



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΝΘΕΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ  
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ

## ΠΡΟΒΙΟΤΙΚΟ ΚΑΙ ΣΥΜΒΑΤΙΚΟ ΓΙΑΟΥΡΤΙ ΠΑΓΩΤΟ ΜΕ ΓΛΥΚΑΝΤΙΚΟ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗ ΣΤΕΒΙΑ

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΤΕΒΙΑΣ ΣΤΙΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ  
ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΗΣ ΚΑΤΕΡΙΝΑΣ ΒΟΓΔΑΝΗ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ ΤΖΙΑ

ΑΘΗΝΑ 2015

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Θα ήθελα αρχικά να ευχαριστήσω την κα. Κ. Τζιά, καθηγήτρια Ε.Μ.Π. για την ηθική και επιστημονική της υποστήριξη καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης και συγγραφής της παρούσας διπλωματικής εργασίας, αλλά και για την υπομονή και την κατανόησή της. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους εργάζονται στο εργαστήριο Χημείας και Τεχνολογίας Τροφίμων και ιδιαιτέρως την ομάδα της Κ. Τζιά για την πολύτιμη βοήθεια την οποία μου προσέφεραν.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελίδες
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	4-5
ΜΕΡΟΣ Ι : ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ	
<b><u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ι : ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ - ΠΡΟΒΙΟΤΙΚΑ ΤΡΟΦΙΜΑ</u></b>	
1.1 Εισαγωγή	6-7
1.2 Προβιοτικά	7-8
1.3 Κριτήρια Επιλογής Προβιοτικών Μικροοργανισμών	8-12
1.4 Ασφάλεια Προβιοτικών μικροοργανισμών	12-14
1.5 Επιδράσεις προβιοτικών στην ανθρώπινη υγεία	14-18
1.6 Γένος Lactobacillus	18-20
1.7 Γένος Bifidobacterium	20-22
1.8 Πρεβιοτικά και Συμβιοτικά	23-24
<b><u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙ : ΠΑΓΩΤΟ ΓΙΑΟΥΡΤΙ</u></b>	
<b>2. Γιαούρτι</b>	25
2.1 Ιστορικά στοιχεία	25-26
2.2 Νομοθετικό Πλαίσιο	26-28
2.3 Σύσταση	28
2.4 Στάδια παραγωγικής διαδικασίας	29
2.4.1 Αρχική κατεργασία γάλακτος	30
2.4.2 Ομογενοποίηση	30-31
2.4.3 Παστερίωση	31-32
2.4.4 Ζύμωση	32-34
2.4.4α Μικροβιολογία της ζύμωσης	34-35
2.4.4β Μηχανισμός σχηματισμού πηκτώματος	35-36
2.4.5 Ψύξη	36
2.4.6 Συσκευασία	36-39
2.5 Γραμμές παραγωγής	39-40
2.6 Οργανοληπτικός έλεγχος	41
<b>3. Παγωτό</b>	
3.1 Εισαγωγή	42-44
3.2 Ιστορικά στοιχεία	44-45
3.3 Σύσταση	45-46
3.3.1 Πρωτεΐνες	46-47
3.3.2 Λιπαρά	47
3.3.3 Υδατάνθρακες	47-48
3.3.4 Νερό, γαλακτωματοποιητές, σταθεροποιητές	48
3.4 Θερμιδική και Διατροφική Αξία	48-49
3.5 Διαδικασία Παρασκευής Παγωτού	
3.5.1 Πρώτες Ύλες	50-51
3.5.2 Στάδια Παρασκευής	52-54
3.5.3 Παστερίωση και Ομογενοποίηση	54-57
3.5.4 Ωρίμανση	57-59
3.5.5 Κατάψυξη	59-61

3.5.6 Σκλήρυνση	62-63
3.5.7 Συσκευασία	63-64
3.5.8 Εναποθήκευση υπό ψύξη και διανομή	64-65
3.6 Οργανοληπτικός Έλεγχος	65
<b>4. Παγωτό Γιαούρτι</b>	
4.1 Εισαγωγή	66
4.2 Ιστορική αναδρομή	66-67
4.3 Ταυτοποίηση Παγωτού Γιαούρτι	67
4.4 Συστατικά	68
4.5 Τεχνολογία της παρασκευής	68-72
4.6 Παραλλαγές στη μέθοδο παρασκευής	72-73
4.7 Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και Φυσικοχημικές ιδιότητες	73
<b>5. Προβιοτικό Παγωτό Γιαούρτι</b>	74-75
5.1 Βιωσιμότητα Μικροοργανισμών	75
5.2 Τεχνικές ενίσχυσης της Βιωσιμότητας Μικροοργανισμών	75-76
<b><u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ III : ΣΤΕΒΙΑ</u></b>	
<b>6. Στέβια</b>	
6.1 Εισαγωγή και Ιστορικά στοιχεία	77-78
6.2 Νομοθεσία	79-81
6.3 Γλυκά και άγλυκα συστατικά της Stevia	81-87
6.4 Μέθοδοι για τη βελτίωση της γεύσης των γλυκών συστατικών της Stevia rebaudiana	87-88
6.5 Πρακτικές εφαρμογές των Γλυκαντικών ουσιών της Στέβιας	88-89
6.6 Υγιεινή και Ασφάλεια	90
<b><u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ IV : ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ</u></b>	
<b>7. Πειραματικό Μέρος</b>	
7.1 Σκοπός των Πειραμάτων	91
7.2 Πρώτες Ύλες	92-93
7.3 Εργαστηριακά Όργανα και Σκεύη	93
7.4 Πειραματική Διαδικασία	94
7.5 Σχεδιασμός Πειραμάτων	95-101
7.6 Ανάλυση Δειγμάτων και Πειραματικές μετρήσεις	102-103
7.7 Οργανοληπτικός Έλεγχος	103-108
7.8 Στατιστική Επεξεργασία	109-110
<b>8. Αποτελέσματα – Συζήτηση</b>	111-143
<b>9. Συμπεράσματα – Προτάσεις</b>	
9.1 Συμπεράσματα	144
9.2 Προτάσεις	145
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>	146-162
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ</b>	163-200



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στο Εργαστήριο Χημείας και Τεχνολογίας Τροφίμων του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Τα πειράματα εκτελέστηκαν κατά τη διάρκεια του ακαδημαϊκού έτους 2012-2013. Ο στόχος της μελέτης αυτής ήταν ο σχεδιασμός και η παραγωγή ενός προϊόντος υγιεινής διατροφής με γλυκοζίτες στεβιόλης. Πιο συγκεκριμένα η πειραματική αυτή έρευνα αφορούσε στην παρασκευή συμβατικού και προβιοτικού παγωτού γιαούρτι με χρήση γλυκοζιτών στεβιόλης και τη μελέτη της επίδρασης τους στις ιδιότητες του τελικού προϊόντος. Για το σκοπό αυτό επιλέχθηκαν τέσσερα διαφορετικά είδη γλυκαντικών με βάση τη στέβια (στέβια εμπορίου Assugrin, στέβια κρυσταλλική 12,5% καθαρότητας, στέβια με δείκτη STG 92% δηλαδή γλυκοζίτες στεβιόλης σε περιεκτικότητα 92% και στέβια εγκλεισμένη) τα οποία προσετέθησαν σε διαφορετικές αναλογίες μίγματος παγωτού και γιαουρτιού. Για την ολοκληρωμένη διεξαγωγή αποτελεσμάτων μελετήθηκαν τόσο οργανοληπτικές όσο και αντικειμενικές (οξύτητα, pH, ιξώδες, ανάλυση υφής, χαρακτηριστικά τήξης) ιδιότητες του προϊόντος για δύο αναλογίες λιπαρών (2% και 4%). Απώτερος σκοπός της διπλωματικής ήταν η εύρεση της κατάλληλης ποσότητας γλυκοζιτών στεβιόλης, προκειμένου να αντικατασταθεί πλήρως η ζάχαρη στο προϊόν, η μελέτη της επίδρασης της στέβιας στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του προϊόντος και η επιλογή των πιο αποδεκτών οργανοληπτικά δειγμάτων.

Συμπερασματικά, το μόνο είδος που δεν εμφανίστηκε στα καλύτερα δείγματα ήταν οι γλυκοζίτες στεβιόλης με δείκτη STG 92% ενώ ένα από τα καλύτερα δείγματα εμφανίστηκε αυτό με τους εγκλεισμένους γλυκοζίτες στεβιόλης. Ως προς το είδος του γιαουρτιού τόσο τα δείγματα με συμβατικό αλλά και με προβιοτικό γιαούρτι εμφανίστηκαν εξίσου στα καλύτερα δείγματα. Όσον αφορά στο ποσοστό λιπαρών, τα δείγματα με 2% λιπαρά εμφανίστηκαν στα καλύτερα με μεγαλύτερη συχνότητα από αυτά με 4%. Η εξέταση των αποτελεσμάτων που έδωσε η ανάλυση κύριων συνιστωσών έδωσε ικανοποιητικές συσχετίσεις μεταξύ διαφόρων οργανοληπτικών χαρακτηριστικών μεταξύ τους, αλλά και με τις αντικειμενικά προσδιορισθείσες ιδιότητες.

Τελικά όμως, τον υψηλότερο βαθμό στη συνολική εκτίμηση έλαβε το δείγμα με τους εγκλεισμένους γλυκοζίτες στεβιόλης, το συμβατικό γιαούρτι και τα το ποσοστό λιπαρών 4%.

## SUMMARY

The present thesis has been realized in the laboratory of Food Chemistry and Technology of the National Technical University of Athens. The experiments were performed during the year 2012-2013. The aim of this study was to design and produce a healthy product with steviol glycosides (stevia based sweetener). More specifically, this experimental research involved in preparing conventional and probiotic frozen yogurt using steviol glycosides and study the effect on the properties of the final product. For this purpose four different kinds of Stevia based sweeteners were selected (commercial stevia Assugrin, stevia crystalline of 12.5% purity, stevia index STG 92% i.e. steviol glycosides content of 92% and encapsulated stevia) which were added at different mixture ratios of ice cream and yoghurt. For the integrated conduct of results, they were studied both sensory and physical (acidity, pH, viscosity, texture analysis, melting characteristics) properties of the product for two ratios of fat (2% and 4%). The ultimate purpose of the diploma thesis was to find the appropriate amount of steviol glycosides in order to fully replace sugar in the product, the study of the effect of stevia in the qualitative characteristics of the product and the selection of the most acceptable sensorially samples.

In conclusion, the only type of product that did not appear in the best examples was the one that contained steviol glycosides index STG 92%. However, the best products appeared to be the ones with encapsulated steviol glycosides. As to the type of yogurt, samples with both conventional and probiotic yogurt emerged as the best samples. Regarding the percentage of fat, the samples with 2% fat appeared amongst the best products more frequently than those with 4%. The test results provided by the principal component analysis gave satisfactory correlations between different organoleptic characteristics, but also with the physical identified properties.

Ultimately, however, the highest grade in the overall assessment took the sample with encapsulated steviol glycosides, conventional yogurt and fat percentage of 4%.

# **ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ι : ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ - ΠΡΟΒΙΟΤΙΚΑ ΤΡΟΦΙΜΑ**

## **1.1 Εισαγωγή**

Η σημασία των λειτουργικών τροφίμων έχει εξελιχθεί λόγω του ρόλου των τροφίμων αυτών στη διαφύλαξη της υγείας και της ευημερίας του ανθρώπου. Έτσι τα λειτουργικά τρόφιμα έχουν αποκτήσει αυξημένο επιστημονικό και εμπορικό ενδιαφέρον όσον αφορά τις ιδιότητές τους που βοηθούν στην πρόληψη συγκεκριμένων ασθενειών.

Η ιδέα των λειτουργικών τροφίμων ήρθε στο φως για πρώτη φορά στην Ιαπωνία στα μέσα της δεκαετίας του 1980, όταν η αύξηση του αριθμού των υπερηλίκων και η αύξηση αντίστοιχα του κόστους της υγειονομικής τους περίθαλψης οδήγησε το Υπουργείο Υγείας και Πρόνοιας να κινήσει τη νομοθετική έγκριση των προϊόντων αυτών (Swinbanks και O'Brien 1993). Σήμερα, αυτά τα τρόφιμα είναι επισήμως αναγνωρισμένα ως τρόφιμα για συγκεκριμένη υγιεινή χρήση ή αλλιώς ως FOSHU ([Foods for Specified Health Uses](#)).

Στην Ευρώπη, το Διεθνές Ινστιτούτο Επιστημών της Ζωής έχει ορίσει ως λειτουργικά τρόφιμα, τα τρόφιμα που, λόγω της περιεκτικότητάς τους σε φυσιολογικά ενεργά συστατικά, παρέχουν ένα όφελος για την υγεία πέρα από εκείνο της βασικής διατροφής. Στις ΗΠΑ, ο Ομοσπονδιακός Νόμος τροφίμων, φαρμάκων και καλλυντικών δεν παρέχει νομοθετικά κάποιο ορισμό για τα λειτουργικά τρόφιμα. Ωστόσο, η Αμερικανική Διαιτητική Ένωση (American Dietetic Association) έχει δηλώσει ότι τα λειτουργικά τρόφιμα μπορούν να περιλαμβάνουν εκείνα τα τρόφιμα που είναι ολοκληρωμένα, εμπλουτισμένα ή ενισχυμένα, ενώ είναι επίσης και απομονωμένα συστατικά που μπορούν στη συνέχεια να ενσωματωθούν σε τρόφιμα για ενίσχυση της υγείας σε επίπεδα που συνήθως δεν μπορούν να ληφθούν μέσω των κανονικών τροφών (Ross 2000). Σε γενικές γραμμές, είναι πάντως αποδεκτό ότι ένα λειτουργικό τρόφιμο παρέχει όφελος για την υγεία, πέρα από ένα γενικό διατροφικό όφελος.

Ο υπολογισμός της αξίας της λειτουργικής αγοράς τροφίμων αποτελεί ένα δύσκολο έργο. Κάνοντας χρήση ενός αυστηρού ορισμού - τρόφιμα και ποτά που εμπριέχουν κάποιο συγκεκριμένο ισχυρισμό σχετικά με την υγεία στη συσκευασία ή στη διαφήμιση - η αγορά στην Ευρώπη, τις ΗΠΑ, την Ιαπωνία και την Αυστραλία έχει αποτιμηθεί σε 5.7 δις εκατομμύρια δολάρια. Χρησιμοποιώντας έναν ευρύτερο ορισμό όπου περιλαμβάνοντας ένα ευρύ φάσμα προϊόντων για την υγεία (να παρουσιάζουν δηλαδή λειτουργικότητα), η αποτίμηση της αγοράς, στην παγκόσμια αγορά λειτουργικών τροφίμων έχει υπολογιστεί περίπου στα 48 δις εκατομμύρια δολάρια. Τα γαλακτοκομικά προϊόντα είναι μία πολύ σημαντική κατηγορία στην αγορά των λειτουργικών τροφίμων, για παράδειγμα εκτιμάται ότι αντιπροσωπεύουν περίπου το 60% των πωλήσεων συνολικά των λειτουργικών τροφίμων στην Ευρώπη.

Η αγορά των λειτουργικών τροφίμων αναπτύσσεται στις ΗΠΑ με διαφορετικό τρόπο από ότι στην Ευρώπη, με διεύρυνση του ορισμού των λειτουργικών τροφίμων, ενώ το ενδιαφέρον των καταναλωτών τείνει περισσότερο προς τα φυτικά (βοτανικής προέλευσης) συμπληρώματα διατροφής και όχι τόσο στα εμπλουτισμένα τρόφιμα. Αυτό αλλάζει, ωστόσο, εφόσον το ενδιαφέρον για ανοσία, τον καρκίνο και την υγεία της καρδιάς

μεγαλώνει. Η αυστραλιανή αγορά σε ότι αφορά τα λειτουργικά τρόφιμα βρίσκεται σε πολύ πρώιμο στάδιο. Ωστόσο, η καθολική καινοτομία των προϊόντων που ανήκουν σε διάφορες κατηγορίες, όπως ποτά, αρτοσκευάσματα και προβιοτικά, είναι εμφανής, ακολουθούμενη ως τάση στις ΗΠΑ και το Ηνωμένο Βασίλειο. Το μέγεθος της αυστραλιανής αγοράς εκτιμάται σε 0.05 δις δολάρια κάνοντας χρήση ενός αυστηρού ορισμού των λειτουργικών τροφίμων.

