτίμηση των δυναμικών συντελεστών του τροφίμου χωρίς να καταστρέφονται δομικά στοιχεία που δημιουργούνται σε αυτό με την πάροδο του χρόνου. Επίσης αυτή η μέθοδος ανάλυσης είναι πολύ ευαίσθητη στην ανίχνευση ιδιαίτερων δομικών στοιχείων όπως διαμοριακοί δεσμοί, διαχωρισμοί φάσεων, συσσωμάτωση μορίων κ.α. που δε μπορούν να γίνουν αντιληπτά από μεθόδους που χρησιμοποιούν μεγάλες παραμορφώσεις. Τέλος, η δυναμική ρεολογία υπερτερεί σε μέθοδος γιατί δίνει αποτελέσματα εκφρασμένα σε βασικές μονάδες (π.χ. Pa) πράγμα που επιτρέπει την εύκολη σύγκρισή τους με αυτά άλλων μελετών και βάσεων δεδομένων (Stanley et al., 1996). Τα πλεονεκτήματα των δυναμικών–ταλαντωτικών πειραμάτων σε σύγκριση με τα προσωρινά πειράματα είναι ότι επιτρέπουν την ανάλυση της ιξωδοελαστικής συμπεριφοράς ενός υλικού σε πολύ συντομότερο χρόνο από τα δεύτερα, τα οποία για να δώσουν αποτελέσματα απαιτούν μεγάλο χρονικό διάστημα. Οι σημαντικότεροι δυναμικοί συντελεστές είναι οι εξής (Stanley et al., 1996) :

**G'**: παράγοντας αποθήκευσης ή ελαστικός παράγοντας (Pa ή N/m<sup>2</sup>), ο οποίος αντιπροσωπεύει την ενέργεια που αποθηκεύεται στο υλικό και ανακτάται από αυτό σε κάθε κύκλο παραμόρφωσης. Ο παράγοντας αποθήκευσης εκφράζει τον ελαστικό χαρακτήρα (χαρακτήρα στερεού) ενός υλικού, γι' αυτό όσο πιο πολύ προσομοιάζει με στερεό ένα υλικό τόσο πιο μεγάλη τιμή έχει ο παράγοντας G' και τόσο μικρότερη είναι η τιμή του συντελεστή G''. Το ανάποδο ισχύει αν προσομοιάζει με υγρό.

**G''**: παράγοντας απώλειας (Pa ή N/m<sup>2</sup>), ο οποίος αντιπροσωπεύει την ενέργεια που χάνεται σε κάθε κύκλο παραμόρφωσης, μέσω διάχυσής της στο περιβάλλον ως θερμότητα λόγω του ιξώδους του ρευστού. Ο παράγοντας απώλειας εκφράζει τον ιξώδη χαρακτήρα (χαρακτήρα ρευστού) ενός υλικού. Σύμφωνα με τους ορισμούς λοιπόν για ένα τέλειο ελαστικό σώμα όπου όλη η ενέργεια της ταλάντωσης αποθηκεύεται και επανακτάται, ο παράγοντάς του G'' θα ισούται με μηδέν. Αντίθετα σε ένα νευτώνειο υγρό όπου όλη η ενέργεια της ταλάντωσης χάνεται, ο παράγοντας G' του υγρού θα ισούται με μηδέν. Τέλος, για τα ιξωδοελαστικά υλικά όπου ούτε όλη η ενέργεια της ταλάντωσης



αποθηκεύεται ούτε όλη χάνεται, οι τιμές των  $G'$  και  $G''$  βρίσκονται ανάμεσα στις δύο αυτές ακραίες τιμές.

Ένα σημείο που είναι πολύ σημαντικό και στο οποίο πρέπει να δίνεται μεγάλη προσοχή κατά τη διενέργεια δυναμικών πειραμάτων είναι ότι για να έχουν νόημα και να είναι έγκυρα τα πειράματα ώστε να ισχύουν οι ορισμοί των δυναμικών συντελεστών ( $G'$ ,  $G''$ ), πρέπει απαραίτητα οι μετρήσεις αυτές να γίνονται εντός των ορίων της γραμμικής ιξωδοελαστικής περιοχής. Πρέπει δηλαδή η παραμόρφωση που θα επιλεγεί για να διεξαχθεί η μηχανική φασματοσκοπία, να είναι επαρκώς μικρή ώστε να βρίσκεται εντός της γραμμικής ιξωδοελαστικής περιοχής. Στην περιοχή αυτή ο λόγος τάσης προς παραμόρφωση είναι σταθερός με το χρόνο και επομένως και οι παράγοντες  $G'$  και  $G''$  είναι σταθεροί. Η τιμή της παραμόρφωσης (κρίσιμη παραμόρφωση) που καθορίζει τα όρια της γραμμικής ιξωδοελαστικής περιοχής είναι χαρακτηριστική για κάθε υλικό και έχει βρεθεί ότι για κολλοειδείς διασπορές είναι μικρή (<1%), ενώ για πήγματα και διαλύματα βιοπολυμερών κυμαίνεται σε υψηλές τιμές, 50–100% (Stanley, 1996). Ως εκ τούτου, πριν από κάθε πείραμα μηχανικής φασματοσκοπίας πρέπει να προσδιορίζεται πειραματικά η παραμόρφωση στην οποία το υλικό βρίσκεται εντός της γραμμικής ιξωδοελαστικής περιοχής. Αυτό γίνεται υποβάλλοντας το υλικό σ' ένα μεγάλο εύρος παραμορφώσεων και καταγράφοντας τους παράγοντες  $G'$  και  $G''$ . Από τη γραφική παράσταση που προκύπτει βρίσκουμε τη γραμμική ιξωδοελαστική περιοχή που εμφανίζεται ως η περιοχή όπου οι παράγοντες  $G'$  και  $G''$  είναι ανεξάρτητοι της παραμόρφωσης.

#### 2.4.2.1 Μεθοδολογία

Αμέσως μετά την τελική παρασκευή της κρέμας καραμελέ γίνονται οι μετρήσεις με το ρεόμετρο. Λαμβάνουν χώρα δύο πειράματα:

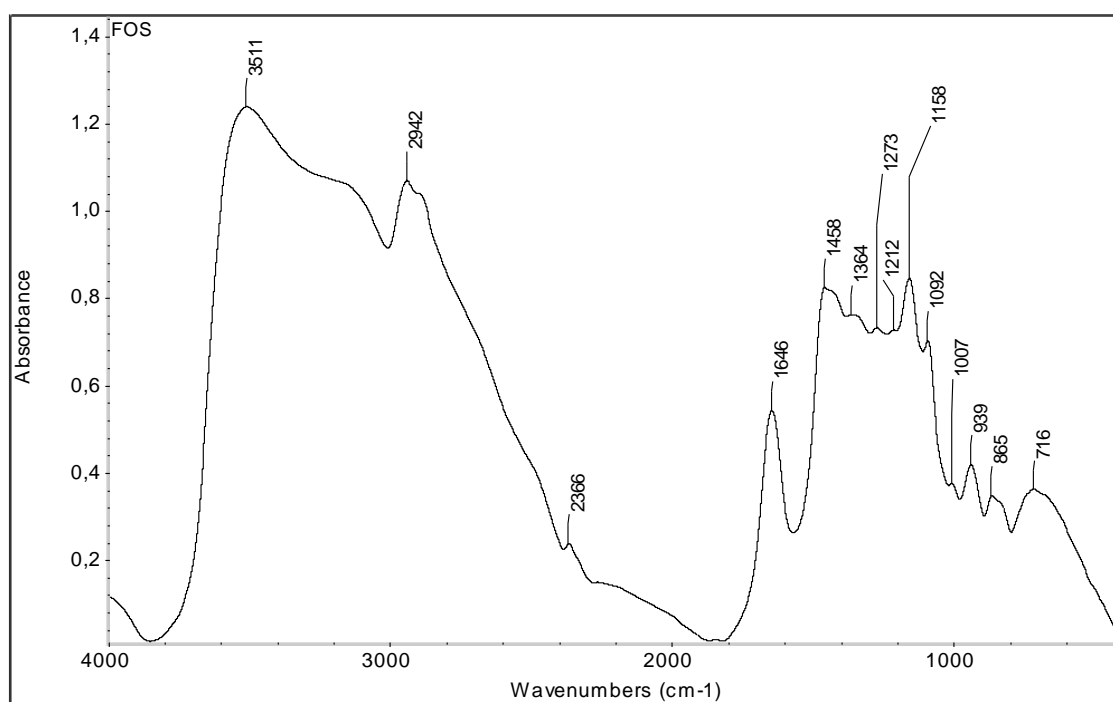
- i. για μελέτη κύκλου ψύξης- απόψυξης, Dynamic Temperature Ramp test. Τα πειράματα σάρωσης θερμοκρασιών έχουν αρχική θερμοκρασία 85°C, ελάχιστη 5°C και τελική 25°C. Ο ρυθμός αύξησης της θερμοκρασίας είναι 2°C/min. Το strain είναι 2 και οι μετρήσεις γίνονται ανά 40 sec.

- ii. για μελέτη συχνοτήτων και παρατήρηση της αλλαγής με τον χρόνο, Dynamic Frequency Sweep test (strain control). Τα πειράματα πραγματοποιήθηκαν με σταθερή θερμοκρασία στους 25°C και με strain 2. Η αρχική συχνότητα είναι 70 Hz και τελική 0,01 Hz.

### 3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

#### 3.1 Φασματοφωτομετρία Υπερύθρου (IR)

##### 3.1.1 Γενικά



Σχήμα 19 Χαρακτηριστικό φάσμα FT-IR φρουκτοολιγοσακχαρίτη ( $4000-400\text{ cm}^{-1}$ ).

Στη περιοχή μεταξύ  $1200-900\text{ cm}^{-1}$  ο κάθε υδατάνθρακας έχει μία περιοχή με ιδιαίτερες απορροφήσεις, το λεγόμενο αποτύπωμα του, επιτρέποντας τον προσδιορισμό τους. Αυτή η περιοχή κυριαρχείται από τη συνολική δόνηση δακτυλίου που επικαλύπτεται από δονήσεις τάσης των (C-OH) πλευρικών ομάδων και από τις δονήσεις κάμψης των γλυκοσιδίων (C-O-C). Οι απορροφήσεις του φάσματος υπερύθρου στα  $1100-1030\text{ cm}^{-1}$  αποδίδονται σε δονήσεις τάσης των γλυκοσιδικών δεσμών (C-O-C) (Kacurakova, Capek, Sasinkova, Wellner, & Ebringerova, 2000).

Η περιοχή μεταξύ  $1100-1030\text{ cm}^{-1}$  αποδίδεται στη γαλακτόζη, ενώ η γλυκόζη δίνει χαρακτηριστικές κορυφές μεταξύ  $1030-994\text{ cm}^{-1}$  (Corikova et

al.,2006). Όσον αφορά τα φάσματα τους μονοσακχαριτών αναφέρεται ότι μεταξύ 1170-980  $\text{cm}^{-1}$  η θέση του υδροξυλίου (-OH) στο χώρο καθορίζει τις κύριες απορροφήσεις τους. Η ταλόζη με δύο υδροξύλια σε αξονική θέση στους άνθρακες C2 και C4 παρουσιάζει μέγιστη απορρόφηση στα 1092  $\text{cm}^{-1}$ . Η Kacurakova θεωρεί ότι η σχετική θέση του (C- OH) επηρεάζει ουσιαστικά τα φάσματα υπερύθρου των σακχάρων μετατοπίζοντάς τα προς υψηλότερες συχνότητες όταν έχουν πλευρικές ομάδες (-OH). Κυρίως επηρεάζουν τις απορροφήσεις μεταξύ 1100-1000  $\text{cm}^{-1}$  (Kacurakova, Capek, Sasinkova, Wellner, & Ebringerova, 2000).

Η χαρακτηριστική περιοχή απορρόφησης των  $\beta$  και  $\alpha$  ανωμερών είναι στα 898  $\text{cm}^{-1}$  και 834  $\text{cm}^{-1}$  αντίστοιχα και διαχωρίζονται από τους γλυκοσιδικούς δεσμούς των αλδοπυρονοζών και φουρανοπυρανοζών που δίνουν κορυφές στα 879  $\text{cm}^{-1}$  και 858  $\text{cm}^{-1}$  αντίστοιχα (Mathlouthi & Koenig, 1986; Zhbankov, Adrianov & Marchewka, 1997).

### 3.1.2 Ανάλυση Φάσματος FOS

Στο φάσμα του FOS διακρίνονται δύο περιοχές:

Στην πρώτη περιοχή μεταξύ 4000- 1850  $\text{cm}^{-1}$  παρουσιάζονται τρεις κορυφές. Η πρώτη κορυφή είναι στα **3511  $\text{cm}^{-1}$**  και οφείλεται σε δονήσεις τάσης (stretching vibration) των υδροξυλίων (O-H). Η κορυφή στα **2942  $\text{cm}^{-1}$**  αποδίδεται σε δονήσεις τάσης και κάμψης (bending vibration) του C- H (Socrates, 2001). Η τελευταία κορυφή της πρώτης περιοχής βρίσκεται στα **2366  $\text{cm}^{-1}$**  και οφείλεται στο  $\text{CO}_2$ . Ωστόσο, το υπόλοιπο φάσμα παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τον προσδιορισμό του FOS.

Η δεύτερη περιοχή είναι μεταξύ 1850- 400  $\text{cm}^{-1}$ . Στην περιοχή αυτή υπάρχουν έντεκα κορυφές. Η πρώτη κορυφή είναι στα **1646  $\text{cm}^{-1}$**  και αποδίδεται στην παρουσία του νερού (Kacurakova, Wilson, 2001). Η δεύτερη κορυφή στα **1458  $\text{cm}^{-1}$**  αποδίδεται σε δονήσεις παραμόρφωσης του  $-\text{CH}_2$  του φουρανικού δακτυλίου. Η κορυφή στα **1364  $\text{cm}^{-1}$**  αποδίδεται στη συνολική δόνηση του δακτυλίου ενώ εκείνη στα **1273  $\text{cm}^{-1}$**  οφείλεται σε δονήσεις τάσης του C-O-C (Socrates, 2001). Η κορυφή στα **1212  $\text{cm}^{-1}$**  αποδίδεται σε δονήσεις C-H (Socrates, 2001). Το φάσμα του FOS παρουσιάζει ένα μέγιστο στα **1158**

$\text{cm}^{-1}$ . Η περιοχή αυτή αποδίδεται στους ολιγοσακχαρίτες (Nandini & Salimath, 2001, Kacurakova, Capek, Sasinkova, Wellner, & Ebringerova, 2000).

Η επόμενη κορυφή στα  $1092 \text{ cm}^{-1}$  αποδίδεται στην τάση του δεσμού C-O (Socrates, 2001). Η κορυφή στα  $1007 \text{ cm}^{-1}$  είναι χαρακτηριστική της γλυκόζης (Copikova et al., 2006). Οι κορυφές στα  $939$  και  $865 \text{ cm}^{-1}$  αντιστοιχούν στα  $\beta$  και  $\alpha$  ανωμερή της πυρανόζης (Socrates, 2001). Η τελευταία κορυφή στα  $716 \text{ cm}^{-1}$  αποδίδεται σε δονήσεις αιώρησης του  $-\text{CH}_2$  (Silvestein, Webster, Kiemle, 1996).

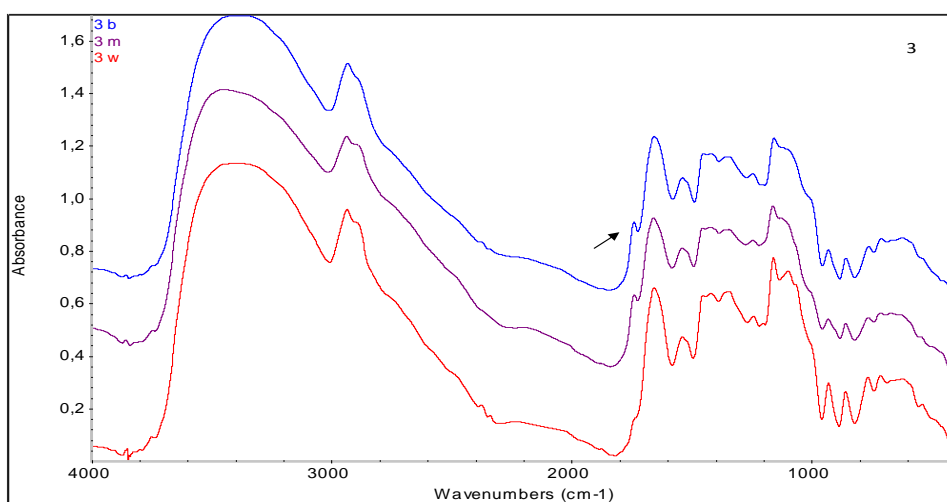
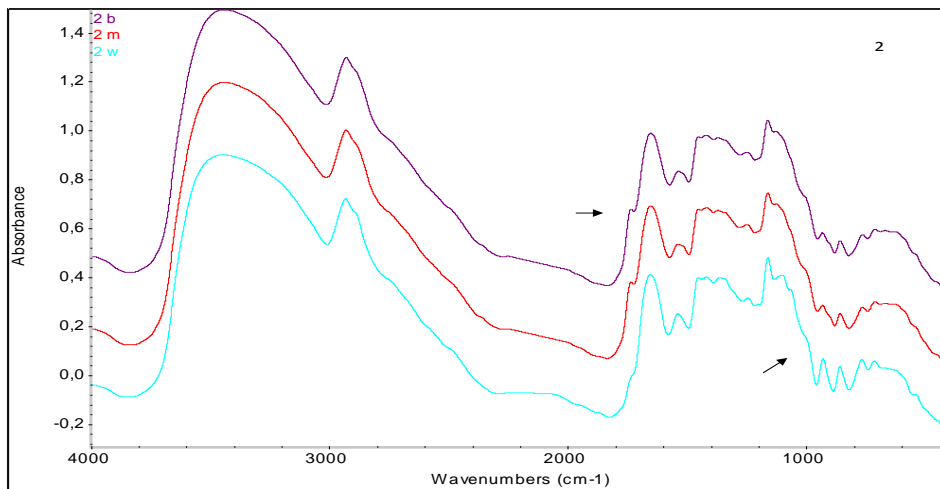
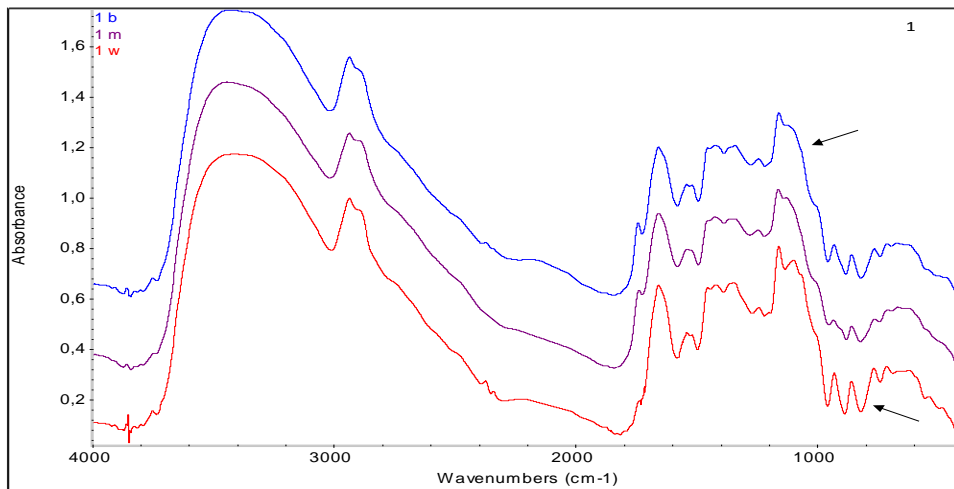
Πίνακας 8 Συνοπτική απόδοση κορυφών φρουκτοολιγοσακχαρίτη σύμφωνα με τη βιβλιογραφία

Actilight FOS $\text{cm}^{-1}$	Περιοχή	Χαρακτηριστική Ομάδα	Βιβλιογραφία
3511	3600-3200	OH	Socrates, 2001
2942	3200- 2800	C- H	Socrates, 2001
2366		$\text{CO}_2$	
1646		$\text{H}_2\text{O}$	Kacurakova, Wilson, 2001
1458		Φουρονικός δακύλιος	Socrates, 2001
1364		Φουρονικός δακύλιος	Socrates, 2001
1273		C-O-C	Socrates, 2001
1212	1240-1200	C-H	Socrates, 2001
1158	1161	ooligosaccharides	Nandini & Salimath, 2001, Kacurakova, 2000
1092	1100- 1030	galactose	Copikova et al, 2006
	1092	2 (OH) axial position	Kacurakova, 2000
	1100-1075	C-O	Socrates, 2001
1007	1030- 994	glucose	Copikova et al, 2006
939		$\beta$ ανωμερή	Mathlouthi & Koenig, 1986;
865		$\alpha$ ανωμερή	Zhbankov, Adrianov & Marchewka, 1997, Socrates, 2001
716		$-\text{CH}_2$	Silvestein, Webster, Kiemle, 1996

### 3.1.3 Κλάσματα άλεσης

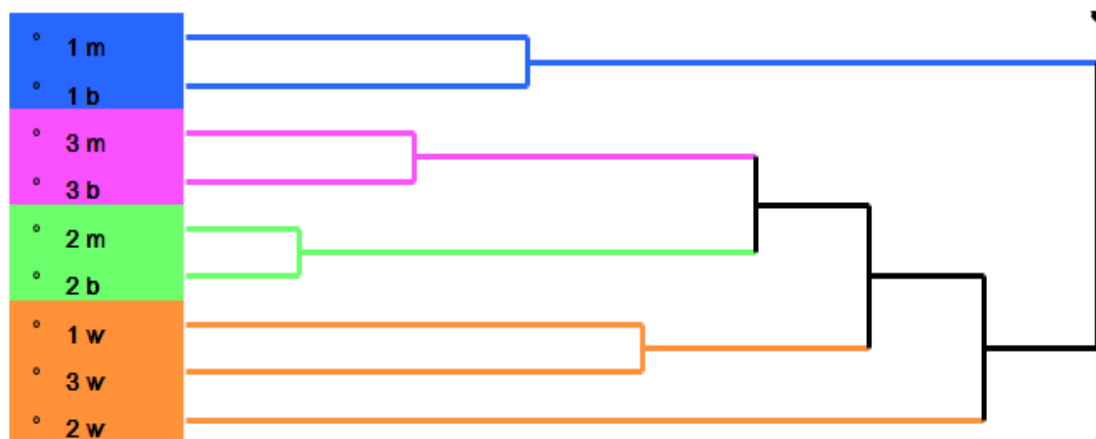
Ακολουθούν τα συγκριτικά φάσματα υπερύθρου, σε περιοχή  $4000- 400 \text{ cm}^{-1}$ , για τα τρία κλάσματα άλεσης, αλεύρου, βητέ και πίτουρου που προέκυψαν από σπόρους τριών διαφορετικών δειγμάτων. Όπως φαίνεται από το Σχήμα 20 τα φάσματα πίτουρου και βητέ σχεδόν ταυτίζονται, ενώ εκείνα

του αλεύρου παρουσιάζουν έντονες διαφοροποιήσεις. Τα βέλη στο σχήμα υποδεικνύουν αυτές ακριβώς τις διαφοροποιήσεις και ομοιότητες (Σχήμα 20).



Σχήμα 20 Συγκριτική μελέτη μέσω φασμάτων υπέρυθρου για τα τρία κλάσματα άλεσης, αλεύρι (w), βητές (m) και πίτουρο (b) τριών δειγμάτων 1, 2 και 3 (4000-400 cm<sup>-1</sup>).

Χρησιμοποιώντας την Ανάλυση Συστάδων (Cluster Analysis) όπου ακολουθείται ομαδοποίηση των μεταβλητών στηριζόμενη σε τεχνικές μέσω αποστάσεων, αυτό που παρατηρείται στα παραπάνω φάσματα αποδεικνύεται και με τη βοήθεια της στατιστικής. Δηλαδή, οι δύο πλησιέστερες παρατηρήσεις συνδέονται μεταξύ τους σε μία πρώτη συστάδα ώστε να βρεθεί ποιές παρατηρήσεις είναι όμοιες μεταξύ τους, δηλαδή συνιστούν ομοιογενείς ομάδες. Έτσι, παρατηρείται ότι για όλα τα δείγματα γίνεται μια πρώτη ομαδοποίηση κατά την οποία τα πίτουρα και ο βητές σχηματίζουν μία πρώτη συστάδα (Σχήμα 21).



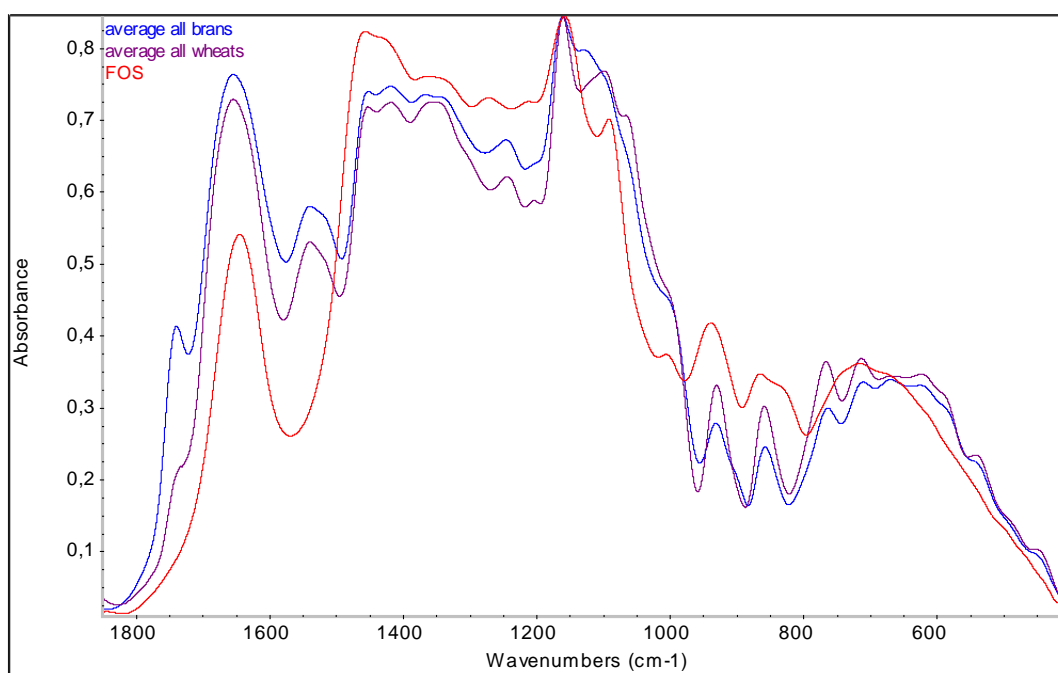
Σχήμα 21 Ανάλυση Συστάδων (Cluster Analysis) για τα τρία κλάσματα άλεσης, αλεύρι (w), βητές (m) και πίτουρο (b) τριών δειγμάτων ( $4000-400\text{ cm}^{-1}$ )

Αξιολογώντας τα παραπάνω αποτελέσματα και θεωρώντας ότι τα φάσματα υπερόθρου βητέ και πίτουρου δεν φέρουν σημαντικές διαφοροποιήσεις, η περαιτέρω μελέτη φασμάτων υπερόθρου σε κλάσματα άλεσης σίτου, βασίστηκε στο αλεύρι και το πίτουρο.

### 3.1.4 Σύγκριση φασμάτων φρουκτοολιγοσακχαρίτη- αλεύρων - πίτουρων

Η μελέτη των φασμάτων γίνεται στην περιοχή  $1850-400\text{ cm}^{-1}$  (Σχήμα 22). Συγκρίνονται τα φάσματα αλεύρων, πίτουρων και φρουκτοολιγοσακχαρίτη. Στο Σχήμα 23 παρουσιάζονται συγκριτικά τα φάσματα αλεύρου, πίτουρου και φρουκτοολιγοσακχαρίτη. Τα φάσματα