Παρά τη σημαντική δραστηριότητα της αγοράς, η γνώση των καταναλωτών για τα λειτουργικά τρόφιμα παραμένει σε ένα σχετικά χαμηλό επίπεδο. Οι έρευνες δείχνουν ότι η πλειονότητα των καταναλωτών δεν έχει ακούσει τον όρο «λειτουργικά τρόφιμα». Ωστόσο, καθώς πρόκειται για νέα προϊόντα, το ενδιαφέρον των καταναλωτών για αυτά αναμένεται να αυξηθεί ραγδαία. Αυτό μπορεί να παρατηρηθεί σήμερα που οι καταναλωτές έχουν εξοικειωθεί με τα τρόφιμα τα οποία ενισχύονται με βιταμίνες και μέταλλα.

Η βιομηχανία γαλακτοκομικών προϊόντων είναι σε εξαιρετική θέση για να αναπτύξει και να αξιοποιήσει την αγορά των λειτουργικών τροφίμων. Η ανάπτυξη της βιομηχανίας γαλακτοκομικών προϊόντων εξελίχθηκε παρουσιάζοντας συνολική παγκόσμια παραγωγή γάλακτος 571 εκατομμύρια τόνους για το έτος 2000. Τα ποσοστά κατανάλωσης αυξήθηκαν με ετήσιο ρυθμό 1 έως 2% μέχρι το 2005, ωστόσο, οι γαλακτοκομικές εταιρείες του κλάδου βρίσκονται υπό συνεχή πίεση για διαρθρωτικές κινήσεις προκειμένου το ποσοστό αυτό να αυξηθεί σε μέγεθος και να αναζητηθούν παγκοσμίως ευκαιρίες εξυγίανσης. Οι χώρες που φιλοξενούν ανά τον κόσμο τις μεγαλύτερες εταιρείες γαλακτοκομικών προϊόντων - η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ), οι ΗΠΑ, η Νέα Ζηλανδία, η Αυστραλία και ο Καναδάς - διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση της παγκόσμιας αγοράς γαλακτοκομικών προϊόντων. Όλες μαζί παράγουν περίπου το 47% παντός είδους αγελαδινού γάλακτος στον κόσμο. Οι ΗΠΑ μόνο είχαν μερίδιο αγοράς ύψους 72% το 1999. Ανάμεσα σε αυτές τις χώρες, η κατάσταση αλλάζει ραγδαία, με τη Νέα Ζηλανδία και την Αυστραλία να αυξάνουν το μερίδιό τους στην αγορά, κυρίως εις βάρος της ΕΕ. Αυτές οι δύο χώρες είναι πλέον υπεύθυνες για περισσότερο από το ήμισυ των εξαγωγών γαλακτοκομικών προϊόντων στην παγκόσμια αγορά. Πράγματι στον κόσμο οι 10 κορυφαίες εταιρείες γαλακτοκομικών προϊόντων παράγουν συνολικά το 15% περίπου της παγκόσμιας προσφοράς γάλακτος (1,3,5,28).

## 1.2 Προβιοτικά

Κατά το δεύτερο μέρος του 19<sup>ου</sup> αιώνα, οι πρώτες επιστημονικές μελέτες σχετικά με μικροοργανισμούς ασχολήθηκαν με τις αλληλεπιδράσεις τους με τον ανθρώπινο-ξενιστή, αν και κατά κύριο λόγο με μία αρνητική προοπτική. Ωστόσο, η λέξη «προβιοτικά» χρησιμοποιήθηκε μάλλον για πρώτη φορά το 1953 από τον Kollath W. σε μία εργασία του, ενώ ένα χρόνο αργότερα ο Vergin F. στην εργασία του «Anti-und Probiotika» συνέκρινε τα επιζήμια αποτελέσματα στην εντερική χλωρίδα από τη χρήση των αντιβιοτικών με τις ευεργετικές ιδιότητες άλλων παραγόντων τους οποίους και ονόμασε «probiotika». Ακολούθησαν οι Lilly και Stillwell (1956) που με τον ίδιο όρο περιέγραψαν τις ουσίες που θα επέφεραν αντίθετα αποτελέσματα από τα αντιβιοτικά, δηλαδή ουσίες που εκκρίνονται από ένα μικροοργανισμό και οι οποίες προκαλούν την ανάπτυξη ενός άλλου μικροοργανισμού. Ο

Parker το 1974 υπογράμμισε τις θετικές επιδράσεις των προβιοτικών δίνοντάς τους τον ορισμό: «Βακτήρια τα οποία συνεισφέρουν στην εντερική μικροβιακή ισορροπία». Έπειτα ο ορισμός αυτός εξελίχθηκε από διάφορους επιστήμονες ως:

«Ζωντανά μικροβιακά συστατικά των τροφίμων, με θετικές επιδράσεις στην υγεία, εξαιτίας της βελτίωσης της εντερικής μικροβιακής ισορροπίας» (1,2).

### 1.3 Κριτήρια Επιλογής Προβιοτικών Μικροοργανισμών

Τα κριτήρια για τον προσδιορισμό ενός προβιοτικού βακτηρίου ή αλλιώς για την αναγνώριση των μικροοργανισμών που έχουν θετικές επιδράσεις στην υγεία αναφέρονται αρχικά και στη συνέχεια αναλύονται παρακάτω:

- Ανθρώπινη προέλευση
- Αντοχή στην οξύτητα και τα χολικά οξέα
- Ικανότητα προσχώρησης στα ανθρώπινα κύτταρα του εντέρου
- Αποίκηση (ακόμη και παροδική) στην περιοχή του εντέρου
- Ανταγωνιστικά ενάντια σε παθογόνα βακτήρια
- Παραγωγή αντιμικροβιακών ουσιών
- Ρυθμιστικές λειτουργίες αντισωμάτων
- Κλινικά αποδεδειγμένες επιδράσεις στην ανθρώπινη υγεία
- Ιστορικά δεδομένα ασφαλούς χρήσης στον άνθρωπο.

Η ανθρώπινη προέλευση των προβιοτικών στελεχών αποτελεί αρκετά σημαντικό στοιχείο, δεδομένου ότι πρόκειται να καταναλωθούν από τον άνθρωπο. Όπως είναι γνωστό, το γαστρεντερικό σύστημα του ανθρώπου είναι πολύ διαφορετικό από εκείνο των ζώων και τα στελέχη που απομονώνονται από τα ζώα μπορεί να μην προσαρμόζονται ικανοποιητικά στον άνθρωπο. Η πηγή προέλευσης των στελεχών που χρησιμοποιούνται ως προβιοτικά μπορεί να είναι είτε από τον άνθρωπο, είτε από τα ζώα, ή ακόμη από ένα σύνολο καλλιιεργειών. Στην τελευταία περίπτωση οι μικροοργανισμοί αυτοί έχουν καλλιεργηθεί κατά μεγάλο ποσοστό σε συστήματα ζύμωσης, γι' αυτό και δεν ταιριάζουν εύκολα σε *in vitro* περιβάλλοντα. Παρόλα αυτά υπάρχουν και μικροοργανισμοί που προέρχονται από ζώα και χρησιμοποιούνται ως προβιοτικοί όπως το *Bifidobacterium animalis*. Σύμφωνα με έρευνες των Havenaar et al., η προέλευση των προβιοτικών ειδών εξαρτάται άμεσα από το συγκεκριμένο σκοπό χρήσης. Για παράδειγμα, αν απαιτείται εφήμερη δράση των προβιοτικών, όπως η απορρόφηση της λακτόζης, τότε δεν είναι απαραίτητο τα προβιοτικά να είναι ικανά να αποικήσουν στον οργανισμό ξενιστή. Οι περισσότερες επιδράσεις των προβιοτικών απαιτούν την ικανότητα δράσης με την ενδογενή μικροχλωρίδα. Και αυτό με τη σειρά του απαιτεί μία προσεκτική επιλογή των μικροοργανισμών. Το πιο σημαντικό κριτήριο επιλογής είναι ότι το προβιοτικό πρέπει να προέρχεται από το ίδιο είδος ζώου στο οποίο σκοπεύει να δράσει. Η λογική αυτή βασίζεται στο γεγονός ότι το εντερικό περιβάλλον διαφέρει

αρκετά μεταξύ διαφορετικών οργανισμών. Έτσι τα προβιοτικά που στοχεύουν σε ανθρώπινη χρήση πρέπει να προέρχονται από τον άνθρωπο.

Ένα προβιοτικό βακτήριο πρέπει να είναι ικανό να επιβιώσει κατά τη διέλευσή του από το στομάχι, για αυτό απαιτείται υψηλή ανθεκτικότητα στα οξέα, καθώς το στομάχι θεωρείται ένα αρκετά όξινο περιβάλλον. Ένας τρόπος ενίσχυσης της ιδιότητας αυτής είναι η έκθεση του μικροοργανισμού πρώτα σε ηπιότερες συνθήκες, ώστε να αναπτύξει μόνος του σταδιακά ανθεκτικότητα και στις πιο χαμηλές τιμές pH. Για να ενισχυθεί η διέλευση των προβιοτικών από το στομάχι, πρέπει να εμφανίζουν αντοχή και στα χολικά οξέα τα οποία θεωρούνται υπεύθυνα για τον έλεγχο των πληθυσμών των βακτηρίων στη φυσιολογική χλωρίδα του εντέρου.

Η ικανή προσκόλληση των προβιοτικών στελεχών δεν προϋποθέτει αναγκαστικά τη βιωσιμότητα των μικροοργανισμών στην περιοχή του εντέρου. Ο αριθμός των βακτηρίων που καταφέρνουν να φτάσουν στον τελικό τους προορισμό ζωντανά είναι βέβαια αρκετά σημαντικός και αποτελεί ένα από τα πιο δύσκολα σημεία της μελέτης των προβιοτικών.

Όσον αφορά τη δράση των προβιοτικών βακτηρίων ενάντια στους παθογόνους μικροοργανισμούς, έχει αποδειχθεί βάσει συγκεκριμένων μελετών ότι τα προβιοτικά στελέχη προλαμβάνουν τον αποικισμό παθογόνων μικροοργανισμών. Συγκεκριμένα τα γαλακτικά βακτήρια είναι γνωστά για την παρεμποδιστική τους δράση έναντι των παθογόνων: *Escherichia coli*, *Helicobacter pylori*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* κ.α.

Η παραγωγή αντιμικροβιακών ουσιών αποτελεί μία ιδιότητα που προσδίδει ανταγωνιστικό πλεονέκτημα σε μικροοργανισμούς όπως είναι οι προβιοτικοί. Τα γαλακτικά βακτήρια παράγουν ένα ευρύ φάσμα αντιμικροβιακών συστατικών, πρωτεϊνικών και μη, όπως είναι τα οργανικά οξέα (γαλακτικό και οξικό οξύ), το υπεροξειδίο του υδρογόνου ( $H_2O_2$ ) και το διοξειδίο του άνθρακα ( $CO_2$ ). Σημαντικός αντιμικροβιακός παράγοντας είναι και οι βακτηριοσίνες που δεν παράγονται όμως από όλα τα γαλακτικά βακτήρια. Ο ρόλος τους επικεντρώνεται στην παρεμπόδιση επιβλαβών μικροοργανισμών του εντέρου όπως είναι τα κολοβακτηρίδια και τα κλωστρίδια. Οι συγκεκριμένες αντιμικροβιακές πρωτεΐνες χρησιμοποιούνται μάλιστα και ως βιοσυντηρητικά στη βιομηχανία τροφίμων.

Από την πλευρά των κανονιστικών (νομοθετικών) αρχών, η ασφάλεια και η μη παθογένεια ενός νέου στελέχους θεωρείται μείζονος σημασίας. Οι συνεχείς και εν μέρει αμφιλεγόμενες συζητήσεις κατευθύνονται προς την αξιολόγηση νέων στελεχών χωρίς το προηγούμενο «ιστορικό ασφαλούς χρήσης» και τον ορισμό ελάχιστων προϋποθέσεων που πρέπει να πληρούνται προτού να μπορούν να χαρακτηριστούν ως «ασφαλή» ή "GRAS". Σύμφωνα με το Marteau, υπάρχει μία εξαιρετικά χαμηλή δυνατότητα τεσσάρων τύπων παρενεργειών για τα προβιοτικά βακτήρια, δηλαδή, συστηματικές λοιμώξεις, επιβλαβείς μεταβολικές δραστηριότητες, υπερβολική διέγερση του ανοσοποιητικού σε ευαίσθητα άτομα, και μεταφορά γονιδίων. Οι ακόλουθες προσεγγίσεις για την αξιολόγηση της ασφάλειας των προβιοτικών στελεχών έχουν προταθεί από τους Salminen et al.:

- Χαρακτηρισμός του γένους, του είδους, και του στελέχους και της προέλευσής του που θα παράσχει μία πρώτη ένδειξη της εικαζόμενης ασφάλειας σε σχέση με γνωστά προβιοτικά στελέχη
- Μελέτες για τις ενδογενείς ιδιότητες του εκάστοτε συγκεκριμένου στελέχους και των πιθανών τοξικογόνων παραγόντων

- Μελέτες για τη φαρμακοκινητική τους δράση (επιβίωση, δράση στο έντερο, δοσολογία)
- Μελέτες αλληλεπιδράσεων μεταξύ του στελέχους, της εντερικής και βλεννογόνου μικροχλωρίδας, και του ξενιστή.

Είναι αξιοσημείωτο ότι μέχρι σήμερα υπάρχουν ελάχιστα καταγεγραμμένα περιστατικά λοιμώξεων από προβιοτικά. Συνήθως σε τέτοιες περιπτώσεις εμπλέκονται περισσότερο οι εντερόκοκκοι οι οποίοι άλλωστε δεν ανήκουν στις ουσίες GRAS. Επίσης, κατά γενική ομολογία, η κατανάλωση προβιοτικών σε μεγάλη δοσολογία (10<sup>12</sup> cfu/ημέρα) δεν προκάλεσε συμπτώματα τοξικότητας. Ιδιαίτερη έμφαση θα πρέπει να δίνεται στους γενετικά τροποποιημένους μικροοργανισμούς, αν και η χρήση τους στις προβιοτικές καλλιέργειες είναι ακόμη περιορισμένη. Το θέμα της ασφάλειας των λειτουργικών προϊόντων αποτελεί πολύ σημαντικό παράγοντα στη βιομηχανία τροφίμων για ευνόητους λόγους γι' αυτό και αναλύεται εκτενέστερα σε επόμενο υποκεφάλαιο.

Στον παρακάτω πίνακα καταγράφονται τα πιο γνωστά στελέχη μικροοργανισμών που χρησιμοποιούνται παγκοσμίως ως προβιοτικά.