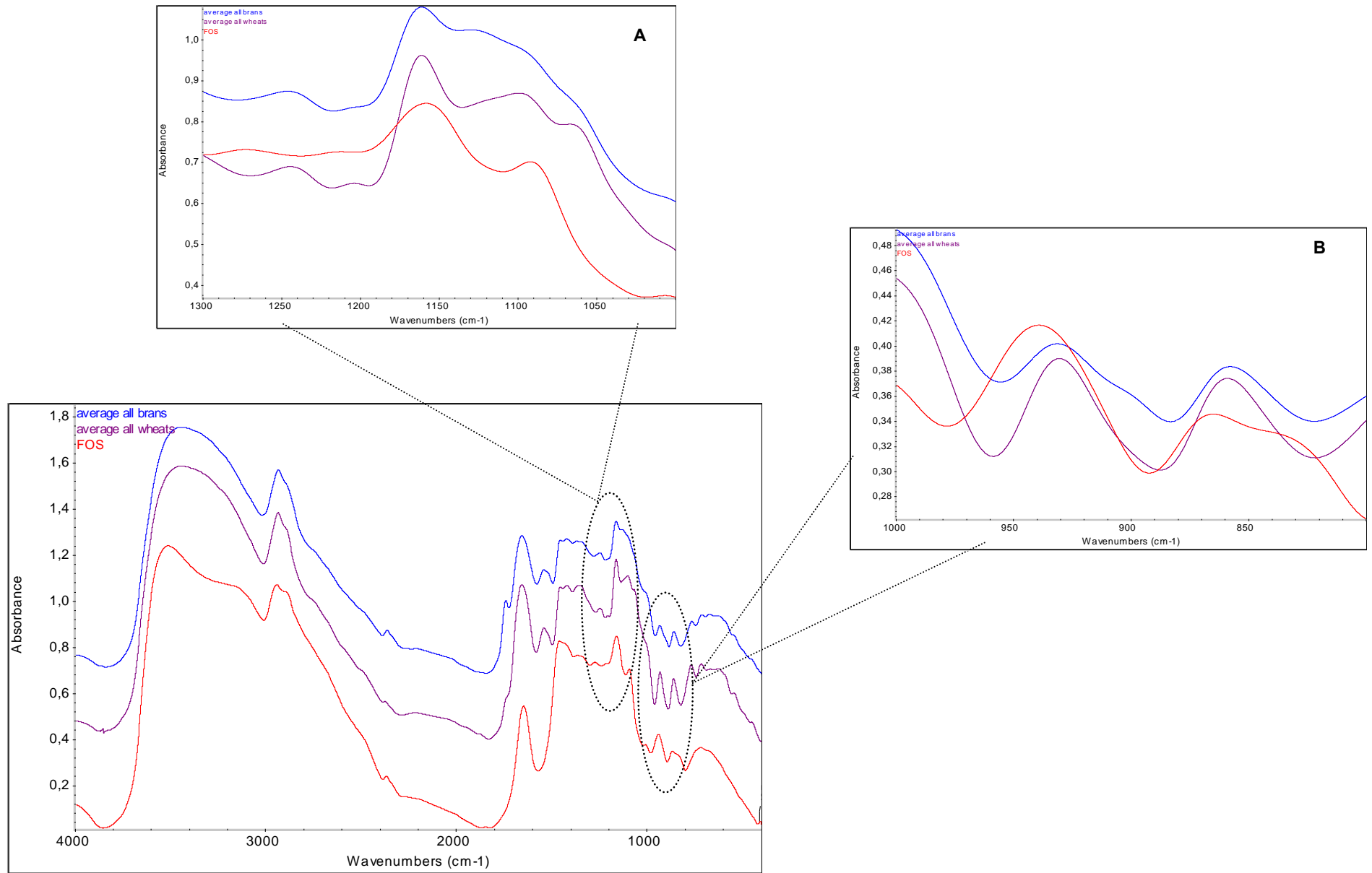
αλεύρου και πίτουρου προέκυψαν από το μέσο όρο των οκτώ μέσων φασμάτων των αρχικών δειγμάτων 1 w, 2w, 3w, 4w, 5w, 6w, 7w και 8w για το μέσο φάσμα αλεύρου και 1b, 2b, 3b, 4b, 5b, 6b, 7b, και 8b για το μέσο φάσμα πίτουρων. Στο ίδιο σχήμα γίνεται εστίαση σε δύο περιοχές που παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Η πρώτη περιοχή,  $1300-1000\text{ cm}^{-1}$  (A), περιλαμβάνει την οξεία κορυφή στα  $1158\text{ cm}^{-1}$  ενώ η δεύτερη,  $1000-800\text{ cm}^{-1}$  (B), περιλαμβάνει την περιοχή απορρόφησης των  $\beta$  και  $\alpha$  ανωμερών.



Σχήμα 22 Εστίαση φάσματος στην περιοχή μελέτης και σύγκριση των δειγμάτων ( $1850-400\text{ cm}^{-1}$ )

Η κορυφή του FOS στα  $1158\text{ cm}^{-1}$  παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον αφού εμφανίζεται σε όλα τα δείγματα και είναι χαρακτηριστική για τους ολιγοσακχαρίτες. Ενδιαφέρον επίσης παρουσιάζουν οι κορυφές που οφείλονται στα  $\beta$  και  $\alpha$  ανωμερή.





Σχήμα 23 Συγκριτική μελέτη φασμάτων αλεύρου, πίτουρου και φρουκτοολιγοσακχαρίτη (FOS). Τα δύο φάσματα (πίτουρο και αλεύρι) προέκυψαν από τον μέσο όρο οκτώ φασμάτων, οκτώ αλεύρων και των οκτώ αντίστοιχων πίτουρων τους (4000- 400  $\text{cm}^{-1}$ ). Εστίαση φάσματος A: 1300- 1000  $\text{cm}^{-1}$  και B: 1000-800  $\text{cm}^{-1}$

Για την ορθότερη σύγκριση των κορυφών μετρήθηκε ο όγκος τους. Έτσι, με τη βοήθεια του λογισμικού του φασματοφωτόμετρου μετρήθηκαν τα εμβαδά (area) των κορυφών που φαίνεται να έχουν μεγαλύτερο ενδιαφέρον. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 9. Παρατηρείται ότι οι κορυφές των αλεύρων, έχουν μεγαλύτερο εμβαδόν από τις αντίστοιχες των πίτουρων. Επίσης υπολογίστηκε το εμβαδόν των κορυφών που οφείλονται στα  $\beta$  και  $\alpha$  ανωμερή. Όλα τα δείγματα αλεύρου περιέχουν μεγαλύτερη ποσότητα  $\beta$  και  $\alpha$  ανωμερών από ότι τα αντίστοιχα πίτουρά τους. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται συνοπτικά και στα Διαγράμματα 1 1 και 1 2.

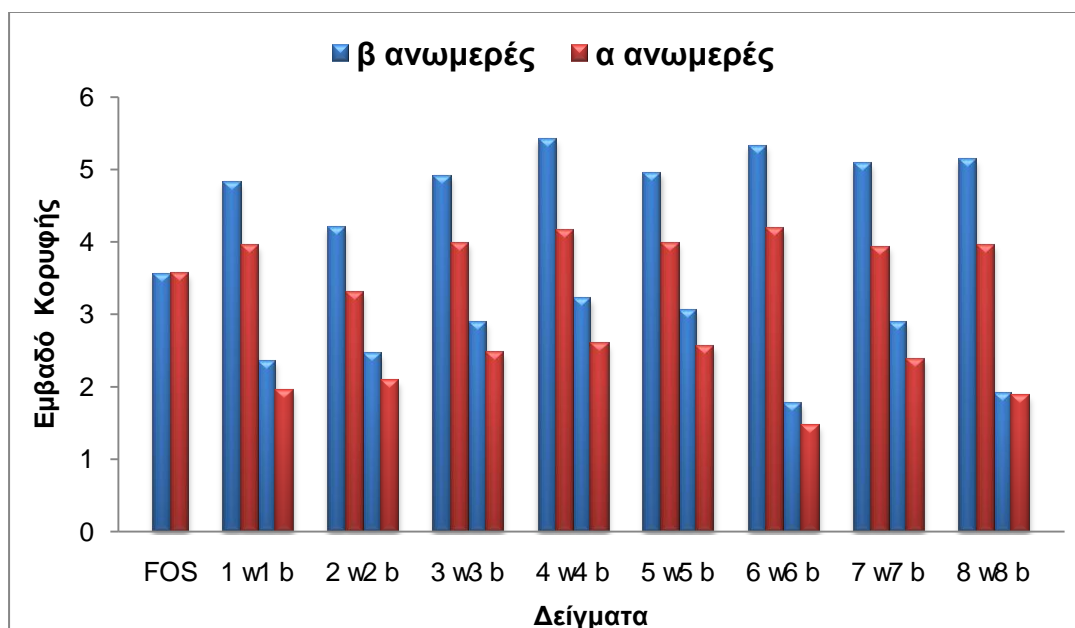
Επίσης χρησιμοποιώντας τον τύπο:

$$\alpha / (\alpha + \beta) = \alpha \%$$

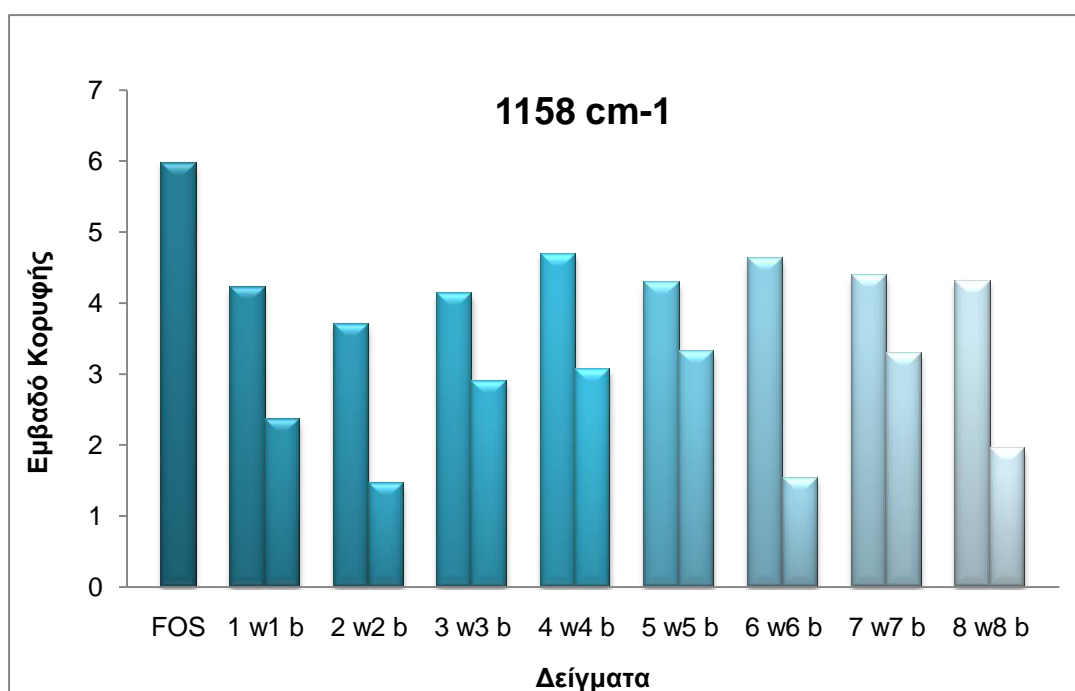
υπολογίστηκε το ποσοστό του  $\alpha$  ανωμερούς στα δείγματα. Όλα τα κλάσματα άλεσης περιέχουν μεγαλύτερα ποσοστά  $\beta$  ανωμερών (53- 57%) από ότι  $\alpha$  (43- 47%).

Πίνακας 9 Εμβαδά κορυφών που χαρακτηρίζουν τον φρουκτοολιγοσακχαρίτη και συναντούνται στα αλεύρια και τα πίτουρα (Δ.Υ.= Δεν Υπάρχει)

Κορυφές	1158 cm <sup>-1</sup>	$\beta$ ανωμερές	$\alpha$ ανωμερές	ποσοστό $\alpha$ ανωμερούς
<b>Δείγματα</b>	<b>ΕΜΒΑΔΑ ΚΟΡΥΦΩΝ</b>			
<b>FOS</b>	5,975	3,561	3,566	50%
<b>1 w</b>	4,233	4,82	3,95	45%
<b>3 w</b>	4,132	4,911	3,985	45%
<b>2 w</b>	3,701	4,194	3,304	44%
<b>4 w</b>	4,691	5,412	4,152	43%
<b>6 w</b>	4,628	5,322	4,18	44%
<b>7 w</b>	4,393	5,085	3,932	44%
<b>8 w</b>	4,313	5,132	3,956	44%
<b>5 w</b>	4,289	4,952	3,981	45%
<b>1 b</b>	2,353	2,353	1,952	45%
<b>3 b</b>	2,904	2,881	2,472	46%
<b>2 b</b>	1,463	2,452	2,085	46%
<b>4 b</b>	3,064	3,221	2,597	45%
<b>6 b</b>	1,535	1,774	1,465	45%
<b>7 b</b>	3,291	2,884	2,383	45%
<b>8 b</b>	1,951	2,019	1,815	47%
<b>5 b</b>	3,316	3,057	2,561	46%

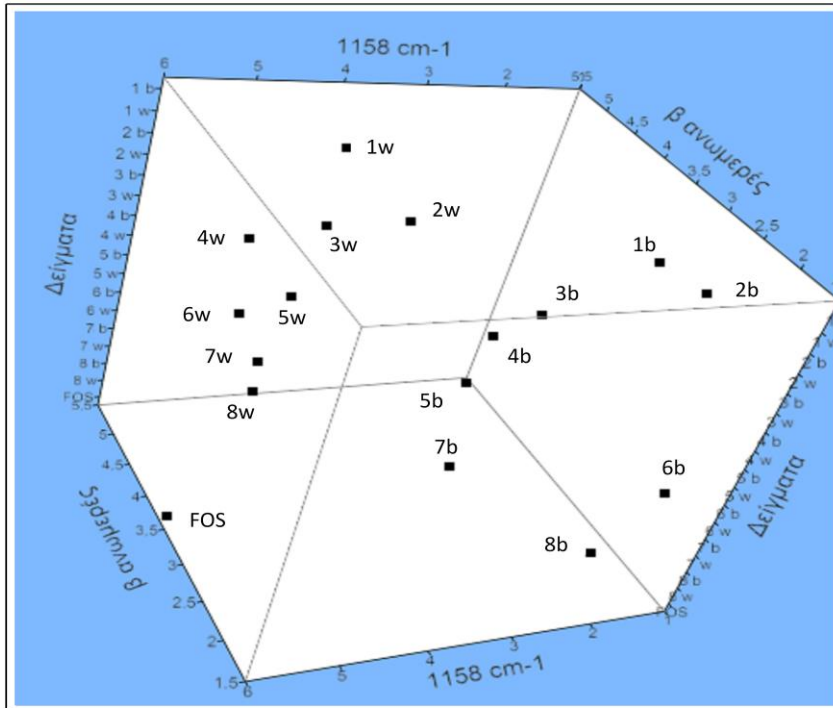


Διάγραμμα 1 1 Εμβαδά κορυφών β και α ανωμερών για όλα τα δείγματα σε αλεύρι (w) και σε πίτουρο (b)

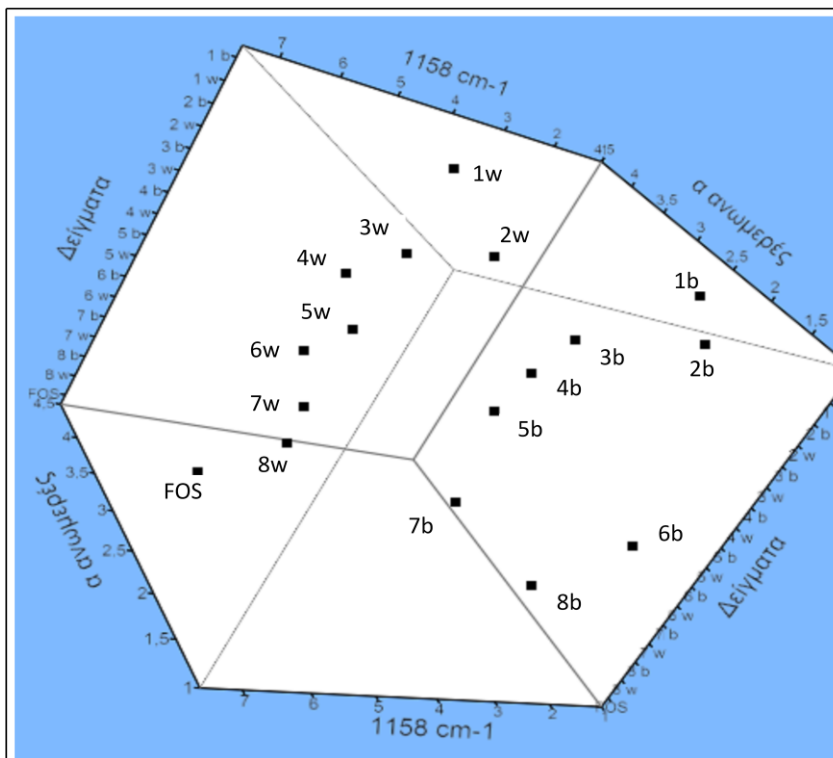


Διάγραμμα 1 2 Εμβαδό κορυφής στα  $1158\text{ cm}^{-1}$  για όλα τα δείγματα σε αλεύρι (w) και σε πίτουρο (b)