<u>Ονοματολογία</u>	<u>Θερμοκρασία (°C)</u>	<u>Προϊόντα ζύμωσης</u>	<u>Προμηθευτής</u>
Bifidobacterium breve	37 - 41	Γαλακτικό οξύ Οξικό οξύ Μυρμικικό οξύ	Τόκυο, Ιαπωνία
B. bifidum	37 - 41	Γαλακτικό οξύ Οξικό οξύ Μυρμικικό οξύ	Τόκυο, Ιαπωνία
B. infantis	37 - 41	Γαλακτικό οξύ Οξικό οξύ Μυρμικικό οξύ	Rockville, MD, ΗΠΑ
B. lactis	37 - 41	Γαλακτικό οξύ Οξικό οξύ Μυρμικικό οξύ	Chr. Hanse Ltd. Horsholm, Δανία
B. longum	37 - 41	Γαλακτικό οξύ Οξικό οξύ Μυρμικικό οξύ	Nikken Chemicals Τόκυο, Ιαπωνία
B. thermophilum	37 - 41	Γαλακτικό οξύ Οξικό οξύ Μυρμικικό οξύ	Nikken Chemicals Τόκυο, Ιαπωνία
Lactobacillus acidophilus	35 - 38	Γαλακτικό οξύ	National Collection of Dairy Organisms, UK Snow Brand Milk Products, Ιαπωνία GPGurlock Cincinnati, ΗΠΑ

L. delbrueckii bulgaricus	40 - 43	Γαλακτικό οξύ	Unilever Research Lab. Ηνωμένο Βασίλειο Commercial Yoghurt Starter Culture, ΗΠΑ Marshall Products ΗΠΑ
L. helveticus	45	Γαλακτικό οξύ	“
L. casei	30 - 35	Γαλακτικό οξύ Οξικό οξύ Μυρμικικό οξύ Αιθανόλη	Yakult, Τόκυο, Ιαπωνία
L. fermentum	45	Γαλακτικό οξύ Οξικό οξύ Μυρμικικό οξύ Αιθανόλη	“
L. johnsonii	35 - 38	Γαλακτικό οξύ	Nestle Vevey, Ελβετία
L. plantarum	30 - 35	Γαλακτικό οξύ Οξικό οξύ Μυρμικικό οξύ Αιθανόλη	Rockville, MD, ΗΠΑ
L. rhamnosus	37	Γαλακτικό οξύ Οξικό οξύ Μυρμικικό οξύ Αιθανόλη	Valio, Helsinki, Finland Rockville, MD, ΗΠΑ Lactofillus Lab. Γαλλία
L. salivarius	30 - 40	Γαλακτικό οξύ Οξικό οξύ Μυρμικικό οξύ Αιθανόλη	Wakamoto Pharmaceutical. Ιαπωνία
Enterococcus faecium	22 - 33	Γαλακτικό οξύ	Engelholm Σουηδία
Streptococcus salivarius	37 - 45	Γαλακτικό οξύ	Rockville, MD, USA Commercial Yoghurt Starter Culture, ΗΠΑ Marshall Products ΗΠΑ

Πίνακας 1.2 Είδη προβιοτικών στελεχών



Τα προβιοτικά στελέχη που χρησιμοποιούνται συνήθως είναι ο *Lactobacillus* και τα *bifidobacteria*. Καταναλώνονται σε προϊόντα ζύμωσης όπως για παράδειγμα το γιαούρτι ή ακόμη και σε άλλα είδη τροφίμων (π.χ. λαχανικά, κρέας, ροφήματα που έχουν ως βάση τους το γάλα κ.α.). Ο *Lactobacillus* και τα *bifidobacteria* είναι μόνιμοι «κάτοικοι» της χλωρίδας του ανθρώπινου οργανισμού και αυτό αποτελεί, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, μία λογική εξήγηση για τη συχνή επιλογή τους ως συστατικά των λειτουργικών τροφίμων.

Τα *Bifidobacteria* θεωρούνται ως μόνιμοι κάτοικοι του παχέος εντέρου, ενώ οι *Lactobacilli* του μικρού εντέρου (5,6,8,9,10).

## 1.4 Ασφάλεια προβιοτικών μικροοργανισμών

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, τα προβιοτικά χαρακτηρίζονται γενικά ως ασφαλή συστατικά προς ανθρώπινη κατανάλωση και εξαιρετικά ελάχιστες φορές έχουν συνδεθεί με πρόκληση ασθενειών. Άλλωστε τα δύο κύρια είδη προβιοτικών με το μεγαλύτερο ποσοστό χρήσης (*Lactobacillus* και *Bifidobacteria*) αποτελούν, όπως ήδη είναι γνωστό φυσικά στελέχη του γαστρεντερικού μας συστήματος.

Τί είναι λοιπόν αυτό που συνιστά την προσοχή σε προβιοτικούς μικροοργανισμούς;

Υπάρχουν δυστυχώς ομάδες προβιοτικών που δεν κατέχουν την ίδια μακρόχρονη ιστορία ασφαλούς χρήσης με στελέχη, όπως για παράδειγμα ο *Lactobacillus acidophilus* ο οποίος παρόλα αυτά υπάρχει στην αγορά περίπου 60 χρόνια.

Τα βασικά θέματα που απασχολούν την επιστημονική κοινότητα είναι δύο. Το πρώτο είναι η γενική αρχή ότι όλοι οι μικροοργανισμοί που αναπτύσσονται σε συνθήκες ανθρώπινου οργανισμού μπορούν θεωρητικά να αποικήσουν ως μόνιμοι κάτοικοι και να αποτελέσουν πιθανά παθογόνα στελέχη για τον οργανισμό. Αυτό βέβαια αναφέρεται στην πλειοψηφία των μεσοφιλικών βακτηρίων, χωρίς όμως να αποκλείει και τα στελέχη προβιοτικών. Παρόλα αυτά έχουν αναφερθεί δύο μόλις περιστατικά λοιμώξεων που σχετίζονται με προβιοτικά βακτήρια. Το ένα αφορούσε σε περιστατικό φλεγμονής στο συκώτι που προκλήθηκε από τον *L. Rhamnosus* GG και το άλλο σε μία περίπτωση ενδοκαρδίτιδας πιθανώς σχετιζόμενη πάλι με τον *L. Rhamnosus*.

Ο δεύτερος κρίσιμος παράγοντας είναι το σώμα ξενιστής που φιλοξενεί τέτοιους μικροοργανισμούς. Το ανθρώπινο σώμα αποτελεί την ιδανική κατοικία, πλούσια σε θρεπτικά συστατικά για τους μικροοργανισμούς. Παρά τους διάφορους μηχανισμούς άμυνας που αναπτύσσει ο ανθρώπινος οργανισμός, υπάρχουν στιγμές (περιπτώσεις ασθενειών ή τραυματισμών), όπου παθογόνοι και μη μικροοργανισμοί μπορεί να εισβάλλουν στο σώμα μας και ανάμεσα σε αυτούς και βακτήρια όπως ο *Lactobacillus* και τα *Bifidobacteria*. Υπάρχουν όντως περιπτώσεις που έχουν παρατηρηθεί λοιμώξεις από γαλακτικά βακτήρια κατά τη διάρκεια σοβαρών ασθενειών όπου ο οργανισμός είναι αρκετά εκτεθειμένος. Ακόμη και στα περιστατικά που αναφέρθηκαν παραπάνω είχε παρατηρηθεί εξασθενημένος οργανισμός και αφορούσε και στις δύο περιπτώσεις ηλικιωμένα άτομα. Επιπλέον, ο

προστατευτικός ιστός του εντερικού συστήματος γίνεται αρκετά ευάλωτος σε περιπτώσεις για παράδειγμα ανάρρωσης από κάποια ασθένεια κατά τη χρήση αντιβιοτικών ή σε σοβαρά νοσήματα (HIV). Η ευαισθησία αυτή γίνεται ακόμα πιο έντονη σε βρέφη που δεν έχουν προλάβει να διαμορφώσουν ισχυρή άμυνα του οργανισμού τους.

Στον πίνακα 1.2 καταγράφονται αναφορικά κάποιες περιπτώσεις προδιαθέσεων. Χωρίς να αναιρούνται οι ευεργετικές λειτουργίες προβιοτικών μικροοργανισμών επιστάται η προσοχή στο πόσο κρίσιμο ρόλο κατέχει η φυσική υγεία του οργανισμού σε περιπτώσεις ακόμα που φαίνονται ακίνδυνες.

Παράγοντας προδιάθεσης	Παρατηρήσεις	Αναφορές
Οδοντιατρική μεταχείριση	κίνδυνος ενδοκαρδίτιδας	Harty et al. (1993)
Τεχνητή βαλβίδα	κίνδυνος ενδοκαρδίτιδας	Gallemore et al. (1995) Penot et al. (1998)
Ενσωματωμένος καθετήρας	κίνδυνος σηψαιμίας	Hennequin et al. (2000)
Εκτεθειμένο αμυντικό σύστημα	περιπτώσεις AIDS	Horwitch et al. (1995)
Τραυματισμοί	π.χ. εγχείριση	Husni et al. (1997)
Διαβήτης		Jones et al. (2000)
Κακό διατροφικό επίπεδο		Husni et al. (1997)
Φλεγμονές		Husni et al. (1997)
Θεραπεία με βανκομυκίνες		Chomarat & Espinousse (1991)

Πίνακας 1.2 Επικίνδυνες περιπτώσεις εκδήλωσης προβλημάτων υγείας

Ο ανταγωνισμός στην αγορά των προβιοτικών είναι πλέον δυνατός, γι' αυτό κρίνεται απαραίτητη η ταυτοποίηση των προβιοτικών στελεχών και η ομαδοποίησή τους σε συγκεκριμένα είδη. Έτσι επιβεβαιώνεται η ασφάλεια για κάθε είδους εμπορική εκμετάλλευση και τεχνική εφαρμογή. Τα περισσότερα προβιοτικά ανήκουν σε ένα περιορισμένο αριθμό ομάδων, κυρίως στα γένη *Bifidobacteria* και *Lactobacillus*. Η σωστή ταξινόμηση του γένους και του είδους για τα προβιοτικά στελέχη είναι ένα σοβαρό θέμα ασφάλειας αρχικά για τον ποιοτικό έλεγχο των προϊόντων, έπειτα για τη σωστή πληροφόρηση του καταναλωτή και φυσικά για τη διάγνωση και θεραπεία ενδεχομένως κλινικά ύποπτων περιπτώσεων. Ο συνδυασμός μοριακών τεχνικών είναι διαθέσιμος για το διαχωρισμό των διαφορετικών μικροοργανισμών. Οι ομάδες των κοντινά σχετιζόμενων βακτηριακών τύπων μπορούν να προσδιοριστούν από τις μεθόδους όπως DNA fingerprint από gel ηλεκτροφόρησης (PFGE), από random ενισχυμένο DNA (RAPD), περιορισμένη ανάλυση ενζύμων και προφίλ πλασμιδίων. Χρωματομετρικές αναγνωριστικές μέθοδοι περιλαμβάνοντας βιολογικά και μορφολογικά μέτρα έχουν αναπτυχθεί για την κατάταξη των μικροοργανισμών. Ο χαρακτηρισμός μικροοργανισμών με μοριακή φασματοσκοπία εμπεριέχει και ανάλυση της καλλιέργειας κατά τη φάση της ανάπτυξής της.

Όσον αφορά τον έλεγχο των προβιοτικών στελεχών υπάρχουν κάποιες ενδεικτικές μέθοδοι. Για παράδειγμα, ένας από τους πιο άμεσους τρόπους για

τη μέτρηση του ποσοστού μολυσματικότητας ενός βακτηρίου είναι ο προσδιορισμός του LD<sub>50</sub> ο οποίος δίνει πληροφορίες για την πιθανή τοξικότητα του μικροοργανισμού.

Ένα ευαίσθητο σημείο της ασφάλειας των μικροοργανισμών αποτελούν οι γενετικά μεταλλαγμένοι οργανισμοί (GMO). Τέτοιες μορφές προβιοτικών προϊόντων είναι δύσκολο να εξελιχθούν στην αγορά, τουλάχιστον στα Ευρωπαϊκά πλαίσια, όπου οι καταναλωτές είναι αρκετά διστακτικοί με το συγκεκριμένο θέμα. Παρόλα αυτά εφαρμογές γενετικά τροποποιημένων προβιοτικών βρίσκονται σε συνθήκες μελέτης. Οι γενετικά μεταλλαγμένοι προβιοτικοί οργανισμοί θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για τη μεταφορά αντιγόνων σε εμβόλια. Θα αποτελούσε μία πιο ασφαλή μέθοδο εμβολιασμού από εκείνη των εξασθενημένων παθογόνων.

Τέλος κρίνεται σκόπιμο να αναφερθεί ότι υπάρχουν ακόμη επιστήμονες που διακρίνουν παράγοντες επικινδυνότητας στη χρήση βακτηρίων του γαλακτικού οξέος, γι' αυτό κρίνεται αναγκαίο να δημιουργηθεί μία επιστημονική βάση που θα εξασφαλίζει ένα ασφαλές επίπεδο για τα ήδη υπάρχοντα στελέχη της αγοράς και για οποιαδήποτε άλλη καινοτομία στον τομέα αυτό (11,12,13,16).

## 1.5 Επιδράσεις προβιοτικών στην ανθρώπινη υγεία

Αρχικά, τα προβιοτικά θεωρήθηκαν ικανά να εξισορροπήσουν διαταραχές της μικροχλωρίδας του εντέρου και έτσι να εμποδίσουν ή να διορθώσουν τις δυσλειτουργίες που σχετίζονται με το γαστρεντερικό. Ωστόσο, μερικά από τα οφέλη για την υγεία, π.χ. ανοσοδιαμόρφωση, μπορούν να επιτευχθούν ακόμη και με τα νεκρά βακτήρια. Πολλά οφέλη των προβιοτικών βακτηρίων για την υγεία έχουν αποδειχθεί σε ανθρώπινες μελέτες. Ωστόσο, ο μηχανισμός δράσης πίσω από τις περισσότερες από αυτές τις επιδράσεις απομένει να εξακριβωθεί.

- Διάρροια

Η πιο κοινή αιτία της οξείας διάρροιας κατά την παιδική ηλικία είναι ο ροταϊός. Αρκετά προβιοτικά στελέχη – ειδικά *Lactobacillus rhamnosus* GG - έχουν έχει αποδειχθεί κατάλληλα για την πρόληψη ή την ανακούφιση της βρεφικής διάρροιας. Είναι επίσης εδραιωμένο το γεγονός ότι ορισμένα προβιοτικά στελέχη μπορούν τόσο να προλάβουν όσο και να μειώσουν τις διαταραχές που σχετίζονται με αντιβιοτικά. Ωστόσο, τα στοιχεία για τις επιδράσεις των προβιοτικών στη διάρροια των ταξιδιωτών παραμένει σε χαμηλά επίπεδα, επειδή οι λίγες μελέτες που έχουν διεξαχθεί, έδειξαν αντιφατικά αποτελέσματα.

- Διέγερση του ανοσοποιητικού συστήματος

Πολλές μελέτες έχουν πραγματοποιηθεί σε ανθρώπους για να διερευνηθούν τις επιδράσεις των προβιοτικών καλλιεργειών στο ανοσοποιητικό σύστημα. Ορισμένες μελέτες επικεντρώθηκαν στο εντερικό ανοσοποιητικό σύστημα, ενώ άλλες στη συστηματική ανοσία. Αυτές οι μελέτες αποκαλύπτουν ότι τα προβιοτικά βακτήρια είναι σε θέση να ενισχύσουν τόσο

την έμφυτη όσο και την επίκτητη ανοσία με αύξηση της δραστηριότητας των φυσικών φονικών κυττάρων και της φαγοκυττάρωσης, αλλάζοντας το προφίλ της κυτοκίνης, καθώς και με αύξηση των επιπέδων των ανοσοσφαιρινών (140-142). Δύο προβιοτικά στελέχη έχουν αναπτυχθεί με ιδιαίτερη έμφαση στην ενισχυτική τους επίδραση στις αποκρίσεις του ανοσοποιητικού: HOWARU TM bifido (*Bifidobacterium lactis* HN019) και HOWARU TM rhamnosus (*Lactobacillus rhamnosus* HN001). Και για τα δύο στελέχη έχει αποδειχθεί σε διάφορες μελέτες η ενίσχυση της φυσικής λειτουργίας του ανοσοποιητικού συστήματος σε υγιείς ανθρώπους.

- Ασθένεια Φλεγμονώδους Εντέρου

Υπάρχουν αυξανόμενες ενδείξεις ότι τα προβιοτικά έχουν ένα δυνητικό θεραπευτικό όφελος για τους ασθενείς που πάσχουν από IBD. Ελεγχόμενες κλινικές μελέτες έχουν δείξει ότι τα προβιοτικά είναι αποτελεσματικά στη διατήρηση της ύφεσης της ληκυθίτιδας, στη συντήρηση της ύφεσης της ελκώδους κολίτιδας, και στη θεραπεία της νόσου του Crohn. Τα προβιοτικά που έχουν χρησιμοποιηθεί σε αυτές τις ελεγχόμενες κλινικές μελέτες είναι δύο απλά στελέχη (*Escherichia coli* Nissle 1917, *Saccharomyces boulardii*) και ένα προϊόν που ονομάζεται VSL # 3 που αποτελείται από ένα μίγμα από τέσσερα στελέχη γαλακτοβακίλλων, τρία στελέχη bifidobacteria, και ένα στέλεχος του *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*, όπως έχει αναθεωρηθεί πρόσφατα από τους Hart et al. και Marteau et al.

- Σύνδρομο Ευερέθιστου Εντέρου

Το επίπεδο των αποδεικτικών στοιχείων ότι τα προβιοτικά μπορούν να ανακουφίσουν από τα συμπτώματα των ατόμων με σύνδρομο ευερέθιστου εντέρου είναι χαμηλό μέχρι σήμερα. Διαφορετικά αποτελέσματα έχουν ληφθεί στις μελέτες που έχουν διεξαχθεί μέχρι στιγμής. Οι περισσότερες μελέτες έχουν επικεντρωθεί στη μείωση ή στη θεραπεία των συμπτωμάτων. Ωστόσο, είναι πιθανό ότι ο ρόλος των προβιοτικών στο μέλλον να μπορεί να σχετιστεί με την πρόληψη παρά με τη θεραπεία του IBS.

- Δυσανεξία στη λακτόζη

Οι βακτηριακές καλλιέργειες -καλλιέργειες γιαουρτιού, καθώς και ορισμένες προβιοτικές καλλιέργειες- είναι γνωστό ότι βελτιώνουν την πέψη της λακτόζης σε άτομα που έχουν δυσανεξία στη λακτόζη. Η συγκέντρωση της λακτοδιασπαστικού ενζύμου β-γαλακτοσιδάση είναι πολύ χαμηλή σε άτομα που πάσχουν από δυσανεξία στη λακτόζη. Τα βακτήρια σε προϊόντα τροφίμων που είτε έχουν υποστεί ζύμωση είτε όχι, απελευθερώνουν τη β-γαλακτοσιδάση τους στο λεπτό έντερο, η οποία υποστηρίζει την πέψη της λακτόζης. Ωστόσο, τα προβιοτικά βακτήρια φαίνεται να προωθούν την πέψη της λακτόζης στο μικρό έντερο λιγότερο αποτελεσματικά από ότι οι συμβατικές καλλιέργειες γιαουρτιού, αλλά μπορούν να ανακουφίσουν τα κλινικά συμπτώματα που προκύπτουν από την άπεπτη λακτόζη.

- Αλλεργίες

Ο Pelto et al. διαπίστωσε ότι ο *Lactobacillus rhamnosus* GG παρέχει μία ανοσοδιεγερτική δράση σε υγιείς ενήλικες, ενώ τα ίδια στελέχη ελαττώνουν την έκφραση της ανοσο-αντίδρασης σε άτομα που παρουσιάζουν υπερευαισθησία στο γάλα. Επιπλέον, τα προβιοτικά έχουν εφαρμοστεί επιτυχώς στη διαχείριση του ατοπικού εκζέματος σε βρέφη. Επιπλέον, ο *Lactobacillus rhamnosus* GG αποδείχθηκε ότι είναι αποτελεσματικός στην πρόληψη της πρόωρης ατοπικής νόσου σε παιδιά που διατρέχουν υψηλό κίνδυνο. Προϊόντα του *Lactobacillus rhamnosus* GG δόθηκαν πριν και μετά τον τοκετό για 6 μήνες σε μητέρες ή στα βρέφη τους άμεσα. Η συχνότητα του ατοπικού εκζέματος στην προβιοτική ομάδα ήταν η μισή από την ομάδα του εικονικού φαρμάκου στην ηλικία των 2 ετών. Η προληπτική δράση επιβεβαιώθηκε κατά την ηλικία των 4 ετών.

- Καρκίνος

Μερικές επιδημιολογικές μελέτες δείχνουν μία σχέση μεταξύ της μικρότερης συχνότητας καρκίνου του παχέος εντέρου και της κατανάλωσης γαλακτοκομικών προϊόντων ζύμωσης που περιέχουν γαλακτοβάκιλλους ή bifidobacteria. Ωστόσο, δεν υπάρχει ακριβής πειραματική απόδειξη ότι τα προβιοτικά μειώνουν τον κίνδυνο του καρκίνου του παχέος εντέρου στον άνθρωπο, αλλά υπάρχει κάποια έμμεση απόδειξη που βασίζεται σε διάφορους δείκτες που εξάγονται από μελέτες σε ανθρώπους (π.χ. των ανοσολογικών δεικτών). Η επίδραση του *Lactobacillus casei* στην επανεμφάνιση του επιφανειακού καρκίνου της ουροδόχου κύστης μελετήθηκε από τον Aso et al. Το 50% των χωρίς υποτροπή διαστημάτων μετά την αφαίρεση του όγκου ήταν σημαντικά περισσότερα (1,8 φορές) για την προβιοτική ομάδα σε σύγκριση με την ομάδα του εικονικού φαρμάκου. Μία μελέτη που διεξήχθη στην Ιαπωνία αποκάλυψε ότι η συνήθης πρόσληψη των βακτηρίων γαλακτικού οξέος μειώνει τον κίνδυνο του καρκίνου της ουροδόχου κύστης.

- Λοιμώξεις αναπνευστικού συστήματος

Τα στοιχεία για μία πιθανή θετική επίδραση των προβιοτικών βακτηρίων στις λοιμώξεις της αναπνευστικής οδού είναι μέχρι σήμερα πολύ λίγα. Το προβιοτικό γιαούρτι (ρευστής μορφής) που περιέχει *Lactobacillus rhamnosus* GG, ένα συγκεκριμένο είδος *Bifidobacterium* και *Lactobacillus acidophilus* αποδείχθηκε ότι μπορεί να μειώσει σημαντικά την εμφάνιση των δυνητικά παθογόνων βακτηρίων στη μύτη σε σύγκριση με ένα συμβατικό γιαούρτι. Οι Hatakka et al. διεξήγαγαν μία μακροπρόθεσμη μελέτη με 571 παιδιά από τη Φιλανδία που παρακολουθούνταν σε κέντρα ημερήσιας φροντίδας. Βρήκαν μία ελαφρά μείωση των επιπτώσεων των λοιμώξεων του αναπνευστικού και των θεραπειών με αντιβιοτικά μετά από 7 εβδομάδες κατανάλωσης γάλακτος που περιέχει *Lactobacillus rhamnosus* GG σε σύγκριση με ένα συμβατικό γάλα.

- Δυσκοιλιότητα

Ορισμένες μελέτες έχουν διεξαχθεί σχετικά με τις επιδράσεις των βακτηρίων του γαλακτικού οξέος στη δυσκοιλιότητα και την εντερική κινητικότητα. Μειωμένη σοβαρότητα της δυσκοιλιότητας και μεγαλύτερη συχνότητα της κινητικότητας του εντέρου έχουν παρατηρηθεί σε δυσκοιλία - αλλά κατά τα άλλα υγιή- άτομα μετά την κατανάλωση γάλακτος που έχει υποστεί ζύμωση και περιέχει *Lactobacillus casei* στέλεχος Shirota. Η χορήγηση του *Bifidobacterium longum* BB536 σε δυσκοιλίες γυναίκες είχε ως αποτέλεσμα μία σημαντικά αυξημένη συχνότητα αφόδευσης. Θετική επίδραση του *Bifidobacterium longum* BB536 στην "κανονικότητα" αναφέρθηκε επίσης για τους ηλικιωμένους.

- Λοιμώξεις ουροποιητικού συστήματος

Εκτός από το έντερο, η ουροποιητική οδός είναι ένα πολλά υποσχόμενο πεδίο εφαρμογής για τα προβιοτικά βακτήρια. Μία μελέτη με 139 γυναίκες με οξεία ουρολοίμωξη απέδειξε ότι η κατανάλωση γαλακτοκομικών προϊόντων που έχουν υποστεί ζύμωση και περιέχουν προβιοτικά βακτήρια συσχετίζεται με μειωμένο κίνδυνο υποτροπής της λοίμωξης του ουροποιητικού συστήματος. Μέχρι σήμερα υπάρχει μόνο ένας μικρός αριθμός μελετών σε ανθρώπους που δείχνουν θετικές επιδράσεις των προβιοτικών στις λοιμώξεις του ουροποιητικού συστήματος. Παρόλα αυτά, αυτές οι μελέτες αποδεικνύουν ότι τα προβιοτικά παρασκευάσματα που χορηγούνται είτε από το στόμα είτε ενδοκοιλιακά μπορούν να παρέχουν μία θεραπευτική πηγή γαλακτοβακίλλων, σκοπεύοντας έτσι να βοηθήσουν στον έλεγχο λοιμώξεων του ουροποιητικού συστήματος στις γυναίκες.

- Μόλυνση από ελικοβακτηρίου του πυλωρού

Ο αποικισμός του βλεννογόνου του στομάχου με ελικοβακτήριο του πυλωρού έχει συσχετιστεί με γαστρίτιδα, καρκίνωμα του στομάχου, γαστρικό έλκος, και λεμφώματα. Έχει αποδειχθεί ότι διάφορα προβιοτικά στελέχη αναστέλλουν το *Helicobacter pylori* in vitro. Ανθρώπινες μελέτες επιβεβαίωσαν αυτή την ανασταλτική δράση επί του ελικοβακτηρίου του πυλωρού, η οποία φαίνεται να είναι ανεξάρτητη από τη βιωσιμότητα των βακτηρίων.

- Υψηλή χοληστερόλη

Πολλές ανθρώπινες μελέτες έχουν αξιολογήσει την επίδραση των γαλακτοκομικών προϊόντων που περιέχουν προβιοτικά βακτήρια στα επίπεδα της χοληστερόλης με αμφίβολα αποτελέσματα. Μερικά παραδείγματα δίδονται κατωτέρω. Ένα ζυμωμένο γάλα που περιέχει *Enterococcus faecium* και *Streptococcus thermophilus* αναφέρθηκε ότι παράγει μία μικρή αλλά σημαντική μείωση της ολικής και της LDL-χοληστερόλης σε ασθενείς με υπερχοληστερολαιμία. Ωστόσο, ορισμένα άτομα δεν ανταποκρίθηκαν στο προϊόν οπότε και παρατηρήθηκε μία αύξηση της χοληστερόλης. Οι Richelsen et al. διερεύνησαν την επίδραση μίας μακροχρόνιας (6 μήνες) κατανάλωσης του ίδιου ζυμωμένου γαλακτοκομικού προϊόντος. Σε ορθοχοληστεριναιμικά

άτομα, η κατανάλωση ζυμωμένου γάλακτος είχε ως αποτέλεσμα μία ταχεία μείωση της LDL-χοληστερόλης, αλλά μετά από 6 μήνες τα αποτελέσματα ήταν παρόμοια με εκείνα της κατανάλωσης γάλακτος placebo. Σε μία άλλη μακροχρόνια μελέτη (6 μήνες), ένα γιαούρτι που περιέχει *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium longum* και 1% ολιγοφρουκτόζης δεν είχε σημαντική επίδραση στην ολική χοληστερόλη και στη LDL-χοληστερόλη σε κανονικές- και υπερ-χοληστερολαιμικές γυναίκες. Αλλά, όσο η συγκέντρωση της HDL χοληστερόλης αυξανόταν σημαντικά, τόσο η αναλογία της LDL προς την HDL χοληστερόλη ελαττωνόταν σημαντικά.

Τα προβιοτικά έχουν αποδείξει την ικανότητά τους για την πρόληψη και τη θεραπεία της διάρροιας, και έχουν ένα υψηλό επίπεδο ασφάλειας. Η χρήση των προβιοτικών έχει επίσης τη δυνατότητα να μειώσει τη χρήση αντιβιοτικών και ως εκ τούτου να βοηθήσει στην προσπάθεια μείωσης της αντίστασης στα αντιβιοτικά. Ωστόσο, πολλοί πάροχοι υγειονομικής περίθαλψης (κυρίως στις ΗΠΑ) παραμένουν επιφυλακτικοί σχετικά με την αξία της συστηματικής χρήσης των προβιοτικών, και πολλά εμπορικά και δημοφιλή προβιοτικά δεν έχουν μελετηθεί σε ελεγχόμενες κλινικές δοκιμές. Προκειμένου τα προβιοτικά να γίνουν ευρύτερα αποδεκτά, εναπόκειται στον κλάδο της βιομηχανίας να χρηματοδοτήσει, είτε ατομικά ή συλλογικά, περαιτέρω ελεγχόμενες μελέτες για την επικύρωση των θεραπευτικών ισχυρισμών. Επίσης είναι αναγκαίο να διεξαχθούν μελέτες για τον προσδιορισμό των μηχανισμών με τους οποίους τα προβιοτικά δρουν ευεργετικά και να κατανοηθούν καλύτερα οι φαρμακοκινητικές τους ιδιότητες. Με αυτή τη γνώση, η επόμενη προσέγγιση πρέπει να είναι η βελτιστοποίηση της προβιοτικής δράσης με κατάλληλη επιλογή του στελέχους και των δοσολογικών σχημάτων. Για το μέλλον, η γενετική μηχανική έχει δυνατότητα να συμβάλει στην ανάπτυξη υψηλά αποτελεσματικών προβιοτικών μικροοργανισμών με στόχο συγκεκριμένες ασθένειες. Στη συνέχεια, αυτά τα «ζωντανά φάρμακα» θα βρουν πιο συνηθισμένη και αποτελεσματική χρήση στη θεραπεία (15,16,17,20,21,22,23,24,25,26,29).

## 1.6 Το γένος *Lactobacillus*

Το γένος *Lactobacillus* αποτελεί εδώ και καιρό το σημαντικότερο είδος των προβιοτικών μικροοργανισμών λόγω της σύνδεσής του με τα πιο δημοφιλή ζυμωμένα γαλακτοκομικά προϊόντα. Η κατανάλωση των προϊόντων αυτών, π.χ. γιαούρτι που σχετίζεται άμεσα με την καλή υγεία και ευζωία. Οι *Lactobacilli* είναι μία μεγάλη και ετερογενής ομάδα μικροοργανισμών η οποία αποτελείται από 54 αναγνωρισμένα είδη. Οι *Lactobacilli* είναι βακτήρια Gram-θετικά, ραβδόμορφα, ασπορογόνα και αποτελούν μέρος της μεγάλης ομάδας βακτηρίων που παράγουν γαλακτικό οξύ. Οι *Lactobacilli* είναι επίσης πολύ σημαντικοί στη βιομηχανία τροφίμων. Το μέγεθός τους ποικίλλει και η μορφολογία τους διαφοροποιείται όχι μόνο ανάλογα με το είδος αλλά και από την ηλικία της καλλιέργειας καθώς επίσης και από το μέσο ανάπτυξης. Ακόμα έχουν υψηλές θρεπτικές απαιτήσεις (αμινοξέα, πεπτιδία, νουκλεοτίδια, βιταμίνες, άλατα, σάκχαρα, λιπίδια κ.α.). Ανθρώπινα στελέχη λακτοβακίλλων αποτελούν μέρος της φυσιολογικής χλωρίδας της στοματικής κοιλότητας, του κατώτερου μικρού εντέρου και του κόλπου σε μερικά, αλλά όχι σε όλα τα άτομα. Αν και είναι αναερόβια και λαμβάνουν την ενέργειά τους από ζυμωτικό

μεταβολισμό, μπορούν να επιβιώσουν με την παρουσία οξυγόνου, επειδή έχουν δραστηριότητα υπεροξειδάσης για την αδρανοποίηση του υπεροξειδίου του υδρογόνου. Το τελικό προϊόν της ζύμωσης των υδατανθράκων μέσω πυροσταφυλικού οξέος είναι το γαλακτικό οξύ, και ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό αυτού του γένους είναι η ικανότητά τους να επιβιώνουν σε χαμηλό pH. Αυτή η ικανότητα να παράγουν γαλακτικό οξύ παρέχει στους λακτοβάκιλλους μία ανταγωνιστική θέση σε περιβάλλοντα πλούσια σε θρεπτικά συστατικά και εν μέρει μπορεί να εξηγήσει την προβιοτική τους δράση.