### Scatterplot 3D



Διάγραμμα 1 3 Scatter Plot 3d με τα δείγματα σε σχέση με τα εμβαδά των κορυφών στα 1158 cm<sup>-1</sup> και των β ανωμερών



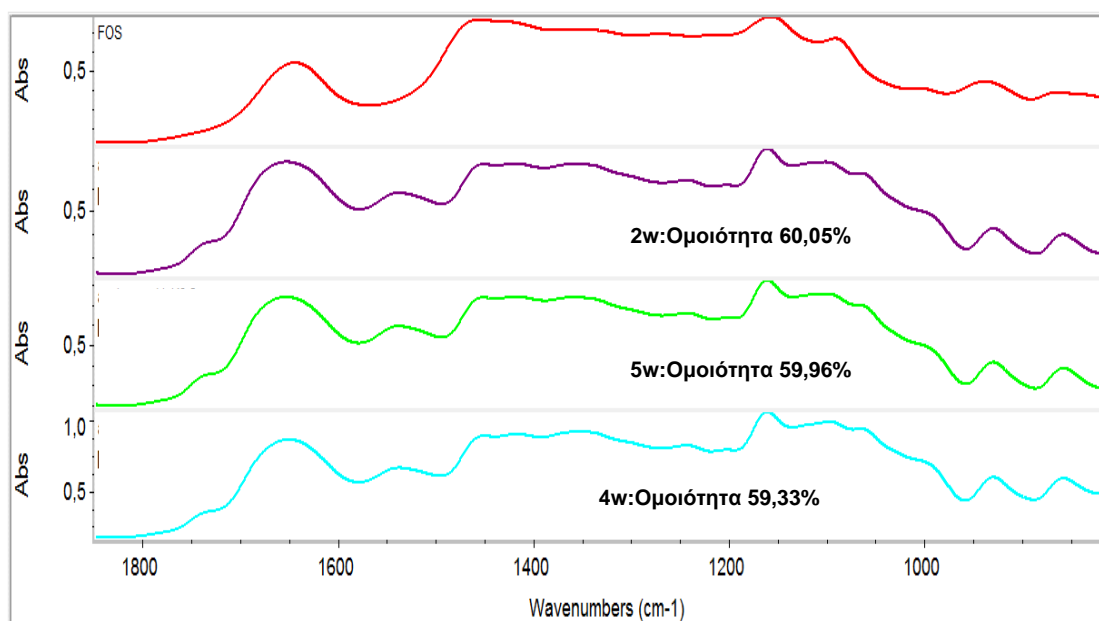
Διάγραμμα 1 4 Scatter Plot 3d με τα δείγματα σε σχέση με τα εμβαδά των κορυφών στα 1158 cm<sup>-1</sup> και των α ανωμερών

Με χρήση της βιβλιοθήκης “wheat-bran” συγκρίνονται όλα τα φάσματα ως προς την ομοιότητα τους με το φάσμα του φρουκτοολιγοσακχαρίτη. Η μελέτη γίνεται σε συγκεκριμένες περιοχές του φάσματος. Στην πρώτη περίπτωση (Πίνακας 10) η σύγκριση γίνεται στα  $1000-800\text{ cm}^{-1}$ , στην περιοχή δηλαδή όπου παρουσιάζονται οι κορυφές που αποδίδονται στα  $\alpha$  και  $\beta$  ανωμερή. Στο εύρος αυτό παρατηρείται ότι δεν υπάρχει σημαντική ομοιότητα των φασμάτων της βιβλιοθήκης με εκείνο του φρουκτοολιγοσακχαρίτη αφού η μέγιστη ομοιότητα είναι στα 36,28%. Αξίζει όμως να αναφερθεί ότι για όλα τα φάσματα αλεύρων η ομοιότητα με το φάσμα του φρουκτοολιγοσακχαρίτη ήταν μεγαλύτερη από ότι για τα αντίστοιχα των πίτουρων. Τα φάσματα των αλεύρων ομοιάζουν κατά μέσο όρο 18 % περισσότερο από ότι εκείνα των πίτουρων με το φάσμα του φρουκτοολιγοσακχαρίτη στην συγκεκριμένη περιοχή. Άρα τα άλευρα περιέχουν μεγαλύτερη ποσότητα  $\beta$  και  $\alpha$  ανωμερών σε σχέση με τα πίτουρα.

Πίνακας 10 Σύγκριση και ποσοστά ομοιότητας φασμάτων βιβλιοθήκης με το φάσμα του φρουκτοολιγοσακχαρίτη στην περιοχή  $1000- 800\text{ cm}^{-1}$

Ομοιότητα	Δείγματα
36,28	4 w
35,65	8 w
35,03	5 w
34,95	7 w
34,48	2 w
33,08	6 w
32,19	3 w
32,17	1 w
23,17	7 b
19,86	4 b
19,42	1 b
17,20	5 b
17,19	3 b
14,56	2 b
9,79	8 b
7,50	6 b

Στη δεύτερη περίπτωση (Πίνακας 11), η σύγκριση και ο προσδιορισμός της ομοιότητας γίνεται ταυτόχρονα σε δύο περιοχές του φάσματος, όπου επικεντρώνεται το ενδιαφέρον, στα  $1190-1140\text{ cm}^{-1}$  και στα  $1000-800\text{ cm}^{-1}$ . Όπως προαναφέρεται η πρώτη περιοχή είναι χαρακτηριστική για τους ολιγοσακχαρίτες, ενώ η δεύτερη περιέχει κορυφές που αποδίδονται στα  $\beta$  και  $\alpha$  ανωμερή. Παρατηρείται ότι το μέγιστο ποσοστό ομοιότητας είναι 60,05 % και ότι για κάθε δείγμα η ομοιότητα του φάσματος του αλεύρου με το φάσμα του FOS είναι μεγαλύτερη από ότι με το αντίστοιχο πύτουρο. Επειδή οι περιοχές σύγκρισης είναι αυτές που χαρακτηρίζουν τον φρουκτοολιγοσακχαρίτη, με επιφύλαξη μπορεί να γίνει ο ισχυρισμός ότι το ποσοστό ομοιότητας των φασμάτων σε αυτές τις περιοχές σύγκρισης δίνει το ποσοστό περιεκτικότητάς των δειγμάτων σε FOS.



Σχήμα 24 Συγκριτική μελέτη φασμάτων αλεύρου, πύτουρου και φρουκτοολιγοσακχαρίτη (FOS) στις περιοχές  $1190-1140\text{ cm}^{-1}$  και  $1000-800\text{ cm}^{-1}$ . Απεικόνιση του φάσματος FOS και των τριών δειγμάτων με τη μεγαλύτερη ομοιότητα με αυτόν.

Πίνακας 11 Σύγκριση και ποσοστά ομοιότητας φασμάτων βιβλιοθήκης με το φάσμα του φρουκτοολιγοσακχαρίτη στις περιοχές  $1190-1140\text{ cm}^{-1}$  και  $1000-800\text{ cm}^{-1}$

Ομοιότητα με FOS	Δείγμα
60,05	2 w
59,96	5 w
59,33	4 w
59,25	7 w
59,12	8 w
58,77	1 w
58,39	6 w
57,76	3 w
52,51	1 b
50,13	5 b
50,10	7 b
49,61	4 b
47,97	2 b
47,56	3 b
45,33	6 b
44,14	8 b

Με την Τεχνική της διάχυτης ανάκλασης (Diffuse Reflectance Infra-Red Fourier Transform spectroscopy – DRIFTS) αναπτύχθηκε μία μέθοδος για τον προσδιορισμό των FOS στα κλάσματα άλεσης. Με τη μέθοδο αυτή γίνεται δυνατός ο χαρακτηρισμός ότι υπάρχουν FOS στα κλάσματα άλεσης σίτου. Ωστόσο χρήζει περαιτέρω έρευνας.

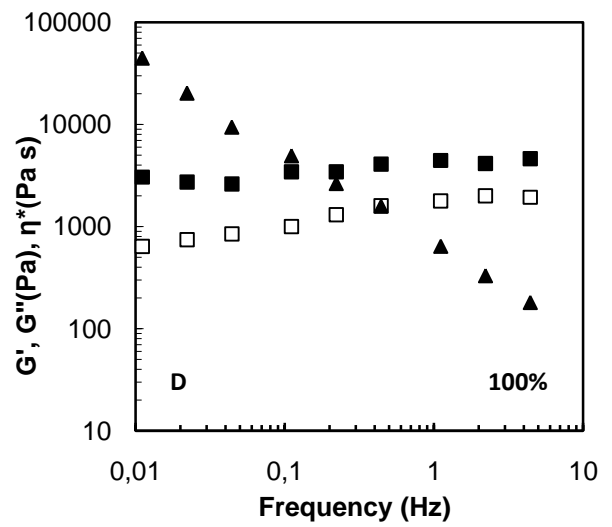
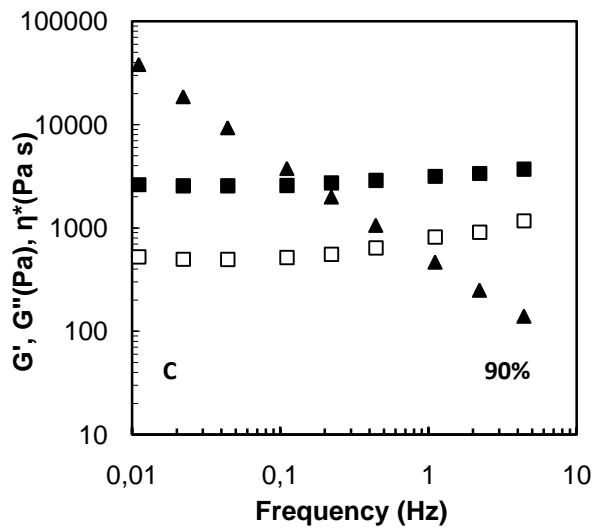
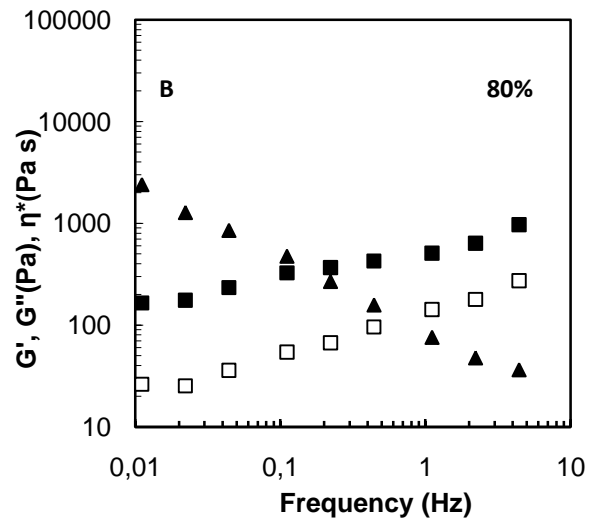
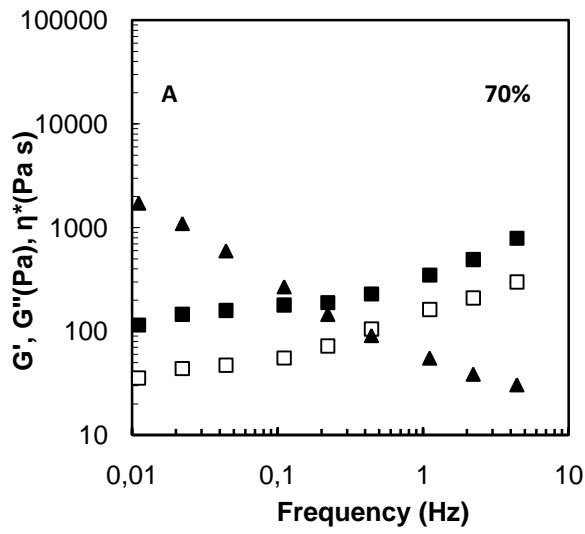
## 3.2 Ρεολογία

Πειράματα ταλάντωσης μικρής παραμόρφωσης πραγματοποιήθηκαν με σκοπό να διερευνηθεί η επίδραση της μερικής αντικατάστασης της σουκρόζης από φρουκτοολιγοσακχαρίτη (FOS) στη δομή και στην ποιότητα των τελικών προϊόντων κρέμας καραμελέ. Αρχικά τα δείγματα ψύχθηκαν από τους 85°C στους 5°C και στη συνέχεια θερμάνθηκαν μέχρι τους 25 °C. Η θερμοκρασία μεταβαλλόταν με ρυθμό 2°C/min. Στο τέλος της παραπάνω διαδικασίας (25 °C) μετρήθηκαν  $G'$ ,  $G''$  και  $\eta^*$  για όλα τα δείγματα σε μία περιοχή συχνοτήτων 0,01-0,5 Hz.

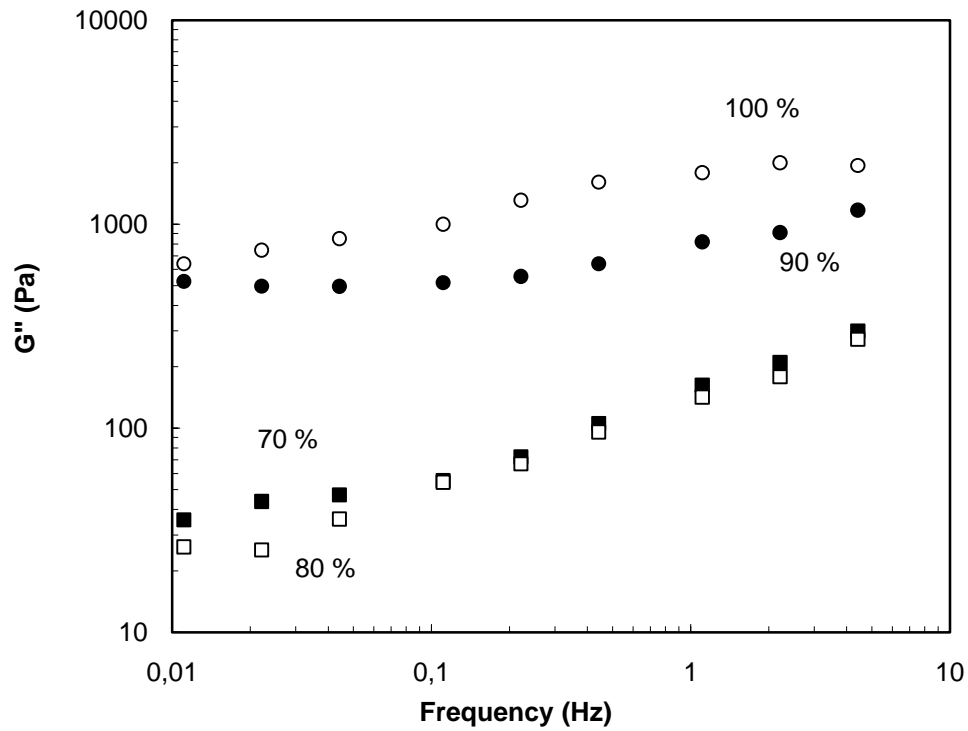
Μία πρώτη παρατήρηση ήταν ότι για όλα τα δείγματα, ανεξαρτήτως σύστασης, το  $G'$  ήταν μεγαλύτερο από το  $G''$  τη στιγμή εκκίνησης του πειράματος στους 85°C. Επομένως, τα δείγματα αν και ήταν σε ρευστή μορφή, παρουσιάζουν ισχυρό χαρακτήρα πηκτής στους 85°C. Επίσης, τα δείγματα όπου η σουκρόζη αντικαταστήθηκε κατά 20% και 30% από FOS, ξεκινάνε με μεγαλύτερες τιμές  $G'$  στους 85°C από ότι τα άλλα δύο δείγματα τα οποία με τη σειρά τους, παρουσιάζουν μεγαλύτερη ισχύ ( $G'$ ) στη θερμοκρασία των 5°C. Κατά τη διάρκεια της ψύξης των δειγμάτων, αρχικά και οι δύο χαρακτήρες, ελαστικός και ιξώδης, αυξάνονται ταχύτατα με τη μείωση της θερμοκρασίας. Στη συνέχεια, ακολουθεί μία περιοχή με πολύ πιο αργή εξέλιξη και για τους δύο χαρακτήρες. Τελικά, η ισχύς του σχηματιζόμενου δικτύου αρχίζει και ελαττώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας.