Τα κριτήρια κατηγοριοποίησης και ταξινόμησης των ειδών μέσα στο γένος *Lactobacillus* βασίζονται στις φυσιολογικές και βιομηχανικές τους ιδιότητες (π.χ. ζύμωση των υδατανθράκων). Τα δεδομένα όμως όλο και αλλάζουν με την ανάπτυξη σύγχρονων μοριακών μεθόδων, με αποτέλεσμα το γένος *Lactobacillus* (όπως και πολλά άλλα) να υπόκεινται σε διαφοροποιήσεις. Σύμφωνα με τις τελευταίες αυτές μεθόδους χρησιμοποιώντας φυλογενετικά κριτήρια, αποδείχθηκε ότι οι *Lactobacilli* υποδιαιρούνται σε τρεις ομάδες: τους υποχρεωτικά ομοιοζυμωτικούς (Group I), τους προαιρετικά ετεροζυμωτικούς (Group II) και τους υποχρεωτικά ετεροζυμωτικούς (Group III). Το Group I ζυμώνει τις εξόζες σχεδόν αποκλειστικά σε γαλακτικό οξύ και περιλαμβάνει τη λεγόμενη *Lactobacillus acidophilus* ομάδα. Το Group II ζυμώνει τις εξόζες σε γαλακτικό οξύ σύμφωνα με την οδό γλυκόλυσης κατά Embden-Meyerhof, αλλά έχει και τη δυνατότητα ζύμωσης των πεντοζών σε γαλακτικό και οξικό οξύ. Τέλος, το Group III ζυμώνει τις εξόζες μέσω της φωσφογλυκονικής οδού και περιλαμβάνει τη *Lactobacillus reuteri/fermentum* ομάδα.

***Lactobacillus acidophilus*:** Η παρουσία του *L. acidophilus* είναι διαδεδομένη σε εμπορικά διαθέσιμα προβιοτικά προϊόντα. Επίσης βρίσκεται σε ζυμωμένα γαλακτοκομικά προϊόντα και μπορεί να αποτελεί μέρος της εντερικής και της κολπικής μικροχλωρίδας. Είναι σαφές ότι τις σημαντικές βιολογικές ιδιότητες της προσκόλλησης και της σταθερότητας στη γαστρεντερική οδό τις έχουν συγκεκριμένα στελέχη. Στην ομάδα αυτή ανήκουν τα *Lactobacillus crispatus*, *L. amylovorus*, *L. gallinarum*, *L. gasserii* και *L. johnsonii*. Ειδικά ο πρώτος θεωρείται ένας από τους σημαντικότερους προβιοτικούς μικροοργανισμούς. Δεν αναπτύσσεται στους 15°C και δεν παράγει αέριο. Παράγει DL γαλακτικό οξύ, ενώ απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στην απομόνωση και στην καλλιέργειά του.

***Lactobacillus casei*:** Παρομοίως με τον *L. acidophilus*, οι προβιοτικές ιδιότητες του *casei* εμφανίζονται σε συγκεκριμένα στελέχη. Το στέλεχος του *casei*, Shirota έχει λάβει πολλή εμπορική προσοχή. Έχει αποδειχθεί ότι έχει ανταγωνιστική δράση έναντι του *Escherichia coli*, του *Listeria monocytogenes* καθώς και για τη μείωση του *Helicobacter pylori* σε ανθρώπους (μειωμένη ουρία τεστ αναπνοής). Επίσης, αυτό το στέλεχος έχει την ικανότητα να τροποποιεί τις μεταβολικές δραστηριότητες και τις δραστηριότητες σύνθεσης της ανθρώπινης εντερικής χλωρίδας. Στην ομάδα αυτή ανήκουν οι *L. Zeae*, *L. paracasei* και *L. rhamnosus*. Ο *Lactobacillus rhamnosus* GG είναι το πιο μελετημένο *Lactobacillus*-based προβιοτικό. Γενικά είναι ευρέως διαδεδομένο στη φύση, στα ζυμωμένα τρόφιμα, στα προϊόντα γάλακτος και στα επεξεργασμένα προϊόντα κρέατος.



**Lactobacillus reuteri/fermentum:** Δεν υπάρχουν ουσιαστικές φαινοτυπικές και βιοχημικές διαφορές μεταξύ των δύο. Ο L. Reuteri είναι ακόμη ένα προβιοτικό που παράγει γαλακτικό οξύ. Στελέχη αυτού του μικροοργανισμού είναι ευρέως διαδεδομένα στη φύση και μπορούν να απομονωθούν από μία ποικιλία προϊόντων διατροφής, από ζώα, και από τον ανθρώπινο γαστρεντερικό σωλήνα. In vitro, ο L. Reuteri παράγει από γλυκερόλη, 3-υδροξυπροπιοναλδεύδη, η οποία έχει σχετικά ευρέος φάσματος αντιμικροβιακή δράση. Δεν είναι σαφές εάν αυτές οι αντιμικροβιακές ουσίες που παράγονται στο ανθρώπινο έντερο σε συγκεντρώσεις αρκετά υψηλές είναι ικανές για να αναστείλουν άμεσα παθογόνους οργανισμούς. Παρόλα αυτά, στελέχη του L.reuteri έχουν λάβει σημαντική προσοχή στο εμπόριο ως προβιοτικό (3,4,14,18,19).

## 1.7 Bifidobacterium

Το είδος Bifidobacterium είναι αναερόβιες, θετικές κατά Gram ράβδοι ή διακλαδισμένες ράβδοι που παράγουν γαλακτικό και οξικό οξύ. Αυτό το είδος συναντάται στη φυσιολογική χλωρίδα, αλλά είναι το κυρίαρχο μέλος της εντερικής χλωρίδας σε θηλαζόμενα βρέφη. Το Bifidobacterium sp. αναπτύσσεται καλά σε γάλα, και εδώ και πολύ καιρό υπάρχει έντονο ενδιαφέρον για τα προβιοτικά bifidobacteria τα οποία περιέχονται σε γαλακτοκομικά προϊόντα που έχουν υποστεί ζύμωση. Μία από τις λίγες φαρμακοκινητικές μελέτες στον άνθρωπο σχετικά με προβιοτικά βακτήρια διεξήχθη από τους Marteau et al. με θέμα την ποσοτικοποίηση της διέλευσης τόσο του Lactobacillus acidophilus όσο και ειδών Bifidobacterium στην ανώτερη γαστρεντερική οδό.

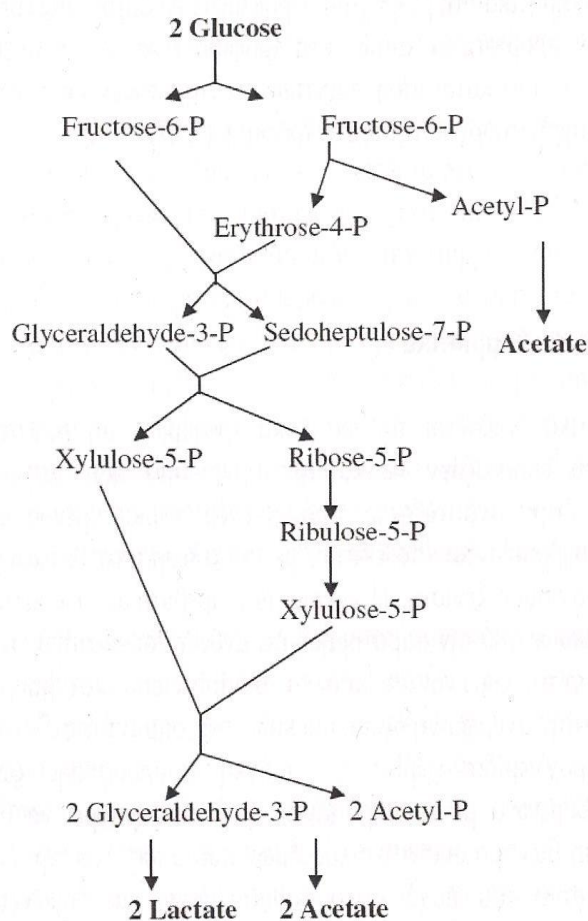
Σήμερα καταγράφονται περίπου 24 είδη σε αυτό το γένος, κάποια από τα οποία παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

<b>Bifidobacterium είδη</b>	<b>Προέλευση</b>
B. bifidum (Tissier) Orla-Jensen (1924)	Βρέφη, Ενήλικες, Μοσχάρια, Ανθρώπινο σώμα
B. adolescentis Reuter (1963)	Ενήλικες, Βοοειδή, Αποχετεύσεις, Πίθηκοι, Σκύλοι
B. infantis Reuter (1963) (περιλαμβάνει B. liberorum και B.lactentis)	Βρέφη, Μοσχάρια, Ανθρώπινο σώμα, Αποχετεύσεις
B. longum Reuter	Ενήλικες, Βρέφη, Μοσχάρια, Ανθρώπινο σώμα, Αποχετεύσεις
B. catenulatum Scardovi και Crociani (1974)	Ενήλικες, Βρέφη, Ανθρώπινο σώμα, Αποχετεύσεις
B. dentium Scardovi και Crociani (1974)	Δόντια, Στοματική κοιλότητα, Ενήλικες, Ανθρώπινο σώμα, Σκωλικοειδίτιδα
B. angulatum Scardovi και Crociani (1974)	Ενήλικες, Αποχετεύσεις
B. thermophilum Mitsuoka (1969) (συνώνυμο του B. ruminale)	Χοίροι, Πουλερικά, Μοσχάρια, Σκύλοι, Ινδικά χοιρίδια
B. pseudolongum Mitsuoka (1969)	Χοίροι, Πουλερικά, Μοσχάρια, Σκύλοι, Ινδικά χοιρίδια
B. globosum Scardovi et al. (1969)	Μοσχάρια, Αρουραίοι, Κουνέλια,

	Πρόβιατα, Αποχετεύσεις
<i>B. animalis</i> (Mitsuoka) Scardovi και Trovatelli (1974)	Αρουραίοι, Ποντικοί, Κουνέλια, Μοσχάρια, Ινδικά χοιρίδια, Αποχετεύσεις
<i>B. magnum</i> Scardovi και Zani (1974)	Κουνέλια
<i>B. suis</i> Matteuzzi et al. (1974)	Χοιρίδια
<i>B. pullorum</i> Trovatelli et al. (1974)	Πουλερικά
<i>B. asteroides</i> Scardovi και Trovatelli (1974)	Μέλισσες
<i>B. indicum</i> Scardovi και Trovatelli (1969)	Μέλισσες
<i>B. coryneforme</i> Scardovi και Trovatelli (1969)	Μέλισσες
<i>B. minimum</i> Biavati et al. (1982)	Αποχετεύσεις
<i>B. subtile</i> Biavati et al. (1982)	Αποχετεύσεις
<i>B. pseudocatenulatum</i> Scardovi et al. (1979)	Βρέφη, Μοσχάρια, Αποχετεύσεις
<i>B. boum</i> Scardovi et al. (1979)	Rumen, Χοιρίδια
<i>B. choerinum</i> Scardovi et al. (1979)	Χοιρίδια, Αποχετεύσεις
<i>B. cuniculi</i> Scardovi et al. (1979)	Κουνέλια

Πίνακας 1.3 Προέλευση και είδη προβιοτικών Bifidobacteria

Η μορφολογία των Bifidobacteria μπορεί να διαφέρει ελαφρώς ανάμεσα σε κάποια είδη και στελέχη, αλλά εξαρτάται και από τις συνθήκες καλλιέργειας. Είναι κυρίως αυστηρά αναερόβια βακτήρια, αν και κάποια στελέχη παρουσιάζουν ανθεκτικότητα στο οξυγόνο με την παρουσία διοξειδίου του άνθρακα. Είναι αρνητικά σε καταλάση και ιωδόλη και δεν ανάγουν τα νιτρικά. Δεν αναπτύσσονται σε τιμές pH μικρότερες από 4.5 ή μεγαλύτερες από 8.5. Όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα, η ζύμωση δύο μορίων εξόζης από bifidobacteria οδηγεί στο σχηματισμό τριών μορίων οξικού άλατος και δύο μορίων εστέρα γαλακτικού οξέος. Εκτός από την ικανότητα των βακτηρίων αυτών να χρησιμοποιούν τη γλυκόζη, τα ανθρώπινης προέλευσης Bifidobacteria μπορούν να αξιοποιήσουν και τη λακτόζη και τη γαλακτόζη ή ακόμη και τη φρουκτόζη.



Εικόνα 1.1 Σχηματισμός μορίων γαλακτικού οξέος και οξικού άλατος από δύο μόρια γλυκόζης.

Τα κυριότερα είδη που απομονώνονται από τον άνθρωπο είναι τα εξής: *B.bifidum*, *B.infantis*, *B.breve*, *B.adolescentis*, *B.longum*, ενώ τα είδη που βρίσκουν εφαρμογή στις προβιοτικές καλλιέργειες είναι τα *B.bifidum*, *B.longum* και *B.animalis*.

Η ικανότητα των *Bifidobacteria* να αναστέλλουν τη δράση των παθογόνων μικροοργανισμών βασίζεται στην παραγωγή γαλακτικού και οξικού οξέος και στην παραγωγή άλλων αντιμικροβιακών συστατικών όπως είναι οι βακτηριοσίνες. Επιπλέον την τελευταία δεκαετία τα *bifidobacteria* έχουν τραβήξει την προσοχή για τη χρήση τους ως βιοσυντηρητικά στη βιομηχανία τροφίμων. Ανάμεσα στις ευεργετικές επιδράσεις των προβιοτικών αυτών στα τρόφιμα είναι και η αύξηση του χρόνου ζωής, η αντικατάσταση τεχνητών συντηρητικών και φυσικά ο εμπλουτισμός της λειτουργικότητας στα τρόφιμα (4).

## 1.8 Πρεβιοτικά και Συμβιοτικά

Πρεβιοτικά ορίζονται τα συστατικά τροφίμων, τα μη εύπεπτα αλλά ζυμώσιμα, που επηρεάζουν θετικά τον οργανισμό που τα φιλοξενεί, παρακινώντας την ανάπτυξη ή δράση ενός περιορισμένου αριθμού βακτηρίων που βρίσκονται στο έντερο, με αποτέλεσμα να βελτιώνουν την υγεία του οργανισμού ξενιστή. Η έννοια των πρεβιοτικών ως λειτουργικά προϊόντα προέκυψε από την παρατήρηση ότι ανθεκτικοί υδατάνθρακες όπως οι ολιγοσακχαρίτες ζυμώνονται από τα bifidobacteria και μπορούν να συνεισφέρουν στην ανθρώπινη υγεία, προκαλώντας σημαντικές αλλαγές στην ενδογενή μικροχλωρίδα χωρίς την ανάγκη απορρόφησης ζωντανών οργανισμών. Σύμφωνα με τα παραπάνω, πρεβιοτικό μπορεί να θεωρηθεί οποιοδήποτε μη βιώσιμο συστατικό τροφίμων που αποφεύγει την πέψη στο έντερο και φτάνει στο παχύ έντερο άθικτο όπου και ζυμώνεται από ευεργετικά βακτήρια στη γαστρεντερική περιοχή (Roberfroid et al 1993). Τα βασικά πρεβιοτικά είναι υδατάνθρακες χωρίς αυτό να σημαίνει ότι στην κατηγορία αυτή δεν περιλαμβάνονται και άλλα διατροφικά συστατικά. Τα πρεβιοτικά μπορούν συγκεκριμένα να ενεργοποιήσουν ομάδες βακτηρίων όπως Bifidobacteria, Lactobacilli και Eubacteria που ζουν στην εντερική περιοχή. Θεωρείται ότι οποιοδήποτε συστατικό που ανήκει στην κατηγορία πρεβιοτικών πρέπει να τηρεί τα εξής τρία χαρακτηριστικά:

- Να μην υδρολύεται ή να μην απορροφάται στο ανώτερο γαστρεντερικό σύστημα.
- Να αποτελεί επιλεκτικό υπόστρωμα για ένα ή περισσότερα ευεργετικά βακτήρια της εντερικής χλωρίδας.
- Να προκαλεί τροποποίηση στη σύνθεση της εντερικής μικροχλωρίδας με σκοπό τη θετική επίδραση στην υγεία του ατόμου.

Τα αναγνωρίσιμα πρεβιοτικά σχηματίζονται από γλυκόζη, γαλακτόζη, ξυλόζη και φρουκτόζη. Ανθεκτικοί υδατάνθρακες μικρής αλυσίδας (SCCs) που είναι γνωστοί και ως μη εύπεπτοι ολιγοσακχαρίτες μπορούν να προσμετρηθούν και αυτοί στα υποψήφια πρεβιοτικά για τις επιδράσεις τους, όπως χαρακτηριστικά αναφέρονται στη βιβλιογραφία ως «bifidogenic». Επίσης ως τυπικοί «bifidogenic» παράγοντες μπορούν να θεωρηθούν κη ινουλίνη και οι φρουκτο-ολιγοσακχαρίτες (FOSs) που αποτελούν σήμερα τα πλέον δεδομένα πρεβιοτικά στην αγορά. Υποσχόμενα πρεβιοτικά θεωρούνται και οι: γαλακτο-ολιγοσακχαρίτες, ισομαλτο-ολιγοσακχαρίτες, λακτουλόζες, ολιγοσακχαρίτες σόγιας και ξυλο-ολιγοσακχαρίτες. Υπό μελέτη ακόμη είναι ολιγοσακχαρίτες που περιέχουν μονοσακχαρίτες όπως αραβινόζη, ραμνόζη και γαλακτορουνικό οξύ.

Σε πολλές περιπτώσεις πρεβιοτικά όπως τα FOSs προστίθενται σε προβιοτικά γιαούρτια, δημιουργώντας έτσι τα λεγόμενα «συμβιοτικά». Μετά από γενική ομοφωνία επιστημόνων, ένα μέρος των ευεργετικών επιδράσεων των πρεβιοτικών αποτελεί η επιρροή τους στο λεπτό έντερο βελτιώνοντας την πέψη και απορρόφηση της ζάχαρης, το μεταβολισμό της γλυκόζης και των λιπιδίων και την προστασία από γνωστούς κινδύνους καρδιοαγγειακών παθήσεων. Επίσης η δράση τους σχετίζεται με την πρόληψη του γαστρεντερικού καρκίνου. Μία ακόμη διαπιστωμένη επίδραση των πρεβιοτικών σχετίζεται με τη χαμηλή ενεργειακή απόδοση (9kJ/g) που

προκύπτει από την ιδιότητα της μη ευπεπτότητας και με τη ρύθμιση της εντερικής χλωρίδας ενεργοποιώντας τα ευεργετικά προβιοτικά βακτήρια.

Τα συμβιοτικά εξ ορισμού αναφέρονται στα προϊόντα όπου συνδυάζονται τόσο προβιοτικά όσο και πρεβιοτικά και επηρεάζουν και το λεπτό και το παχύ έντερο. Ο συνδυασμός και των δύο αυτών ειδών έχει αποδειχθεί ότι επιφέρει καλύτερα αποτελέσματα από ότι το κάθε είδος μόνο του. Η ιδέα των συμβιοτικών στοχεύει στην ενεργοποίηση της δράσης και ανάπτυξης των *Bifidobacteria* και *Lactobacilli*, χρησιμοποιώντας τους κατάλληλους υδατάνθρακες σε συνεργασία με τις αντίστοιχες προβιοτικές καλλιέργειες. Η χρήση των συμβιοτικών ίσως να βρίσκει περισσότερο εφαρμογή στις ευαίσθητες ομάδες των βρεφών που δεν θηλάζουν όπως και των ηλικιωμένων. Όπως είναι ήδη γνωστό, η μικροχλωρίδα της πρώτης ομάδας υστερεί σε *bifidobacteria* και από την άλλη ο αριθμός των ωφέλιμων αυτών βακτηρίων σημειώνει σαφή πτώση σε ηλικίες άνω των 55-60 (2,3,7,27).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙ: ΠΑΓΩΤΟ ΓΙΑΟΥΡΤΙ

### 2. ΓΙΑΟΥΡΤΙ

#### Εισαγωγή

Η λέξη γιαούρτι προέρχεται από την τουρκική λέξη yogurt. Το γιαούρτι παρασκευάζεται με την εισαγωγή συγκεκριμένων βακτηριακών στελεχών στο γάλα, το οποίο στη συνέχεια υφίσταται ζύμωση υπό ελεγχόμενες θερμοκρασίες (42-43 °C) και περιβαλλοντικές συνθήκες (σε δεξαμενή ζύμωσης), ειδικά στη βιομηχανική παραγωγή. Τα βακτήρια προσλαμβάνουν τα φυσικά σάκχαρα του γάλακτος και εκλύουν το γαλακτικό οξύ ως παραπροϊόν. Η αυξημένη οξύτητα προκαλεί τις πρωτεΐνες γάλακτος να πήξουν σε μία στερεή μάζα (πήγμα) μέσω της διαδικασίας μετουσίωσης [12]. Η αυξημένη οξύτητα (pH = 4-5) αποτρέπει επίσης τον πολλαπλασιασμό των δυνητικά παθογόνων βακτηρίων.

Στις περισσότερες χώρες, το προϊόν, για να ονομαστεί γιαούρτι, θα πρέπει να έχει παραχθεί με τα βακτηριακά είδη *Streptococcus salivarius* subsp. *Thermophilus* (ST) και *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *Bulgaricus*. Συχνά αυτά τα δύο αυτά βακτήρια καλλιεργούνται μαζί με άλλα βακτήρια γαλακτικού οξέος ενδεχομένως για εκμετάλλευση των επιδράσεων στη γεύση ή στην υγεία. Τέτοια βακτήρια είναι: *Lactobacillus acidophilus* (LA), *Lactobacillus casei* και είδη *Bifidobacterium*. Στις Ηνωμένες Πολιτείες και στις Χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ένα προϊόν μπορεί να ονομαστεί γιαούρτι, μόνο αν υπάρχουν ζωντανά βακτήρια στο τελικό προϊόν.

Το γιαούρτι λοιπόν είναι ένα ημιστερεό ζυμωμένο γαλακτοκομικό προϊόν. Η δημοτικότητά του έχει αυξηθεί και τώρα καταναλώνεται στα περισσότερα μέρη του κόσμου (34,37,40).

#### 2.1 Ιστορικά στοιχεία

Οι άνθρωποι έχουν εξελιχθεί σε στενή επαφή με τη φύση, και η πρώτη τροφή που η φύση παρείχε στον άνθρωπο ήταν το γάλα. Στο μεγαλύτερο μέρος της εξέλιξης της ανθρώπινης ιστορίας, 200.000 μέχρι και 15.000 χρόνια πριν, η μόνη πηγή γάλακτος ήταν από τη μητέρα στο νεογέννητο μωρό. Παλαιότερα, όταν η φύση αποτύγχανε να δώσει στη μητέρα τη δυνατότητα να θηλάσει, το μωρό είτε τρεφόταν από άλλη μητέρα ή έχανε τη ζωή του. Στη συνέχεια, όσο ο άνθρωπος εξημέρωνε ζώα, στην αρχή κατσίκες και πρόβατα (περίπου 13.000 χρόνια πριν) και αγελάδες αργότερα (9000 χρόνια πριν), το γάλα έγινε διαθέσιμο από άλλα θηλαστικά και έτσι έγινε δυνατή η παροχή βασικών θρεπτικών συστατικών. Από εκείνη την εποχή, νέοι και ηλικιωμένοι, άνδρες και γυναίκες, χρησιμοποιούσαν το γάλα ως τροφή.

Η σημασία του γάλακτος ως τροφή για τον άνθρωπο μπορεί να συνοψιστεί στα κάτωθι σημεία:

α. Η εξημέρωση των ζώων κατέστησε δυνατό να έχει η ανθρωπότητα μία ασφαλή πηγή γάλακτος όλο το έτος.

β. Το γάλα έχει συμβάλει στη διατροφή των ανθρώπων όλων των ηλικιών, μειώνοντας τη βρεφική θνησιμότητα και αυξάνοντας την ευημερία των βρεφών των θηλαστικών.

γ. Η κατανάλωση γάλακτος που έχει υποστεί ζύμωση έχει αυξήσει το ύψος του ανθρώπινου σώματος, την πυκνότητα των οστών, τη μάζα σώματος των ενηλίκων, τη μακροζωία, και τον όγκο του εγκεφάλου των ενηλίκων τα τελευταία 13.000 χρόνια.

Υπάρχουν αποδείξεις ότι τα ζυμωμένα γαλακτοκομικά προϊόντα παράγονται ως τροφή εδώ και τουλάχιστον 8.000 χρόνια. Τα πρώτα γιαούρτια ζυμώθηκαν πιθανώς αυθόρμητα με άγρια βακτήρια που επιβίωναν σε τσάντες από δέρμα κασίκας που χρησιμοποιούσαν νομάδες.

Σήμερα, πολλές διαφορετικές χώρες υποστηρίζουν ότι το γιαούρτι είναι δική τους εφεύρεση, αλλά δεν υπάρχει καμία σαφής ένδειξη ως προς τον τόπο που εμφανίστηκε για πρώτη φορά.

Η χρήση του γιαουρτιού από τους Τούρκους καταγράφεται το μεσαίωνα στα βιβλία *Diwan Lughatal-Turk* από τον *Mahmout Kashgari* και *Kutadgu Bilig* από τον *Yusuf*. και *Hajib* τα οποία συνεγράφησαν τον ενδέκατο αιώνα (1070 μ.Χ.). Και στα δύο βιβλία αναφέρεται η λέξη "γιαούρτι" σε διαφορετικά τμήματα και περιγράφεται η χρήση του από τους νομάδες Τούρκους. Αυτά τα δύο βιβλία είναι η πρώτη καταγεγραμμένη πληροφορία σχετικά με το γιαούρτι.

Το 1908, ο *Ilya Mechnikov*, βραβευμένος με Νόμπελ για την ανακάλυψη των (phagocytic-celleating) φαγοκυττάρων, στο βιβλίο του «Η παράταση της ζωής» αναφέρει ότι το μυστικό για τη μακροζωία έγκειται στην υγιή διατήρηση των βακτηρίων του παχέος εντέρου. Μάλιστα ονόμασε τα βακτήρια ως: *Lactobacillus bulgaricus* (LB), από τους Βούλγαρους, των οποίων την υγεία και τη μακροζωία απέδωσε στις μεγάλες ποσότητες γιαουρτιού που συνήθως κατανάλωναν. Ενώ τα συμπεράσματα του αντιμετωπίστηκαν με σκεπτικισμό για πολλά χρόνια, τα υγιή βακτήρια του εντέρου έχουν τώρα επανέλθει αναμφισβήτητα ως προβιοτικά (30,31,33,35-39).

## 2.2 Νομοθετικό Πλαίσιο

Ως γιαούρτι ή γιαούρτη κατά την ελληνική νομοθεσία, χαρακτηρίζεται το προϊόν "το οποίο προκύπτει μετά από πήξη αποκλειστικά και μόνο νωπού γάλακτος της αντίστοιχης προς την ονομασία φύσης και προέλευσης, με την επίδραση καλλιέργειας ζύμης που προκαλεί ειδική γι' αυτό ζύμωση. Το γιαούρτι πρέπει να περιέχει λίπος και στερεό υπόλειμμα άνευ λίπους (ΣΥΑΛ) σε ποσοστό ανώτερο κατά 10% τουλάχιστον από τα όρια που καθορίζονται στο άρθρο 80 (παράγραφος 3) των αντίστοιχων ειδών γάλακτος, από τα οποία παρασκευάστηκε αυτό".

Σύμφωνα με τον *Codex Alimentarius* το γιαούρτι ορίζεται ως "πηγμένο γαλακτοκομικό προϊόν που παράγεται με γαλακτική ζύμωση του γάλακτος με τη δράση του *Lactobacillus bulgaricus* και του *Streptococcus thermophilus*. Οι

μικροοργανισμοί αυτοί πρέπει να είναι στο τελικό προϊόν άφθονοι και ζωντανοί".

Επιπλέον, σύμφωνα πάλι με την ελληνική νομοθεσία (Κ.Τ.Π., 2014), το γιαούρτι κάθε είδους όταν έρχεται στην κατανάλωση πρέπει να πληροί τους εξής όρους:

- Να είναι συμπαγές, μη πορώδες και η επιφάνεια της μάζας του, εκτός από τον υμένα, να εμφανίζει την όψη αλάβαστρου.
- Το γιαούρτι που πωλείται σε δοχεία πρέπει να καλύπτεται πάντα με φύλλο από αδιάβροχο χαρτί ή με ο,τιδήποτε άλλο από τα επιτρεπόμενα είδη.
- Απαγορεύεται η πώληση γιαουρτιού που έχει αντιληπτό ίζημα. Σε περίπτωση, που κατά την εξέταση, διαπιστωθεί τέτοιο ίζημα, πρέπει με μικροσκοπική εξέταση να διευκρινίζεται, αν αυτό οφείλεται σε ξένες ουσίες προς το γιαούρτι.
- Απαγορεύεται η πώληση γιαουρτιού που έχει υποστεί και κάποια άλλη ζύμωση, εκτός από την ειδική γι' αυτό.
- Απαγορεύεται η διάθεση στην κατανάλωση γιαουρτιού, του οποίου οι οργανοληπτικές ιδιότητες δεν είναι οι κανονικές και ευχάριστες.
- Απαγορεύεται η προσφορά για πώληση και η διάθεση γενικά στην κατανάλωση, γιαουρτιού χρωματισμένου με οποιαδήποτε χρωστική ή με κάποιο άλλο μέσο.
- Απαγορεύεται η διάθεση στην κατανάλωση γιαουρτιού που περιέχει συντηρητικές γενικώς ουσίες.
- Απαγορεύεται η παρασκευή και διάθεση στην κατανάλωση γιαουρτιού που παρασκευάστηκε από διατηρημένο γενικώς γάλα, με εξαίρεση το αποστειρωμένο γάλα και το κατεψυγμένο γάλα.
- Απαγορεύεται η διάθεση στην κατανάλωση γιαουρτιού που περιέχει ζάχαρη.

Το γιαούρτι είναι αποτέλεσμα της γαλακτικής ζύμωσης της λακτόζης του γάλακτος από τα θερμοφιλα γαλακτικά βακτήρια *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* και του *Streptococcus thermophilus* που δρουν συνεργιστικά. Από την ζύμωση της λακτόζης παράγεται γαλακτικό οξύ, το οποίο μειώνει το pH. Όταν το pH φτάσει το ισοηλεκτρικό σημείο των καζεϊνών (pH 4,6), προκαλείται όξινη πήξη και δημιουργείται το πήγμα του γιαουρτιού. Τα δύο αυτά οξυγαλακτικά βακτήρια αναπτύσσονται και παράγουν γρήγορα οξύτητα στο γάλα, όταν χρησιμοποιούνται και τα δύο μαζί, καθώς το ένα ενισχύει την ανάπτυξη του άλλου. Αρχικά ο στρεπτόκοκκος προκαλεί πτώση του pH μέχρι την τιμή 5,0 και στη συνέχεια ο βάκιλος ευθύνεται για την περαιτέρω πτώση του pH μέχρι την τιμή 4,2.

Τα κυριότερα χαρακτηριστικά του γιαουρτιού είναι: χαμηλό pH (περίπου pH 4,2), υψηλή οξύτητα 90-100 D ή 0,9-1% σε γαλακτικό οξύ και



χαρακτηριστική γεύση και άρωμα που διαμορφώνονται από τα προϊόντα μεταβολισμού των οξυγαλακτικών βακτηρίων (γαλακτικό οξύ, ακεταλδεΐδη και διακετύλιο), ο χαρακτηριστικός τύπος πήγματος με διάφορους βαθμούς ρευστότητας και η παρουσία ζωντανών βακτηριακών κυττάρων σε πληθυσμούς κατ' ελάχιστον 10<sup>7</sup> /g, σύμφωνα με τον FAO/WHO.

Η διάρκεια συντήρησης του γιαουρτιού μπορεί να κυμαίνεται από 1 έως 6 εβδομάδες και αυτό εξαρτάται: α) από τη θερμοκρασία συντήρησης, β) από την αρχική τιμή pH, γ) από τις επιμολύνσεις και δ) από τη μέθοδο παραγωγής και το είδος της συσκευασίας. Στην πράξη ο χρόνος συντήρησης κυμαίνεται από 3 έως 5 εβδομάδες. Ο Κώδικας Τροφίμων και Ποτών δίνει τον ενδεικτικό χρόνο συντήρησης 15 ημερών σε θερμοκρασία 0- 2°C. Μετά το χρόνο αυτή το γιαούρτι γίνεται ακατάλληλο κυρίως λόγω υπεροξίνισης και διαχωρισμού ορού (7).