Αυτή η αλλαγή στο χαρακτήρα του δικτύου κατά τη διάρκεια του θερμικού κύκλου, παρουσιάζεται στο διάγραμμα , όπου φαίνεται η διακύμανση του  $\tan \delta$  σε σχέση με το χρόνο. Αν και δεν παρουσιάζονται μεγάλες διαφοροποιήσεις, παρατηρείται μια μικρή αύξηση στο τμήμα της θέρμανσης.

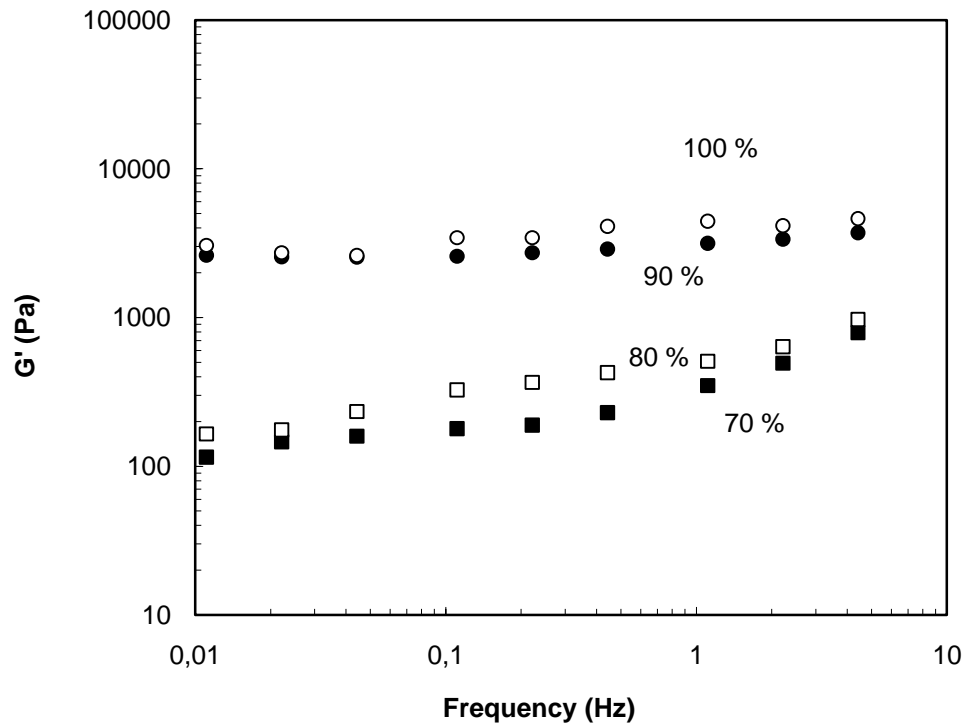




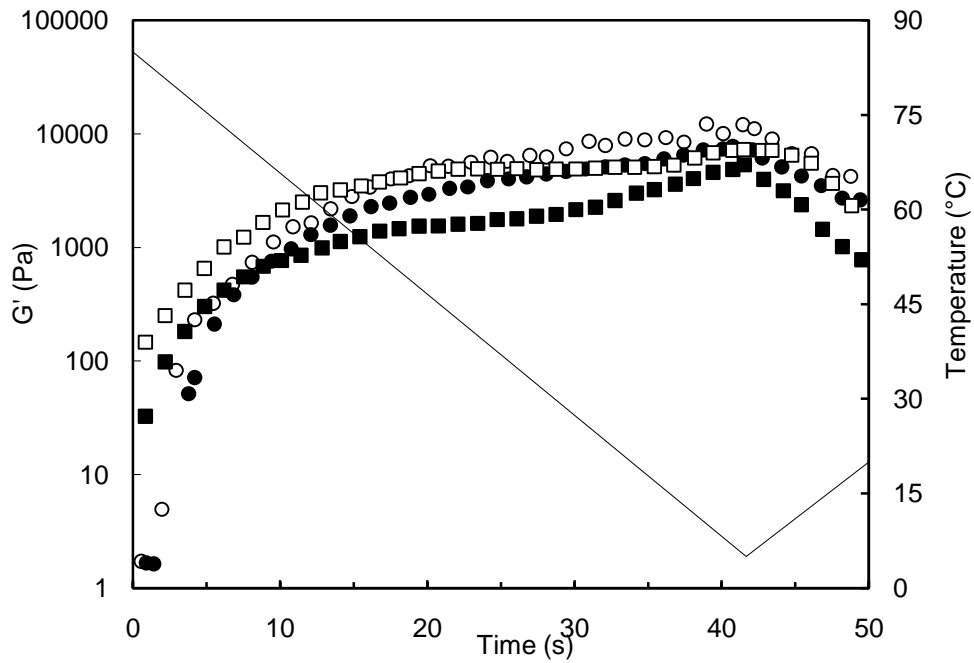
Διάγραμμα 1 5  $G'$ (■),  $G''$ (□),  $\eta^*$ (▲) σε σχέση με τη συχνότητα (Frequency) για όλα τα δείγματα A,B,C και D για 70% σουκρόζη 30% FOS, 80% σουκρόζη- 20% FOS, 90% σουκρόζη- 10% FOS και 100% σουκρόζη αντίστοιχα



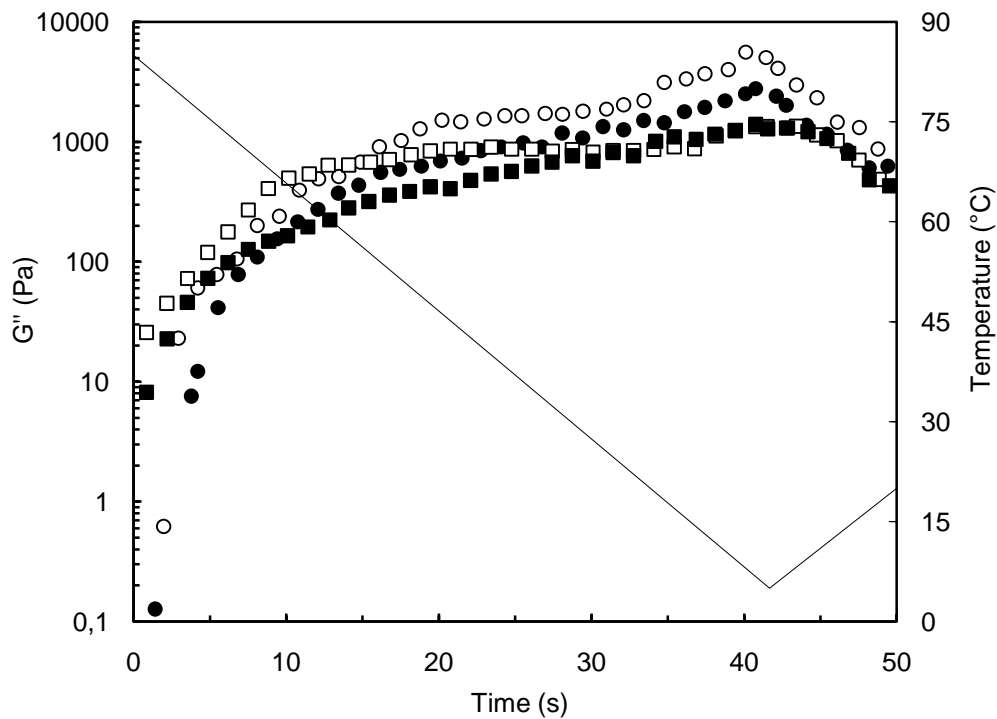
Διάγραμμα 1 6  $G''$  σε σχέση με τη συχνότητα (Frequency) για όλα τα δείγματα με 70% σουκρόζη 30% FOS (■), 80% σουκρόζη- 20% FOS (□), 90% σουκρόζη- 10% FOS (●) και 100% σουκρόζη (○)



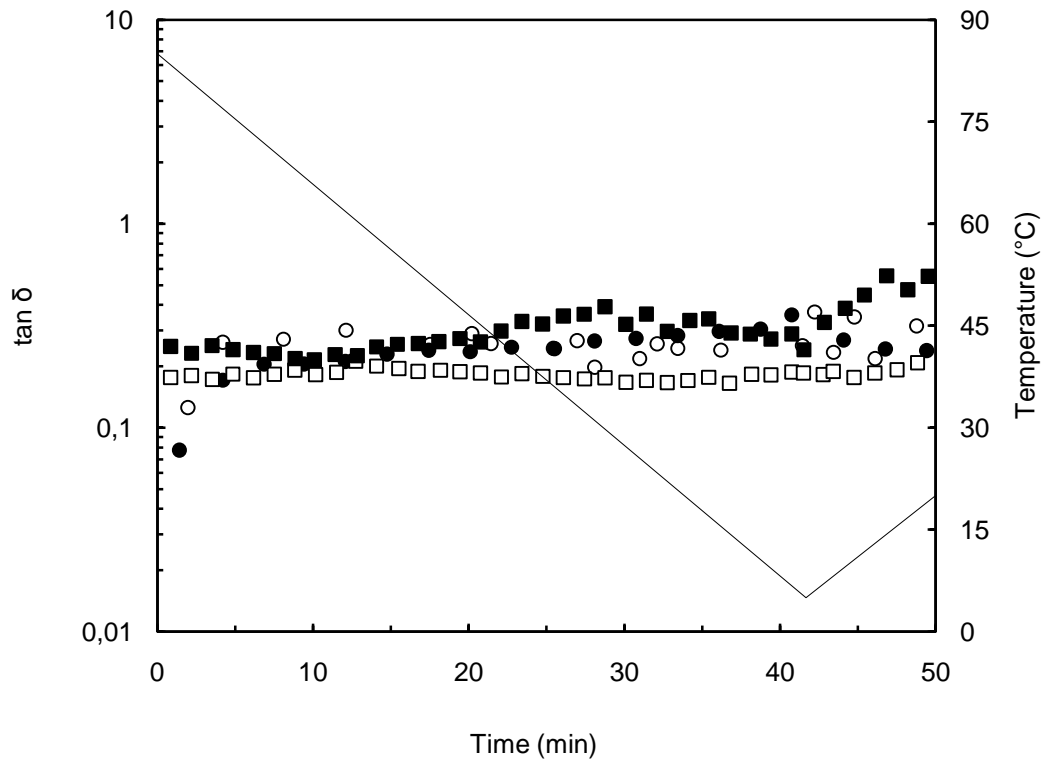
Διάγραμμα 1 7  $G'$  σε σχέση με τη συχνότητα (Frequency) για όλα τα δείγματα με 70% σουκρόζη 30% FOS (■), 80% σουκρόζη- 20% FOS (□), 90% σουκρόζη- 10% FOS (●) και 100% σουκρόζη (○)



Διάγραμμα 1 8  $G'$  σε σχέση με το χρόνο (time) σε ένα κύκλο θέρμανσης  $85^{\circ}\text{C}-5^{\circ}\text{C}-25^{\circ}\text{C}$  (—) για όλα τα δείγματα με 70% σουκρόζη 30% FOS (■), 80% σουκρόζη- 20% FOS (□), 90% σουκρόζη- 10% FOS (●) και 100% σουκρόζη (○)



Διάγραμμα 1 9  $G''$  σε σχέση με το χρόνο (time) σε ένα κύκλο θέρμανσης  $85^{\circ}\text{C}-5^{\circ}\text{C}-25^{\circ}\text{C}$  (—) για όλα τα δείγματα με 70% σουκρόζη 30% FOS (■), 80% σουκρόζη- 20% FOS (□), 90% σουκρόζη- 10% FOS (●) και 100% σουκρόζη (○)



Διάγραμμα 1 10 tanδ'σε σχέση με το χρόνο (time) σε ένα κύκλο θέρμανσης 85°C-5°C-25 °C(—) για όλα τα δείγματα με 70% σουκρόζη 30% FOS (■), 80% σουκρόζη- 20% FOS (□), 90% σουκρόζη- 10% FOS (●) και 100% σουκρόζη (○)

Ο χαρακτηρισμός όλων των δειγμάτων βασίζεται στα μηχανικά φάσματα που καταγράφηκαν στο τέλος κάθε περιόδου. Όλα τα δείγματα παρουσιάζουν χαρακτήρα πηκτής, αφού το  $G'$  είναι μεγαλύτερο του  $G''$  σε όλο το εύρος συχνοτήτων που μελετήθηκαν. Ωστόσο, η υποκατάσταση της σουκρόζης με FOS οδήγησε σε μείωση τόσο του χαρακτήρα όσο και της ισχύος της πηκτής.

### 3.3 Οργανοληπτική Αξιολόγηση

Η οργανοληπτική αξιολόγηση έγινε από εκπαιδευμένο πάνελ οργανοληπτικού ελέγχου. Η εκπαίδευση του έγινε από το εργαστήριο Μηχανικής Τροφίμων, Επεξεργασίας και Συντήρησης Αγροτικών Προϊόντων βάσει των ISO 5492:2008, 11036:1994, 4120:2004, 8586-1:1993, 8586-2:1994, 4124:2003 από τον Ιουνίου 2010 έως το Νοεμβρίου 2010 και ήταν προσανατολισμένη στα επιδόρπια με βάση το άμυλο, όπως είναι η κρέμα καραμελέ.

Το πάνελ οργανοληπτικού ελέγχου απαρτίζεται από έντεκα άτομα ηλικίας 22-32 ετών, 2 άντρες και 9 γυναίκες. Σκοπός του πάνελ είναι να αξιολογήσει τις κρέμες καραμελέ με φρουκτοολιγοσακχαρίτη (FOS) και να τις συγκρίνει με τις συμβατικές.

Σε πρώτο στάδιο έγινε μια πρώτη αξιολόγηση της κρέμας καραμελέ από το εκπαιδευμένο πάνελ. Με χρήση περιγραφικού τεστ μελετήθηκαν δύο τύποι κρέμας: ο συμβατικός και εκείνος με 50% αντικατεστημένη σουκρόζη από FOS. Σημειώθηκαν ποια χαρακτηριστικά εντοπίστηκαν, με ποια σειρά, με ποια ένταση και μια γενική αντίληψη του δείγματος. Από αυτή τη διαδικασία προέκυψαν τα χαρακτηριστικά της κρέμας καραμελέ που εν τέλει αξιολογήθηκαν οργανοληπτικά.

Εκείνο που κυρίως ενδιαφέρει στα τελικά δείγματα είναι η γεύση και συγκεκριμένα η γλυκύτητα. Κατά πόσο δηλαδή η αντικατάσταση της σουκρόζης από το FOS επιφέρει διαφοροποίηση στη γεύση του τελικού προϊόντος. Η αντικατάσταση της σουκρόζης έγινε σε ποσοστά 10%, 20% και 30%. Τέλος, ένα κομμάτι της οργανοληπτικής αξιολόγησης είχε να κάνει με τη σύγκριση φρέσκων και αποθηκευμένων δειγμάτων.

#### 3.3.1 Τριγωνικά Τεστ

Προτού γίνουν τα τελικά δείγματα θεωρήθηκε χρήσιμο να βρεθεί κατά πόσο οι αντικαταστάσεις που επιλέχθηκαν γίνονται αντιληπτές σε ένα πιο απλό σύστημα από αυτό της κρέμας, στο νερό. Έτσι προετοιμάστηκαν δείγματα ζαχαρόνερου αντίστοιχα με εκείνα των δειγμάτων:

**100% σουκρόζη:** στα 100 g νερού 9,2 g σουκρόζης

**90% σουκρόζη:** στα 100 g νερού 8,3 g σουκρόζης και 0,8 g FOS

**80% σουκρόζη:** στα 100 g νερού 7,3 g σουκρόζης και 1,8 g FOS

**70% σουκρόζη:** στα 100 g νερού 6,5 g σουκρόζης και 2,7 g FOS

**50% σουκρόζη:** στα 100 g νερού 4,6 g σουκρόζης και 4,6 g FOS.

Το FOS έχει γλυκαντική δύναμη 30 όταν η σουκρόζη έχει 100. Οπότε τα τελικά δείγματα έχουν

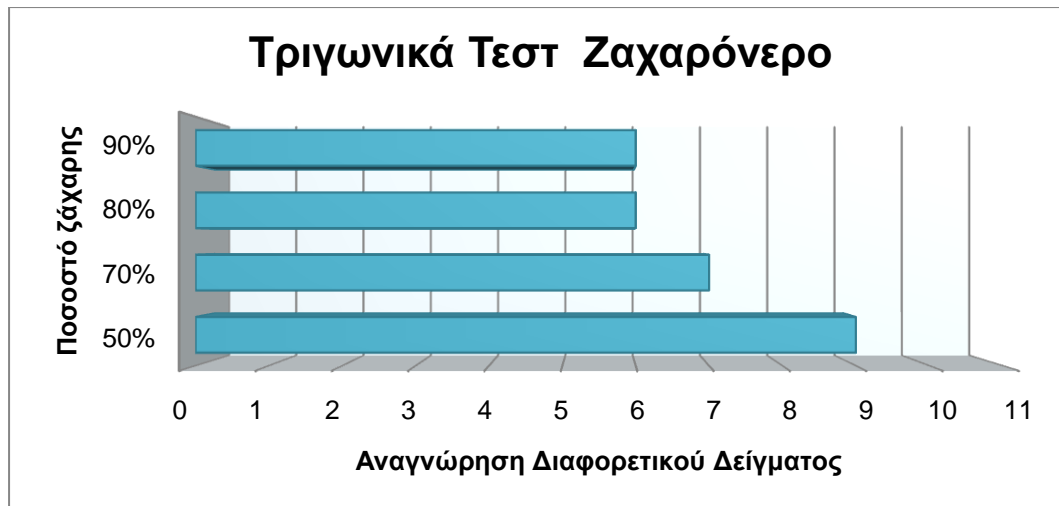
Πίνακας 12 Γλυκαντική δύναμη δειγμάτων

Δείγματα	Γλυκαντική Δύναμη
100% σουκρόζη	100
90% σουκρόζη-10% FOS	93
80% σουκρόζη-20% FOS	86
70% σουκρόζη-30% FOS	79
50% σουκρόζη-50% FOS	65

Οι δοκιμαστές σε αυτή τη φάση έκαναν τρία τριγωνικά τεστ. Κάθε φορά δίνονταν σε αυτούς τρία δείγματα ζαχαρόνερου. Σε όλες τις περιπτώσεις το διπλό δείγμα ήταν εκείνο με 100% σουκρόζη και το τρίτο ήταν με 90%, 80%, 70% και 50% αντίστοιχα. Ζητούμενο ήταν οι δοκιμαστές να βρουν το διαφορετικό δείγμα.

Η πιθανότητα αναγνώρισης του διαφορετικού δείγματος είναι  $P_0=1/3$ . Ως μηδενική υπόθεση,  $H_0$ , ορίζεται ότι οι δοκιμαστές δεν μπορούν να αναγνωρίσουν το διαφορετικό δείγμα. Η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται όταν  $P_0 \geq 1/3$ , δηλαδή όταν επτά ή και περισσότεροι δοκιμαστές αναγνωρίσουν το διαφορετικό δείγμα (ISO 6658:2005).

Για τις περιεκτικότητες σουκρόζης 50% και 70% οι δοκιμαστές μπορούν να αναγνωρίσουν το διαφορετικό δείγμα, ενώ για τις περιεκτικότητες 80% και 90% η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται, δηλαδή, δεν είναι δυνατή η αναγνώριση μεταξύ των δειγμάτων.



Διάγραμμα 11 Αναγνώριση διαφορετικού δείγματος σε τριγωνικά τεστ

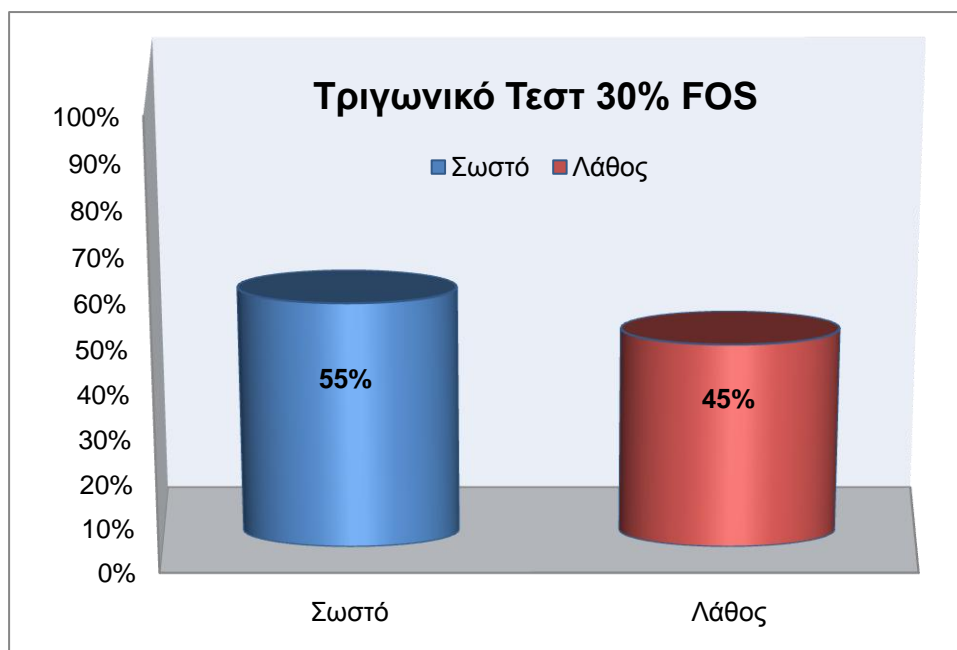
Πίνακας 13 Αποτελέσματα τριγωνικού τεστ για διαφοροποιήσεις σε γλυκύτητα, όπου 1 επιτυχία αναγνώρισης και 0 αποτυχία αναγνώρισης

ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΕΣ				
Δοκιμαστές	50%	70%	80%	90%
1	0	0	0	0
2	1	1	1	0
3	1	1	1	1
4	1	1	1	1
5	0	0	1	0
6	1	1	1	0
7	1	1	1	1
8	1	1	0	1
9	1	0	0	1
10	1	1	0	1
11	1	0	0	0
<b>Σύνολα</b>	<b>9</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>6</b>

### 3.3.2 Φρέσκα Δείγματα Κρέμας Καραμελέ

Από τα παραπάνω γίνεται αντιληπτό ότι η αντικατάσταση της σουκρόζης σε ποσοστό 10% και 20% με τον φρουκτοολιγοσακχαρίτη δεν επιφέρει σημαντική διαφοροποίηση στη γλυκύτητα του νερού. Έτσι, σε ένα πολυπλοκότερο σύστημα όπως εκείνο της κρέμας καραμελέ επιλέχθηκε να μελετηθεί με χρήση τριγωνικού τεστ μόνο η αντικατάσταση σε ποσοστό 30%.

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε είναι η ίδια με παραπάνω. Οι δοκιμαστές δυσκολεύτηκαν να βρουν το διαφορετικό δείγμα, αφού μόλις το 55% είχε επιτυχία. Αυτό σημαίνει ότι η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται και η διαφορά γλυκύτητας μεταξύ των δειγμάτων κρέμας καραμελέ που είχαν 100% σουκρόζη και εκείνων με 70% σουκρόζη και 30% FOS δεν είναι σημαντική.



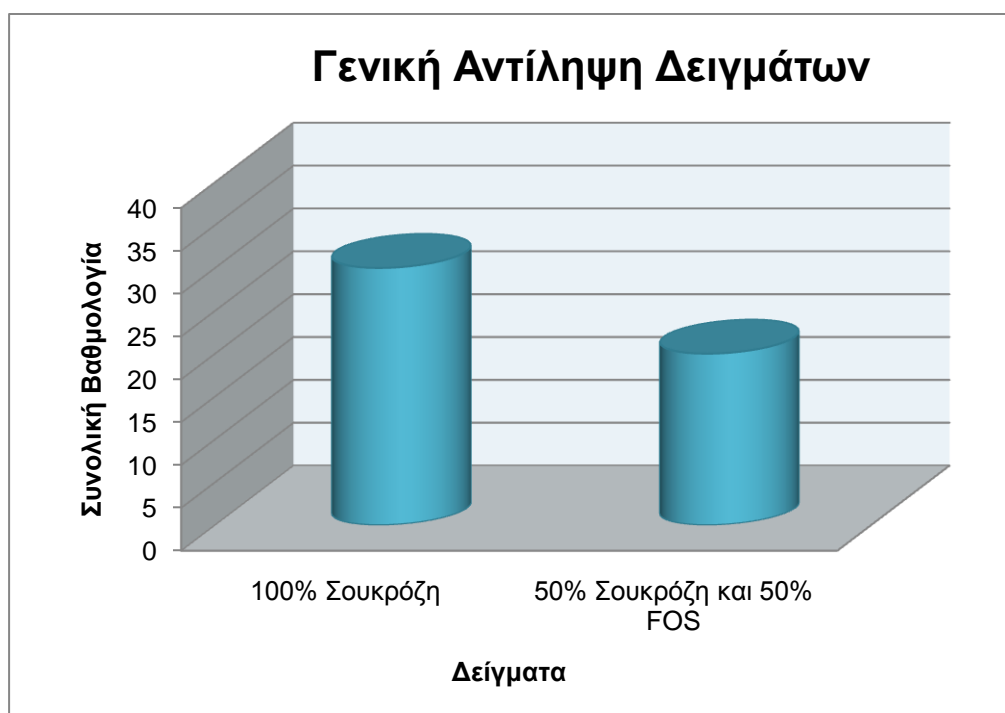
**Διάγραμμα 1 12 Αναγνώριση διαφορετικού δείγματος σε τριγωνικό τεστ με δύο δείγματα 100% σουκρόζη και με 70% σουκρόζη- 30% φρουκτοολιγοσακχαρίτη**

Στη συνέχεια, οι δοκιμαστές κλήθηκαν να βαθμολογήσουν βάσει γενικής προτίμησης δύο δείγματα κρέμας καραμελέ. Δεδομένου ότι η διαφοροποίηση μεταξύ των δειγμάτων, με 100% σουκρόζη και υποκατάσταση αυτής κατά 30% με FOS δεν είναι σημαντική, οι δοκιμαστές εξέτασαν δείγματα κρέμας καραμελέ με 100% σουκρόζη και με 50% σουκρόζη- 50% φρουκτοολιγοσακχαρίτη. Οι δοκιμαστές έδειξαν να προτιμούν την πρότυπη κρέμα καραμελέ με 100% ζάχαρη. Στην ίδια δοκιμασία οι δοκιμαστές έδωσαν και μια γενικότερη εικόνα των δύο δειγμάτων.

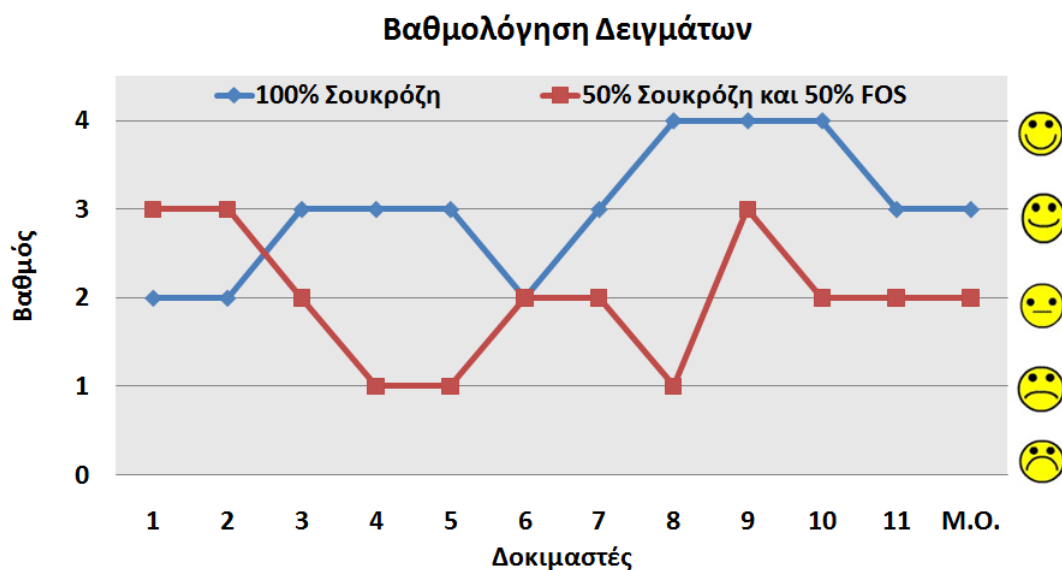


Πίνακας 14 Γενική αντίληψη δειγμάτων με 100% σουκρόζη και με 50% σουκρόζη- 50% φρουκτοολιγοσακχαρίτη, χαρακτηρισμοί δοκιμαστών

Χαρακτηριστικά	Δείγματα	
	100% σουκρόζη	50% σουκρόζη- 50% φρουκτοολιγοσακχαρίτη
<b>Γεύση</b>	πιο γλυκό(5), πιο έντονη βανίλια, πιο έντονο το βούτυρο, όχι τόσο έντονη γεύση βουτύρου πιο έντονη βανίλιας	άγλυκη, ελαφριά γλυκό, δεν γίνεται αντιληπτή η γλυκιά γεύση, άνοστο, 50% λιγότερη ζάχαρη, όχι ιδιαίτερας γλυκιά, λιγότερο γάλα, λιγότερη ζάχαρη, σχετικά άγευστο
<b>Υφή</b>	πιο μαλακό-απαλή υφή, κατά τη μάσηση μικρά σφαιρίδια, πιο κολλητικό, πιο ωραία, κοκκώδης υφή, λιγότερο συνεκτική	άλλη υφή, πιο μαλακό, κατά τη μάσηση μικρά σφαιρίδια, πιο συνεκτικό, λιγότερο ελαστικό πιο συνεκτικό-πηκτό, πιο σκληρό
<b>Χρώμα</b>	πιο κίτρινο, λίγο πιο σκούρο	
<b>Άρωμα</b>	πιο έντονα αρωματικό έντονη οσμή βουτύρου	άοσμη, σαν παραβρασμένο γάλα στην οσμή, έντονο άρωμα βουτύρου



Διάγραμμα 13 Συνολική βαθμολογία από γενική αντίληψη δειγμάτων με 100% σουκρόζη και με 50% σουκρόζη- 50% φρουκτοολιγοσακχαρίτη



Διάγραμμα 1 14 Οι δοκιμαστές βαθμολογούν τα δείγματα με 100% σουκρόζη και με 50% σουκρόζη- 50% φρουκτοολιγοσακχαρίτη ως προς τη γενική αποδοχή τους.