## 2.3 Σύσταση Γιαουρτιού

Τα κύρια συστατικά του είναι ίδια για οποιοδήποτε είδος γάλακτος και αν χρησιμοποιηθεί στην παρασκευή γιαουρτιού. Το γιαούρτι συνίσταται από λίπη, πρωτεΐνες, σάκχαρα και ανόργανα άλατα.

Παρά το γεγονός ότι το γάλα διαφόρων ζώων έχει χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή γιαουρτιού σε διάφορα μέρη του κόσμου, το μεγαλύτερο μέρος της βιομηχανοποιημένης παραγωγής γιαουρτιού χρησιμοποιεί το αγελαδινό γάλα. Μπορεί ακόμα να χρησιμοποιηθεί πλήρες το γάλα, μερικώς αποβουτυρωμένο γάλα, αποβουτυρωμένο γάλα ή κρέμα γάλακτος. Η μέση χημική σύσταση του γάλακτος αγελάδας το οποίο αποτελεί το βασικό είδος για την παραγωγή γιαουρτιού είναι: Νερό: 87%, Λίπος: 3,6%, Καζεΐνη: 2,8%, Πρωτεΐνες ορού: 0,6% και Λακτόζη:4,9%

Για να εξασφαλιστεί η ανάπτυξη της παραγωγής γιαουρτιού, τα ακόλουθα κριτήρια πρέπει να πληρούνται για το γάλα:

- Χαμηλός αριθμός βακτηρίων
- Να είναι απαλλαγμένο από αντιβιοτικά, χημικά, πρωτόγαλα, και ταγγισμένο γάλα
- Να μην υπάρχει μόλυνση από βακτηριοφάγους.

Άλλα συστατικά του γιαουρτιού μπορεί να περιλαμβάνουν μερικά ή και όλα από τα ακόλουθα:

Άλλα γαλακτοκομικά προϊόντα: Συμπυκνωμένο αποβουτυρωμένο γάλα, άπαχο αφυδατωμένο γάλα, ορό γάλακτος, και λακτόζη. Τα προϊόντα αυτά χρησιμοποιούνται συχνά για να αυξηθεί η περιεκτικότητα σε άπαχα στερεά.

Γλυκαντικές ουσίες: γλυκόζη ή σακχαρόζη, και υψηλής έντασης γλυκαντικά (π.χ. ασπαρτάμη).

Σταθεροποιητές: Ζελατίνη, καρβοξυμεθυλοκυτταρίνη, κόμμι γκουάρ, αλγινικά άλατα, καραγεννάνες, και συμπύκνωμα πρωτεΐνης ορού γάλακτος.

Γευστικές ύλες: Παρασκευάσματα με φρούτα, συμπεριλαμβανομένων των φυσικών και τεχνητών αρωμάτων και χρωμάτων (4,44,45,55,59,85,86).

## 2.4 Στάδια παραγωγικής διαδικασίας

Η παρασκευή του γιαουρτιού είναι μία πολύ παλαιά διαδικασία η οποία εξελίσσεται χρόνο με το χρόνο χάρη στην πρόοδο που έχει επέλθει σε επιστήμες όπως η μικροβιολογία, η ενζυμολογία και η βιοχημεία. Το βασικό διάγραμμα ροής για την παρασκευή γιαουρτιού φαίνεται παρακάτω.

### Γάλα

1.

Θέρμανση του μίγματος γάλακτος  
(85 – 95°C, 15 – 30 min)

2.

Ομογενοποίηση του μίγματος γάλακτος  
(διάσπαση μεγάλων λιποσφαιρίων)

3.

Ψύξη του γάλακτος στη θερμοκρασία  
επώασης

4.

Προσθήκη αρχικής βακτηριακής  
καλλιέργειας

5.

Επώαση του μίγματος  
(40 – 46 °C, 4 – 5 h)  
Μέχρι το pH να μειωθεί περίπου στο 4,6

6.

Ανάδευση / Ψύξη  
(5 °C)

7.

Προσθήκη φρούτων / αρωμάτων / χρωστικών  
(εφόσον απαιτούνται)

8.

Συσκευασία, διανομή γιαουρτιού  
(σε ψύξη)

### **2.4.1 Αρχική κατεργασία γάλακτος**

Η ποιότητα του νωπού γάλακτος είναι κρίσιμης σημασίας για τη χημική και μικροβιολογική ποιότητα του τελικού προϊόντος καθώς επίσης και για την υφή του. Το γάλα μπορεί να παρέχεται στη γαλακτοκοβιομηχανία σε κάδους γάλακτος ή σε βυτία, αφού έχει πρώτα αποθηκευτεί σε ψύξη στην εκάστοτε φάρμα. Κατά τη διάρκεια της μεταφοράς, το γάλα στους κάδους έχει συνήθως μια θερμοκρασία  $>10^{\circ}\text{C}$ , έως  $20-30^{\circ}\text{C}$  ανάλογα με το κλίμα της εποχής. Η βακτηριακή αύξηση συμβαίνει πιθανότατα μεταξύ του αρμέγματος και της άφιξης του γάλακτος στο γαλακτοβιομηχανία, καθώς αυτό το διάστημα μπορεί να διαρκέσει έως και μία ημέρα. Το επίπεδο της βακτηριακής μόλυνσης καθορίζεται από την ποιότητα της υγιεινής κατά τη διάρκεια του αρμέγματος, τη θερμοκρασία, και την περίοδο αποθήκευσης. Προκειμένου να αποτραπεί η μόλυνση μετά το άρμεγμα, πρέπει να λαμβάνονται όλα τα απαραίτητα μέτρα μεταξύ του αρμέγματος και της επεξεργασίας. Συνολικά, θα πρέπει το γάλα να:

- Έχει χαμηλή οξύτητα
- Να είναι καθαρό
- Να αρμέγεται από υγιή ζώα
- Να έχει καλή μικροβιολογική ποιότητα
- Να έχει κανονική γεύση και οσμή
- Να μην περιέχει υπολείμματα αντιβιοτικών, βακτηριοφάγων κτλ.
- Να έχει τη συνήθη χημική σύνθεση (48,51,56,82,84,91).

### **2.4.2 Ομογενοποίηση**

Το γάλα είναι ένα γαλάκτωμα ελαίου-σε-νερό, με τα λιποσφαιρία να διασπείρονται σε μία συνεχή SM φάση. Εάν το νωπό γάλα αφήνεται σε ηρεμία, ωστόσο, το λίπος θα αναδυθεί και θα σχηματίσει ένα κρεμώδες στρώμα στην επιφάνεια.

Η ομογενοποίηση είναι μία μηχανική κατεργασία των λιποσφαιρίων στο γάλα. Είναι δηλαδή το πέρασμα του γάλακτος υπό υψηλή πίεση μέσω ενός μικροσκοπικού στομίου, που οδηγεί σε μείωση της μέσης διαμέτρου και στην αύξηση του αριθμού και της επιφάνειας των λιποσφαιρίων. Το καθαρό αποτέλεσμα, από πρακτική άποψη, είναι η ελαχιστοποιημένη τάση για δημιουργία κρέμας από τα λιποσφαιρία.

Ως συνέπεια της ομογενοποίησης, συμβαίνει ένας αριθμός φυσικών και / ή χημικών αλλαγών στο γιαούρτι. Η ικανότητα προσρόφησης των νεοσύστατων λιποσφαιρίων, για παράδειγμα, επάνω στην καζεΐνη μικκυλίων αυξάνεται, γεγονός που οδηγεί σε μία αύξηση του πραγματικού συνολικού όγκου των αιωρούμενων σωματιδίων και, ως εκ τούτου, του ιξώδους. Υπάρχει επίσης μία βελτίωση της συνοχής του γιαουρτιού και μεγαλύτερη σταθερότητα έναντι του διαχωρισμού του ορού γάλακτος λόγω της αυξημένης υδροφιλικότητας. Αλλαγές στην αλληλεπίδραση πρωτεΐνης-πρωτεΐνης ως αποτέλεσμα κάποιων μετουσίωσης και μετατόπιση της ισορροπίας άλατος συμβαίνουν κατά τη διάρκεια της ομογενοποίησης.

Η ομογενοποίηση προκαλεί και κάποιες ανεπιθύμητες αλλαγές στο γιαούρτι. Για παράδειγμα, η συνολική επιφάνεια του λίπους που διατίθεται στη λιπάση αυξάνεται (μέχρι 4-6 φορές), προκαλώντας παρατεταμένη λιπόλυση.

Ανάλογα με την αύξηση του επιπέδου των φωσφολιπιδίων στο αποβουτυρωμένο γάλα, η άντληση του γιαουρτιού μπορεί να προκαλέσει αφρισμό στις δεξαμενές επώασης. Η ανάπτυξη οξειδωμένης γεύσης είναι επίσης πιθανό να εμφανιστεί στα ομογενοποιημένα γιαούρτια. Η ομογενοποίηση επιτυγχάνεται συνήθως σε θερμοκρασίες που κυμαίνονται μεταξύ 55 ° C και 80 ° C με πιέσεις ομογενοποίησης μεταξύ 100 και 250 bar. Στην παραγωγή γιαουρτιού, προτιμώνται συνήθως οι ομογενοποιητές ενός σταδίου. Η βέλτιστη θερμοκρασία λειτουργίας για την ομογενοποίηση είναι 65-70°C, όπου το λίπος γάλακτος είναι σε υγρή μορφή. Η ομογενοποίηση εφαρμόζεται συνήθως πριν από τη θερμική επεξεργασία του γάλακτος. Ωστόσο, μερικοί ερευνητές υποστηρίζουν ότι η ομογενοποίηση μετά τη θερμική κατεργασία βελτιώνει τις φυσικές ιδιότητες του γιαουρτιού. Στην περίπτωση αυτή, η δημιουργία ασηπτικών συνθηκών εργασίας είναι απαραίτητες.

Ωστόσο, σε ένα σύστημα μοντέλο που αναπτύχθηκε από την APV Nordic A / S (Aarhus, Δανία), το γάλα υπόκειται σε θερμική επεξεργασία πριν και μετά την ομογενοποίηση, η οποία απαλλάσσει από την αναγκαιότητα της τήρησης ασηπτικών συνθηκών εργασίας. Ορισμένοι κατασκευαστές γιαουρτιού εφαρμόζουν δύο στάδια ομογενοποίησης. Στο σύστημα δύο σταδίων, η ομογενοποίηση λαμβάνει χώρα στο πρώτο στάδιο. Το δεύτερο στάδιο βοηθά στη βελτίωση της αποτελεσματικότητας της ομογενοποίησης. Το δεύτερο στάδιο επίσης αποτρέπει τη συσσώρευση των λιποσφαιρίων που μπορεί να συμβεί αμέσως μετά την ομογενοποίηση στο πρώτο στάδιο (53,56,58,100,102,109,113).

### **2.4.3 Παστερίωση**

Η παστερίωση είναι μία ήπια θερμική κατεργασία που στοχεύει στην καταστροφή μέρους των μικροοργανισμών (συχνά των παθογόνων) που υπάρχουν στο γάλα και επομένως η περαιτέρω επεξεργασία και οι συνθήκες αποθήκευσης πρέπει να ελαχιστοποιούν τη μικροβιακή ανάπτυξη. Το γάλα για την παρασκευή του γιαουρτιού πρέπει να υποστεί λοιπόν θερμική επεξεργασία με τέτοιο τρόπο, ώστε όλη η παθογόνος χλωρίδα, τα περισσότερα φυτικά κύτταρα όλων των μικροοργανισμών και τα αυτόχθονα ένζυμα που περιέχονται σε αυτήν να καταστρέφονται. Από μικροβιολογική άποψη, η θερμότητα που προκαλείται από την καταστροφή των μικροοργανισμών δημιουργεί ένα περιβάλλον ευνοϊκό για την ανάπτυξη των επιθυμητών βακτηρίων στο γιαούρτι.

Όταν το γάλα που χρησιμοποιείται για την παρασκευή γιαουρτιού διατηρείται σε ψυχρή αποθήκη για μεγάλο χρονικό διάστημα (π.χ. 2-3 ημέρες), οι θερμικά-σταθερές λιπάσες από ψυχρότροφα βακτήρια όπως *Pseudomonas* spp., *Acinetobacter* spp., *Serratia* spp., *Aerobacter* spp., *Alcaligenes* spp., και *Moraxella* spp. μπορούν να ενεργήσουν στα λιπαρά του γάλακτος, οδηγώντας σε αύξηση της συγκέντρωσης των ελεύθερων λιπαρών οξέων, που καταλήγει σε πικρή γεύση στο τελικό προϊόν.

Μία άλλη αλλαγή που μπορεί να προκαλέσει η θέρμανση στο γάλα είναι η απομάκρυνση ανεπιθύμητων γεύσεων ή η δημιουργία άλλων δυσάρεστων γεύσεων όπως η γεύση καραμέλας που προέρχεται από αντιδράσεις Maillard. Τέλος, καταστρέφονται οι βιταμίνες που υπάρχουν στο γάλα κυρίως οι υδατοδιαλυτές, καθώς οι λιποδιαλυτές είναι θερμοάνοτες.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι συνθήκες παστερίωσης και οι βασικοί της στόχοι.

Χρόνος	Θερμοκρασία(°C)	Διεργασία	Περιγραφή
Few s	≤ 65	Θέρμιση	Κύριος στόχος της διεργασίας είναι να θανατώσει τα ψυχοτροπικά βακτήρια. Δεν προκαλεί καμία άλλη μη αναστρέψιμη αλλαγή.
30 min 15 s	65 72	Μαζική Παστερίωση Παστερίωση	Καταστροφή όλων σχεδόν των παθογόνων οργανισμών που υπάρχουν στο γάλα, αλλά όχι όλων των βλαστικών κυττάρων των μικροοργανισμών. Αδρανοποίηση ορισμένων ενζύμων. Η γεύση και οι πρωτεΐνες ορού γάλακτος παραμένουν αμετάβλητες.
4-20 s 30 min <sup>a</sup> 5 min <sup>a</sup>	85 85 90-95	Υψηλή Παστερίωση	Καταστροφή όλων των βλαστικών κυττάρων, αλλά όχι των βακτηριακών σπορίων. Τα περισσότερα ένζυμα καταστρέφονται αλλά όχι οι γαλακτικές και οι βακτηριακές λιπάσες. Μετουσίωση των πρωτεϊνών ορού γάλακτος
40-20 min	110-120	Σε-δοχείο αποστείρωση και αυτόκλειστο	Καταστροφή όλων των μικροοργανισμών και των σπορίων. Κάποια επεξεργασία UHT δεν μπορεί να αρκεί για να αδρανοποιηθούν όλα τα ένζυμα. Οι χημικές αλλαγές, το χρώμα και η γεύση του γάλακτος πλήττονται.
20-2 s	135-150	UHT (Εξαιρετικά υψηλή θερμοκρασία επεξεργασίας)	Καταστροφή όλων των μικροοργανισμών και των σπορίων. Κάποια επεξεργασία UHT δεν μπορεί να αρκεί για να αδρανοποιηθούν όλα τα ένζυμα. Οι χημικές αλλαγές, το χρώμα και η γεύση του γάλακτος πλήττονται.

Πίνακας 2.1 Συνθήκες παστερίωσης και οι βασικοί της στόχοι.  
(59,72,107,108,121-129,142)

#### **2.4.4 Ζύμωση**

Μετά το στάδιο της θερμικής επεξεργασίας, το γάλα ψύχεται στους 42-43 °C και εμβολιάζεται με την καλλιέργεια που αποτελείται από ένα 1:1 μίγμα από *L. Delbrueckii* subsp. *bulgaricus* και *Streptococcus thermophilus*. Ο εμβολιασμός μπορεί να επιτευχθεί είτε με την ανάπτυξη καλλιεργείων επί τόπου στον απαιτούμενο όγκο για τον εμβολιασμό της επεξεργαζόμενης

ποσότητας του γάλακτος (μαζική καλλιέργεια) ή με την ενσωμάτωση συμπυκνωμένων αφυδατωμένων με κατάψυξη (λυοφιλιωμένων) ή κατεψυγμένων καλλιιεργειών.