### 3.3.3 Αποθηκευμένα Δείγματα

Ως αποθηκευμένα δείγματα ορίζονται τα δείγματα με 100% σουκρόζη και με 90% σουκρόζη- 10% φρουκτοολιγοσακχαρίτη που παρέμειναν σε συνθήκες ψύξης (5°C) για μία εβδομάδα. Ως φρέσκα δείγματα ορίζονται τα δείγματα που παρασκευάστηκαν την ίδια μέρα και έμειναν σε συνθήκες ψύξης (5°C) για τρεις ώρες.

Σκοπός αυτής της αξιολόγησης είναι:

A. για τα δείγματα με 90% σουκρόζη- 10% φρουκτοολιγοσακχαρίτη, να βρεθεί το διαφορετικό δείγμα, δηλαδή το αποθηκευμένο

B. για τα δείγματα με 100% σουκρόζη να βρεθεί το διαφορετικό δείγμα, δηλαδή το φρέσκο

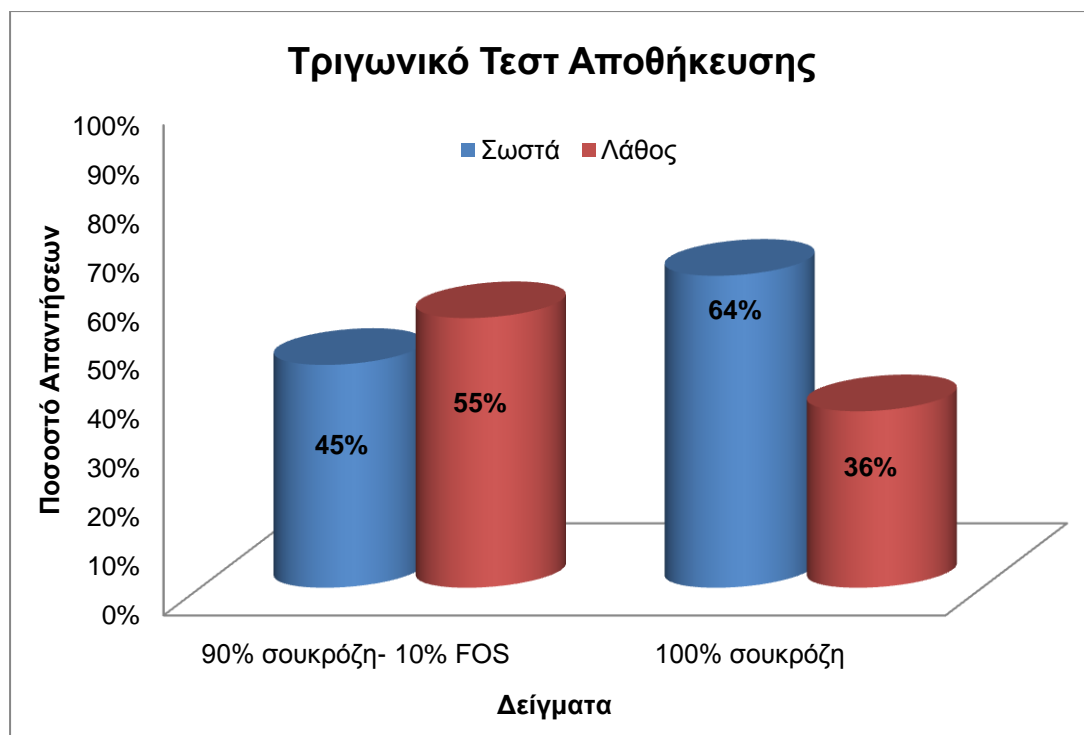
Πίνακας 15 Αποτελέσματα τριγωνικού τεστ για διαφοροποιήσεις σε αποθήκευση, όπου 1 επιτυχία αναγνώρισης και 0 αποτυχία αναγνώρισης

Δοκιμαστές	Δείγματα	
	90%	100%
1	1	1
2	0	1
3	1	1
4	0	0
5	0	0
6	0	1
7	1	0
8	1	1
9	0	1
10	1	1
11	0	0
<b>Σύνολα</b>	<b>5</b>	<b>7</b>

Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω, για να θεωρηθεί ότι οι δοκιμαστές μπορούν να αναγνωρίσουν το διαφορετικό δείγμα πρέπει επτά ή και περισσότεροι δοκιμαστές να επιλέξουν επιτυχώς το διαφορετικό δείγμα (ISO 6658:2005).

Στην Α περίπτωση (δείγματα με 90% σουκρόζη- 10% φρουκτοολιγοσακχαρίτη), όπου δίνονται δύο φρέσκα δείγματα και ένα αποθηκευμένο, οι δοκιμαστές δεν μπορούν να αναγνωρίσουν το διαφορετικό δείγμα, το αποθηκευμένο.

Στην Β περίπτωση (δείγματα με 100% σουκρόζη), όπου δίνονται δύο αποθηκευμένα δείγματα και ένα φρέσκο, οι δοκιμαστές μπορούν να αναγνωρίσουν το διαφορετικό δείγμα, το φρέσκο.



Διάγραμμα 1 15 Αποτελέσματα Οργανοληπτικής αξιολόγησης τριγωνικού τεστ. Δείγματα φρέσκα και αποθηκευμένα με 100% σουκρόζη και 90% σουκρόζη- 10% FOS

#### Συμπερασματικά:

Η υποκατάσταση σουκρόζης από FOS σε ποσοστό 10% και 20% στα τελικά δείγματα κρέμας καραμελέ δεν επιφέρει σημαντική διαφορά γλυκύτητας σε σχέση με τα πρότυπα δείγματα (100% σουκρόζη). Ωστόσο η περαιτέρω υποκατάσταση σουκρόζης από FOS, 30% και 50%, γίνεται αντιληπτή από τους δοκιμαστές.

Όσον αφορά την αποθήκευση, αποδεικνύεται ότι τα δείγματα με υποκατάσταση κατά 10% (90% σουκρόζη και 10% FOS) δεν διαφοροποιούνται κατά την αποθήκευση. Αντιθέτως, τα πρότυπα δείγματα (100% σουκρόζη) μετά από μία βδομάδα αποθήκευσης φαίνεται να διαφοροποιούνται.

Συνοψίζοντας και κρίνοντας από τα αποτελέσματα της οργανοληπτικής αξιολόγησης, μία αντικατάσταση σουκρόζης με FOS της τάξεως 10% προτείνεται για τη κρέμα καραμελέ.

## 4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα πτυχιακή μελέτη συντάχθηκε με σκοπό

- i. Τον ποσοτικό προσδιορισμό των φρουκτοολιγοσακχαριτών (FOS) σε διαφορετικά κλάσματα άλεσης σιταριού
- ii. Μερική αντικατάσταση σουκρόζης σε αμυλούχα επιδόρπια και μελέτη φυσικών ιδιοτήτων τους.
- iii. Οργανοληπτική αξιολόγηση των παραγόμενων δειγμάτων από εκπαιδευμένη ομάδα δοκιμαστών.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας:

- Τα διαφορετικά κλάσματα άλεσης έχουν διαφορετική συγκέντρωση σε FOS.
- Μεταξύ των κορυφών που βρέθηκαν η πιο σημαντική ήταν στα  $1158 \text{ cm}^{-1}$ . Εξίσου σημαντικές είναι οι κορυφές που χαρακτηρίζουν τα β και α ανωμερή. Οι τρεις κορυφές είναι ενδεικτικές για την ποσότητα των FOS στα διάφορα κλάσματα άλεσης.
- Το αλεύρι σίτου φέρει μεγαλύτερες ποσότητες FOS από το αντίστοιχο πίτουρο σίτου, ενώ το τελευταίο δίνει φάσματα που δεν διαφέρουν σημαντικά από τα αντίστοιχα middlings.
- Για όλα τα δείγματα με ή χωρίς FOS με αρχική θερμοκρασία  $85 \text{ }^\circ\text{C}$  το  $G'$  ήταν μεγαλύτερο από  $G''$  υποδεικνύοντας ότι τα δείγματα, αν και σε υγρή φάση, φέρουν χαρακτηριστικά πηκτής σε μία σχετικά υψηλή θερμοκρασία.
- Η παρουσία των FOS είχε εμφανή επίδραση στη τελική δύναμη του δικτύου που σχηματίζεται στους  $5 \text{ }^\circ\text{C}$ . Τα φάσματα που καταγράφηκαν έδειξαν ότι όλα τα δείγματα φέρουν χαρακτηριστικά πηκτής.
- Η υποκατάσταση της σουκρόζης με FOS οδήγησε σε μείωση τόσο του χαρακτήρα όσο και της ισχύος της πηκτής.
- Οι υποκαταστάσεις σουκρόζης με FOS μέχρι και το ποσοστό των 30% δεν γίνεται αντιληπτή από τους δοκιμαστές. Περαιτέρω όμως αύξηση επιφέρει αντιληπτή διαφοροποίηση στην γλυκύτητα της κρέμας καραμελέ.
- Η αποθήκευση 7 ημερών δεν επηρεάζει τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των δειγμάτων με υποκατάσταση σουκρόζης με FOS

κατά 10%. Αντιθέτως σε αντίστοιχο χρονικό διάστημα, τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των δειγμάτων με 100% σουκρόζη παρουσιάζουν διαφοροποιήσεις αντιληπτές από την ομάδα του οργανοληπτικού ελέγχου.

## 5 Βιβλιογραφία

Abou-Guendia M. and D'Appolonia. B. L. (1972). Changes in Carbohydrate Components During Wheat Maturation. I. Changes in Free Sugars, *Cereal Chem*, 49: 664 – 676.

Aykroyd W.R. and Doughty J. (1970). Wheat in human nutrition. *FAO Nutritional Studies*, No.23, Food Agr.Organ, Rome .

Bielecki S. (2004). Enzymatic Conversions of Carbohydrates, *Chemical and Functional Properties of Food Saccharides* (pp. 131-143). Edited by Tomasik P., CRC Press.

Codex Alimentarius Comission. (2009). List of methods for dietary fibre at step 7, Codex committee on nutrition and foods for special dietary issues, joint FAO/ WHO food standards programme, Thirty first Session, 2- 6 November 2009, Dusseldorf Germany.

Copikova J, Barros A., Smidova I., Cerna M., Dulce, H. Teixeira, Delgadillo I., Synytsya A., Coimbra M. (2006). Influence of hydration of food additive polysaccharides on FT-IR spectra distinction, *Carbohydrate polymers*, 63, 355-359

D'Apollonia B.L. and Rayas-Duarte P. (1994). Wheat carbohydrates: structure and functionality, *Wheat Production, Properties and Quality* (pp. 107-127)

Davidson A. (1999). *The Oxford Companion to Food*.

Dove W.E. (1946). Developing food acceptance research, *Science*, 103: 187

Dove W.E. (1947). Food acceptability: its determination and evaluation. *Food Technology*, 1:39

European Food Safety Authority, 25/3/2010

Franck A. (2002). Technological functionality of inulin and oligofructose. *British Journal of Nutrition*, 87, 287–291

Gilles A. Kenneth, Sibbitt D. Leonard (1974). Quality, Inglett E. George, Wheat: Production and Utilization (pp. 93). The Avi publishing Company, Inc.

Godon B. (1991). The Biochemical Composition of Cereals, Primary Cereal Processing (pp. 61-76). Edited by Godon B. and Willm C., VCH Publishers Inc.

Hensall A. (1999). High Performance Anion Exchange Chromatography with Pulsed Amperometric Detection (HPAE-PAD): A Powerful Tool for the Analysis of Dietary Fiber and Complex Carbohydrates. Complex Carbohydrates in Foods (pp. 281). Edited by Cho S.S., Prosky L. and Dreher M., Marcel Dekker Inc

Hoseney R.C. (1998). Principles of cereal science and technology, published by the American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul, Minnesota, USA, Chapters 4 and 7

International Organization for Standardization, Sensory Analysis Vocabulary, ISO 5492:2008

International Organization for Standardization, Sensory Analysis-Methodology- Texture profile, ISO 11036: 1994

International Organization for Standardization, Sensory Analysis Methodology- Triangle test, ISO 4120: 2004

Jung, K. H., Yun, J. W., Kang, K. R., Lim, J. Y., and Lee, J. H. (1989). Mathematical model for enzymatic production of fructooligosaccharides from sucrose. Enzyme Microb. Technol. 11, 491-494

Kacurakova M., Wilson R.H. (2001). Developments in mid-infrared FT-IR spectroscopy of selected Carbohydrates, Carbohydrate Polymers 44, 291–303

Kacurakova, M., Capek, P., Sasinkova, V., Wellner, N., & Ebringerova, A. (2000). FTIR study of plant cell wall model compounds: Pectic polysaccharides and hemicelluloses. Carbohydrate Polymers, 43, 195–203.



Mathlouthi, M., & Koenig, J. L. (1986). Vibrational spectra of carbohydrates. *Advances in Carbohydrate Chemistry and Biochemistry*, 44, 7±89.

Meilgaard C.M, Civille V.G. and Carr T.B. (2007). *Sensory Evaluation Techniques* (pp. 1-25).

Nandini, C. D., & Salimath, P. V. (2001). Structural features of arabinoxylans from sorghum having good roti-making quality. *Food Chemistry*, 74, 417–422

Ouarne F and Guibrat A. (1999). A Sensitive and Reproducible Analytical Method to Measure Fructooligosaccharides in Food Products, *Complex Carbohydrates in Foods* (pp. 191). Edited by Cho S.S., Prosky L. and Dreher M., Marcel Dekker Inc.

Pfenninger H.B. (1979). Methods of quality control in brewing, *Schweizer Brauerei- Rundschau*, 90: 121

Ranhotra G.S., Gelroth J.A and Astroth K. (1990). Total and Soluble Fiber in Selected bakery and Other Cereal Products, *Cereal Chem.*, Vol. 67, No. 5

Saunders A. (2002). *Dairy Desserts*, Fonterra Research Centre (pp. 643- 649). Palmerston North, New Zealand

Silverstein R., Webster F., Kiemle D. (1996). *Spectrometric Identification of Organic Compounds*, 6th Edition, College of Environmental Science & Forestry, State of New York,

Socrates G., (2001). *Infrared and Raman Characteristic Group Frequencies* Third Edition

Stanley, D.W., Stone, A.P., & Tung, M.A. (1996). *Handbook of food analysis*, Ch. 4: Mechanical properties of food (pp. 93-136). New York: Marcel Dekker, Inc.

Steffe, J.F. (1996). Rheological methods in food process engineering, Ch. 1: Introduction to rheology, Ch. 2: Tube viscometry, Ch. 3: Rotational viscometry, Ch. 5: Viscoelasticity. USA: Freeman Press

The Institute of Food Science & Technology, through its Public Affairs and Technical & Legislative Committees, has authorised the following Information Statement, dated April 2007, updating that of February 2007

Yun, J. W., Jung, K. H., Jeon, Y. .I. and Lee, J. H. (1992). Continuous production of fructo-oligosaccharides from sucrose by immobilized cells of *Aureobasidium pullulans*. J. Microbial. Biotechnol. 2, 98-101 North American Millers' Association (NAMA)

Yun, J.W. (1996). Fructooligosaccharides—occurrence, preparation, and application. Enzyme Microb. Technol. 19, 107–117.

Zhbankov, R. G., Adrianov, V. M., & Marchewka, M. K. (1997). Fourier transform IR and Raman spectroscopy and structure of carbohydrates. Journal of Molecular Structure, 436/437, 637±654.

Βαλαβανίδης Αθ.Π. (2006). Φασματοσκοπία οργανικών ενώσεων, Τμήμα Χημείας, Πανεπιστήμιο Αθηνών

Καραμάνος Ι. Ανδρέας (1994). Τα σιτηρά των εύκρατων κλιμάτων, Αθήνα, σελ.53-63

<http://www.codexalimentarius.net/web/current.jsp>

<http://www.iso.org/iso/about.htm>

[www.actilight.com](http://www.actilight.com)

[www.beghin-meiji.com](http://www.beghin-meiji.com)

<http://panacea.med.uoa.gr>

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

### Πίνακας Πινάκων

Πίνακας 1 Φυσικοχημικές Ιδιότητες scFOS Actilight 950P (www.actilight.com).....	9
Πίνακας 2 Μέθοδοι προσδιορισμού των φρουκτοολιγοσακχαριτών στα τρόφιμα (Codex Alimentarius Commission, 2009) .....	11
Πίνακας 3 Σύσταση διαφορετικών τμημάτων του καρπού σιταριού (Aykroyd and Doughty, 1970) .....	12
Πίνακας 4 Συνολικές και Διαλυτές Φυτικές ίνες σε κλάσματα άλεσης σίτου (Ranhotra et al., 1990).....	15
Πίνακας 5 Μέση διαθρεπτική αξία κρέμας καραμελέ (εμπορικά δείγματα).....	19
Πίνακας 6 Διεθνή Πρότυπα ISO για την οργανοληπτική αξιολόγηση ..	21
Πίνακας 7 Παρουσίαση δειγμάτων κλασμάτων άλεσης, χώρα προέλευσης και προμηθευτής αυτών.....	28
Πίνακας 8 Συνοπτική απόδοση κορυφών φρουκτοολιγοσακχαρίτη σύμφωνα με τη βιβλιογραφία .....	44
Πίνακας 9 Εμβαδά κορυφών που χαρακτηρίζουν τον φρουκτοολιγοσακχαρίτη και συναντούνται στα αλεύρια και τα πίτουρα (Δ.Υ.= Δεν Υπάρχει).....	49
Πίνακας 10 Σύγκριση και ποσοστά ομοιότητας φασμάτων βιβλιοθήκης με το φάσμα του φρουκτοολιγοσακχαρίτη στην περιοχή 1000- 800 $\text{cm}^{-1}$ .....	52
Πίνακας 11 Σύγκριση και ποσοστά ομοιότητας φασμάτων βιβλιοθήκης με το φάσμα του φρουκτοολιγοσακχαρίτη στις περιοχές 1190- 1140 $\text{cm}^{-1}$ και 1000-800 $\text{cm}^{-1}$ .....	54
Πίνακας 12 Γλυκαντική δύναμη δειγμάτων .....	61
Πίνακας 13 Αποτελέσματα τριγωνικού τεστ για διαφοροποιήσεις σε γλυκύτητα, όπου 1 επιτυχία αναγνώρισης και 0 αποτυχία αναγνώρισης .....	62
Πίνακας 14 Γενική αντίληψη δειγμάτων με 100% σουκρόζη και με 50% σουκρόζη- 50% φρουκτοολιγοσακχαρίτη, χαρακτηρισμοί δοκιμαστών .....	64
Πίνακας 15 Αποτελέσματα τριγωνικού τεστ για διαφοροποιήσεις σε αποθήκευση, όπου 1 επιτυχία αναγνώρισης και 0 αποτυχία αναγνώρισης ...	66

## Πίνακας Σχημάτων

Σχήμα 1 Χημική σύσταση φρουκτοολιγοσακχαρίτη (Yun, 1996) .....	6
Σχήμα 2 Μηχανισμός δράσης για την παραγωγή φρουκτοολιγοσακχαριτών από σουκρόζη που καταλύεται από φρουκτοσυλτρανσφεράση προερχόμενη από <i>A.pullulans</i> . Τα G, GF, GF <sub>2</sub> , GF <sub>3</sub> και GF <sub>4</sub> σημαίνουν γλυκόζη, σουκρόζη, 1-κεστόζη, νιστόζη και 1F-fructofuranosyl nystose (Jung et al., 1989). .....	8
Σχήμα 3 Ο συγκεκριμένος φρουκτοολιγοσακχαρίτης παράγεται βιομηχανικά από ζαχαρότευτλο με ενζυματική δράση ( scFOS= shortchain FrustOligoSaccharides ) .....	9
Σχήμα 4 Ανατομία καρπού σίτου (περικάρπιο, ενδοσπέρμιο, έμβρυο)13	
Σχήμα 5 Σχηματικό διάγραμμα ιστολογικής σύνθεσης δημητριακού καρπού (Godon B., 1991) .....	14
Σχήμα 6 Τυπική διαβάθμιση παραγόμενου αλεύρου σε μύλους. Το αλεύρι σίτου ολικής άλεσης αντιπροσωπεύει το 100% της εξαγωγής (δεύτερη γραμμή), αλλά μπορεί να διαιρεθεί σε καθαρό αλεύρι, πίτουρα και λοιπά (τρίτη γραμμή). Το καθαρό αλεύρι μπορεί να διαιρεθεί σε υψηλής και χαμηλής ποιότητας άλευρα (τελευταία γραμμή) (Hoseney, 1998) .....	15
Σχήμα 7 Δομή της γλυκοφρουκτοζάνης που βρίσκεται στο αλεύρι σίτου. Στο πλαίσιο περικλείεται το μόριο της σουκρόζης (Hoseney, 1998) . .....	16
Σχήμα 8 Αλλαγή σε περιεκτικότητα σακχάρων στο αλεύρι με το χρόνο ωρίμανσης (Abou-Guendia and D'Appolonia, 1972), .....	17
Σχήμα 9 Κρέμα καραμελέ ( <a href="http://makingsweets.blogspot.com/2009/01/creme-caramel.html">http://makingsweets.blogspot.com/2009/01/creme-caramel.html</a> ) .....	18
Σχήμα 10 Ζώνες γλώσσας όπου εντοπίζονται οι διάφορες γέυσεις. ...	24
Σχήμα 11 <a href="http://universe-review.ca">http://universe-review.ca</a> .....	25
Σχήμα 12 Περιγραφή ανθρώπινου ματιού ( <a href="http://panacea.med.uoa.gr">http://panacea.med.uoa.gr</a> ) .....	26
Σχήμα 13 Δονήσεις τάσης και κάμψης των μοριακών δομών και οι περιοχές.....	30
Σχήμα 14 Βασική διάταξη φασματοφωτόμετρου IR.....	31
Σχήμα 15 Σχηματικό διάγραμμα φασματοφωτομέτρου FT-IR της Nicolet (750 Magna series). .....	31

Σχήμα 16 Εξάρτημα με υποδοχέα δείγματος για τη λήψη φασμάτων υπερύθρου.....	32
Σχήμα 17 Τα τρία είδη ανάκλασης υπέρυθρης ακτινοβολίας σε στερεό δείγμα με μορφή σκόνης. AR: απορροφητικά ανακλώμενη, DS: διαχυτικά ανακλώμενη, TS: αληθινά ανακλώμενη .....	33
Σχήμα 18 Ρεόμετρο SR5-STD-Fluid (προσωπικό αρχείο) .....	36
Σχήμα 19 Χαρακτηριστικό φάσμα FT-IR φρουκτοολιγοσακχαρίτη (4000-400 $\text{cm}^{-1}$ ). .....	42
Σχήμα 20 Συγκριτική μελέτη μέσω φασμάτων υπερύθρου για τα τρία κλάσματα άλεσης, αλεύρι (w), βητές (m) και πίτουρο (b) τριών δειγμάτων 1, 2 και 3 (4000-400 $\text{cm}^{-1}$ ).....	45
Σχήμα 21 Ανάλυση Συστάδων (Cluster Analysis) για τα τρία κλάσματα άλεσης, αλεύρι (w), βητές (m) και πίτουρο (b) τριών δειγμάτων (4000-400 $\text{cm}^{-1}$ ) .....	46
Σχήμα 22 Εστίαση φάσματος στην περιοχή μελέτης και σύγκρισης των δειγμάτων (1850- 400 $\text{cm}^{-1}$ ) .....	47
Σχήμα 23 Συγκριτική μελέτη φασμάτων αλεύρου, πίτουρου και φρουκτοολιγοσακχαρίτη (FOS). Τα δύο φάσματα (πίτουρο και αλεύρι) προέκυψαν από τον μέσο όρο οκτώ φασμάτων, οκτώ αλεύρων και των οκτώ αντίστοιχων πίτουρων τους (4000- 400 $\text{cm}^{-1}$ ). Εστίαση φάσματος A: 1300-1000 $\text{cm}^{-1}$ και B: 1000-800 $\text{cm}^{-1}$ .....	48
Σχήμα 24 Συγκριτική μελέτη φασμάτων αλεύρου, πίτουρου και φρουκτοολιγοσακχαρίτη (FOS) στις περιοχές 1190- 1140 $\text{cm}^{-1}$ και 1000-800 $\text{cm}^{-1}$ . Απεικόνιση του φάσματος FOS και των τριών δειγμάτων με τη μεγαλύτερη ομοιότητα με αυτόν. ....	53

## Πίνακας Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1 1 Εμβαδά κορυφών $\beta$ και $\alpha$ ανωμερών για όλα τα δείγματα σε αλεύρι (w) και σε πίτουρο (b).....	50
Διάγραμμα 1 2 Εμβαδό κορυφής στα $1158\text{ cm}^{-1}$ για όλα τα δείγματα σε αλεύρι (w) και σε πίτουρο (b) .....	50
Διάγραμμα 1 3 Scatter Plot 3d με τα δείγματα σε σχέση με τα εμβαδά των κορυφών στα $1158\text{ cm}^{-1}$ και των $\beta$ ανωμερών .....	51
Διάγραμμα 1 4 Scatter Plot 3d με τα δείγματα σε σχέση με τα εμβαδά των κορυφών στα $1158\text{ cm}^{-1}$ και των $\alpha$ ανωμερών .....	51
Διάγραμμα 1 5 $G'(\blacksquare)$ , $G''(\square)$ , $\eta^*(\blacktriangle)$ σε σχέση με τη συχνότητα (Frequency) για όλα τα δείγματα A,B,C και D για 70% σουκρόζη 30% FOS, 80% σουκρόζη- 20% FOS, 90% σουκρόζη- 10% FOS και 100% σουκρόζη αντίστοιχα .....	56
Διάγραμμα 1 6 $G''$ σε σχέση με τη συχνότητα (Frequency) για όλα τα δείγματα με 70% σουκρόζη 30% FOS ( $\blacksquare$ ), 80% σουκρόζη- 20% FOS ( $\square$ ), 90% σουκρόζη- 10% FOS ( $\bullet$ ) και 100% σουκρόζη ( $\circ$ ) .....	57
Διάγραμμα 1 7 $G'$ σε σχέση με τη συχνότητα (Frequency) για όλα τα δείγματα με 70% σουκρόζη 30% FOS ( $\blacksquare$ ), 80% σουκρόζη- 20% FOS ( $\square$ ), 90% σουκρόζη- 10% FOS ( $\bullet$ ) και 100% σουκρόζη ( $\circ$ ) .....	57
Διάγραμμα 1 8 $G'$ σε σχέση με το χρόνο (time) σε ένα κύκλο θέρμανσης $85^\circ\text{C}-5^\circ\text{C}-25^\circ\text{C}$ (—) για όλα τα δείγματα με 70% σουκρόζη 30% FOS ( $\blacksquare$ ), 80% σουκρόζη- 20% FOS ( $\square$ ), 90% σουκρόζη- 10% FOS ( $\bullet$ ) και 100% σουκρόζη ( $\circ$ ) .....	58
Διάγραμμα 1 9 $G''$ σε σχέση με το χρόνο (time) σε ένα κύκλο θέρμανσης $85^\circ\text{C}-5^\circ\text{C}-25^\circ\text{C}$ (—) για όλα τα δείγματα με 70% σουκρόζη 30% FOS ( $\blacksquare$ ), 80% σουκρόζη- 20% FOS ( $\square$ ), 90% σουκρόζη- 10% FOS ( $\bullet$ ) και 100% σουκρόζη ( $\circ$ ).....	58
Διάγραμμα 1 10 $\tan\delta$ σε σχέση με το χρόνο (time) σε ένα κύκλο θέρμανσης $85^\circ\text{C}-5^\circ\text{C}-25^\circ\text{C}$ (—) για όλα τα δείγματα με 70% σουκρόζη 30% FOS ( $\blacksquare$ ), 80% σουκρόζη- 20% FOS ( $\square$ ), 90% σουκρόζη- 10% FOS ( $\bullet$ ) και 100% σουκρόζη ( $\circ$ ).....	59
Διάγραμμα 1 11 Αναγνώριση διαφορετικού δείγματος σε τριγωνικά τεστ .....	62

Διάγραμμα 1 12 Αναγνώριση διαφορετικού δείγματος σε τριγωνικό τεστ με δύο δείγματα 100% σουκρόζη και με 70% σουκρόζη- 30% φρουκτοολιγосακχαρίτη.....63

Διάγραμμα 1 13 Συνολική βαθμολογία από γενική αντίληψη δειγμάτων με 100% σουκρόζη και με 50% σουκρόζη- 50% φρουκτοολιγосακχαρίτη .....64

Διάγραμμα 1 14 Οι δοκιμαστές βαθμολογούν τα δείγματα με 100% σουκρόζη και με 50% σουκρόζη- 50% φρουκτοολιγосακχαρίτη ως προς τη γενική αποδοχή τους.....65

Διάγραμμα 1 15 Αποτελέσματα Οργανοληπτικής αξιολόγησης τριγωνικού τεστ. Δείγματα φρέσκα και αποθηκευμένα με 100% σουκρόζη και 90% σουκρόζη- 10% FOS .....67