Στην πρώτη περίπτωση, το γάλα είναι πιο επιρρεπές σε προβλήματα μόλυνσης. Ως εκ τούτου, σήμερα, οι περισσότεροι κατασκευαστές προτιμούν είτε βαθιάς κατάψυξης ή αφυδατωμένες με ψύξη καλλιέργειες με συγκεκριμένες ιδιότητες. Ο ρυθμός προσθήκης των καλλιιεργειών συνήθως καθορίζονται από τους προμηθευτές. Το ποσοστό του εμβολιασμού είναι καθοριστικό για την τελική υφή και για τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του γιαουρτιού. Χαμηλότερα επίπεδα εμβολιασμού μπορεί να προκαλέσουν: αργή ανάπτυξη οξύτητας κατά τη διάρκεια της ζύμωσης, παράταση της περιόδου ζύμωσης και ασθενές πήγμα που οδηγεί στο διαχωρισμό του ορού γάλακτος. Αντιθέτως, υπερβολικά επίπεδα εμβολιασμού μπορεί να οδηγήσουν: σε ταχεία ανάπτυξη οξύτητας, μείωση της ικανότητας ενυδάτωσης των πρωτεϊνών, και επιτάχυνση του διαχωρισμού ορού γάλακτος κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης.

Μόλις το γάλα εμβολιάζεται με την καλλιέργεια, γεμίζεται σε κύπελλα για ζύμωση (γιαούρτι set/συνεκτικό) ή μπορεί να ζυμωθεί σε δεξαμενές (γιαούρτι stirred/αναμεμιγμένο). Στις μικρής κλίμακας παραγωγές, τα κύπελλα του γιαουρτιού στοιβάζονται σε δίσκους οι οποίοι χωρούν 9 ή 12 μονάδες και στη συνέχεια τοποθετούνται σε ένα ράφι στους επωατήρες. Εναλλακτικά, σε μεγάλης κλίμακας παραγωγές, οι δίσκοι με τα γιαούρτια μπορούν να τοποθετηθούν επάνω σε μεταφορικό ιμάντα που κινείται αργά διαμέσου μίας σήραγγας που λειτουργεί στην ίδια θερμοκρασία (στάδιο 1) και ακολουθείται από βεβιασμένη ψύξη (στάδιο 2). Η θέρμανση και η ψύξη επιτυγχάνονται με την κυκλοφορία θερμού και ψυχρού αέρα. Η ταχύτητα του μεταφορικού ιμάντα προσαρμόζεται λαμβάνοντας υπόψη το ποσοστό της ανάπτυξης οξύτητας στο μίγμα. Όταν τα κύπελλα γιαουρτιού εισέλθουν στο στάδιο ψύξης (στάδιο 2), το pH της ζύμωσης του γάλακτος πρέπει να είναι περίπου 4.5 έως 4.6. Στην παραγωγή stirred/αναμεμιγμένου γιαουρτιού, η ζύμωση επιτυγχάνεται σε μία δεξαμενή εφοδιασμένη με καταγραφικά θερμοκρασίας και pH, και αφού έχει επιτευχθεί η προκαθορισμένη τιμή του pH, το πήγμα υφίσταται ήπια ανάδευση και αντλείται στη μηχανή πλήρωσης. Οι δεξαμενές ζύμωσης είναι σχεδιασμένες γενικά με κωνικό πυθμένα για να εκκενώνονται από τη βάση πιο εύκολα. Αυτού του είδους οι δεξαμενές είναι κατασκευασμένες με υδροχιτώνιο οπότε το θερμό νερό (στους 40-45 °C) κυκλοφορεί κατά τη διάρκεια της περιόδου επώασης, και ακολουθείται από κρύο ή παγωμένο νερό για τη μερική ψύξη του πηγματος. Προκειμένου να παρασχεθεί ένα υγιεινό περιβάλλον, οι δεξαμενές ζύμωσης είναι συνήθως εφοδιασμένες με φίλτρα αέρα, αποτρέποντας την είσοδο σωματιδίων μεγέθους >0,3 μm.

Η τυπική θερμοκρασία ζύμωσης για γιαούρτι είναι 42 °C. Ωστόσο, ορισμένοι κατασκευαστές γιαουρτιού μπορεί να προτιμούν χαμηλότερες θερμοκρασίες επώασης (δηλαδή, 40 °C). Σε χαμηλότερη θερμοκρασία ζύμωσης, ο χρόνος πήξης θα παραταθεί και το μέγεθος των σωματιδίων καζεΐνης θα αυξηθεί λόγω της μείωσης των υδρόφοβων αλληλεπιδράσεων, το οποίο, με τη σειρά του, οδηγεί σε ένα πήγμα με σταθερότερη μορφή και με λιγότερο διαχωρισμό του ορού γάλακτος. Από την άλλη πλευρά, σε χαμηλότερες θερμοκρασίες επώασης, ο σχηματισμός των αρωματικών ενώσεων εξασθενεί.

Ο προσδιορισμός του τελικού σημείου επώασης είναι κρίσιμης σημασίας σε σχέση με τα χαρακτηριστικά της υφής του τελικού προϊόντος. Δεδομένου ότι η συγκράτηση του νερού και η ικανότητα ενυδάτωσης του γιαουρτιού είναι βέλτιστη σε pH από 4.2 έως 4.6, το στάδιο της ζύμωσης καταλήγει συνήθως σε pH από 4.5 έως 4.6. Κατά τη διάρκεια της ζύμωσης, ανάλογα με τις μεταβολικές δραστηριότητες των γαλακτικών βακτηρίων, οι συγκεντρώσεις του γαλακτικού και του αμμωνίου αυξάνονται, γεγονός, με τη σειρά του, οδηγεί σε αύξηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (E.C.) του γάλακτος. Οι μετρητές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας που σχεδιάζονται για την παραγωγή γιαουρτιού κερδίζουν αρκετή δημοτικότητα στη βιομηχανία παραγωγής γιαουρτιού (41-43,110-112,130-135).

#### **2.4.4α Μικροβιολογία της ζύμωσης**

Για την ανάπτυξη μιας ικανοποιητικής γεύσης, περίπου ίσοι αριθμοί *Streptococcus thermophilus* και *L. Delbrueckii* subsp. *bulgaricus* θα πρέπει να είναι παρόντες. Τα ποσοστά ανάπτυξης της οξύτητας και της γεύσης με μικτή καλλιέργεια γιαουρτιού είναι σημαντικά υψηλότερα από ότι με οποιοδήποτε από τους δύο οργανισμούς αναπτύχθηκαν χωριστά. Ενέργεια και άζωτο απαιτούνται από τα βακτήρια του γιαουρτιού, προκειμένου να διατηρήσουν τον κύκλο ζωής τους. Οι κυτταρικά δεσμευμένες πρωτεΐνες του *L. Delbrueckii* subsp. *bulgaricus* (ειδικά prtB) είναι ικανές να σχηματίζουν μικρά πεπτιδία και αμινοξέα, με κύριο αμινοξύ τη βαλίνη. Τα πεπτιδία και τα αμινοξέα που σχηματίζονται από τους γαλακτοβάκιλλους χρησιμοποιούνται από το *Streptococcus thermophilus* για την ανάπτυξή τους. Η δραστηριότητα της πρωτεΐνάσης του *Streptococcus thermophilus* είναι πολύ ασθενέστερη από ότι του *L. Delbrueckii* subsp. *Bulgaricus*. Ωστόσο, οι πεπτιδάσες του *Streptococcus thermophilus* μπορούν να υδρολύσουν τα ενδιάμεσα προϊόντα της πρωτεόλυσης της καζεΐνης από το *L. Delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, γεγονός που αποτελεί μία σημαντική πτυχή της συνεργιστικής σχέσης μεταξύ των δύο μικροοργανισμών στο γιαούρτι. Ο *Streptococcus thermophilus* παράγει πουρίνη, πυριμιδίνη, CO<sub>2</sub>, μυρμηκικό οξύ, οξαλοξικό οξύ, και φουμαρικά οξέα που διεγείρουν την ανάπτυξη του *L. Delbrueckii* subsp. *bulgaricus*. Το μυρμηκικό οξύ και το CO<sub>2</sub> είναι οι πρωταρχικοί παράγοντες ανάπτυξης για το *L.delbrueckii* subsp. *Bulgaricus*. Η παραγωγή του μυρμηκικού οξέος μπορεί να είναι δυνατή, μόνο όταν η συγκέντρωση του οξυγόνου του γάλακτος είναι <4 mg O<sub>2</sub>/L. Κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης στον τομέα του γάλακτος, ο *L. Delbrueckii* subsp. *bulgaricus* παρουσιάζει προφανώς μία προτίμηση για τη χρήση της β-καζεΐνης σε σχέση με άλλες πρωτεΐνες ως πηγή αζώτου, υποδεικνύοντας ότι ο τύπος της πρωτεΐνης είναι επίσης ένας σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει την ανάπτυξη αυτής της καλλιέργειας.

Το πρακτικό αποτέλεσμα της συνέργειας είναι ότι και τα δύο είδη αναπτύσσονται ταχέως και μεταβολίζουν ενεργά επαρκή λακτόζη σε γαλακτικό οξύ, ώστε να ολοκληρωθεί η ζύμωση του γάλακτος σε γιαούρτι εντός 3,5-4,0 h. Επιπλέον, οι μεταβολίτες που απελευθερώνονται από τα δύο είδη δίνουν γεύση γιαουρτιού που είναι σαφώς διαφορετική από οποιοδήποτε άλλο ζυμωμένο γάλα. Η συγκέντρωση της ακεταλδεΐδης, ένα σημαντικό συστατικό του προφίλ γεύσης, μπορεί να φτάσει μέχρι και 40 mg/kg κατά τη

διάρκεια της ζύμωσης με τη μικτή καλλιέργεια (46,47,49,50,75-77,79,136-138).

#### **2.4.4β Μηχανισμός σχηματισμού πήγματος**

Το πήγμα του γιαουρτιού, το οποίο αποτελείται κυρίως από μακρομόρια, κυρίως καζεΐνες και λιποσφαιρία, έχει μία σωματιδιακή δομή. Σε σχέση με τα δεδομένα της βιβλιογραφίας επί μοντέλου πηγμάτων καζεΐνης και με τα πορίσματα σχετικά με τη μικροδομή του γιαουρτιού, τα αποτελέσματα υποδηλώνουν ότι στο γιαούρτι υπάρχει ένα μόνιμο δίκτυο που αποτελείται από ομοιοπολικές (-SH / S-S) και μη ομοιοπολικές αλληλεπιδράσεις πρωτεΐνης (υδροφώβες, ηλεκτροστατικές, κτλ.). Το γιαούρτι λοιπόν είναι ένα τυπικό ασθενές ιξωδοελαστικό πήγμα. Ο σχηματισμός του πήγματος γιαουρτιού βασίζεται στην αλληλεπίδραση μεταξύ οξέος, αποσταθεροποιημένης κ-καζεΐνης και κυρίως β-λακτοσφαιρίνης. Ανάλογα με τις περιβαλλοντικές συνθήκες της ζελατινοποίησης, μπορεί να ληφθούν πήγματα γιαουρτιού με διαφορετικές φυσικές ιδιότητες. Οι σχηματισμοί πηγμάτων γιαουρτιού μπορούν να συνοψιστούν ως εξής:

1. Η λακτόζη (σάκχαρο του γάλακτος) χρησιμοποιείται από τα βακτήρια του γιαουρτιού για τις ενεργειακές τους ανάγκες. Ως αποτέλεσμα των μεταβολικών δραστηριοτήτων των βακτηρίων, η λακτόζη μετατρέπεται κυρίως σε γαλακτικό οξύ.
2. Η αύξηση της συγκέντρωσης του γαλακτικού οξέος προκαλεί αποσταθεροποίηση του μικκυλίου καζεΐνης / μετουσιωμένου συμπλόκου πρωτεϊνών ορού που παράγονται με θερμική κατεργασία. Το κολλοειδές φωσφορικό ασβέστιο στο μικκύλιο παίζει καθοριστικό ρόλο σε αυτόν το μηχανισμό.
3. Όταν το pH φθάσει 5.2-5.1 (ισοηλεκτρικό σημείο της β-καζεΐνης) ξεκινά η συσσωμάτωση, και σε pH περίπου 4,6-4,7 η συσσωμάτωση των μικκυλίων έχει ολοκληρωθεί εκτενώς.
4. Η αλληλεπίδραση της α-λακταλβουμίνης και β-λακτοσφαιρίνης με την κ-καζεΐνη μέσω γεφυρών θειόλης-δισουλφιδίου αποτρέπει το σχηματισμό χονδρόκοκκων συσσωματωμάτων και δημιουργεί ένα λεπτό δίκτυο πήγματος, το οποίο παγιδεύει μέσα του το νερό και τις άλλες ενώσεις του γάλακτος.

Από φυσική άποψη, ο σχηματισμός του πήγματος γιαουρτιού μπορεί να περιγραφεί ως μία διαδικασία πολλαπλών σταδίων ως εξής:

1. Η αρχική περίοδος υστέρησης του χαμηλού ιξώδους.
2. Ένα στάδιο ραγδαίων αλλαγών ιξώδους, ανάλογα με την ταχύτητα πολλαπλασιασμού των βακτηρίων, και η έναρξη της ζελατινοποίησης.
3. Ένα στάδιο σταθερά υψηλού ιξώδους (σχεδόν ολοκλήρωση της ζελατινοποίησης)
4. Το στάδιο της συναίρεσης (η φάση του θανάτου των βακτηρίων).

Η περίοδος της ζύμωσης επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από έναν αριθμό παραγόντων συμπεριλαμβανομένων: της θερμοκρασίας επώασης, της



συνολικής περιεκτικότητας σε στερεά του γάλακτος, των στελεχών των βακτηρίων και της μηχανικής διαχείρισης της ζύμωσης του γάλακτος. Ιδιαίτερα, η ικανότητα παραγωγής οξέος και το ποσοστό εμβολιασμού των βακτηρίων είναι κρίσιμης σημασίας για την κινητική της ζελατινοποίησης. Το σημείο έναρξης της ζελατινοποίησης και ο ρυθμός ανάπτυξης του πηγματος (k) είναι και οι δύο παράμετροι που χρησιμοποιούνται ευρέως για τον προσδιορισμό των συνθηκών επώασης (61-69,80,81,83,87,88).

#### **2.4.5 Ψύξη**

Οι μεταβολικές δραστηριότητες των βακτηρίων του γιαουρτιού παρεμποδίζονται σε μεγάλο βαθμό σε θερμοκρασίες <10 °C. Ως εκ τούτου, η ανάπτυξη της οξύτητας μετά την ζύμωση μπορεί να ελέγχεται με ταχεία ψύξη του ζυμωμένου γάλακτος αφού έχει επιτευχθεί το επιθυμητό επίπεδο pH (pH 4.6-4.7). Στην πράξη, δύο συστήματα ψύξης είναι διαθέσιμα: μονοφασική ψύξη και ψύξη δύο φάσεων. Στην ενιαία-φάση ψύξης, η θερμοκρασία του ζυμωμένου γάλακτος μειώνεται άμεσα από 43 °C έως <10 °C. Αυτό το μοντέλο είναι πιο κατάλληλο για παραγωγή απλού set τύπου γιαουρτιού. Η ψύξη των δύο φάσεων είναι πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη στη βιομηχανία παραγωγής γιαουρτιού. Στην πρώτη φάση, το ζυμωμένο γάλα αναδεύεται απαλά σε μία δεξαμενή για να ληφθεί ένα ομοιογενές μίγμα, και ψύχεται στους 20-24 °C.

Η προσθήκη φρούτων στο γιαούρτι και το γέμισμα των κυπέλλων γιαουρτιού επιτυγχάνονται σε αυτό το στάδιο, και τα γεμάτα κύπελλα στη συνέχεια ψύχονται στους <10 °C επί μία περίοδο 10-12 h. Σε γενικές γραμμές, η θερμοκρασία των κυπέλλων γιαουρτιού υποβάλλεται σε μία ρεύμα αέρα από 7-10 °C για 5-6 h, και στη συνέχεια η θερμοκρασία του αέρα μειώνεται σε 1-2 °C για το υπόλοιπο της ψύξης. Ο ρυθμός ψύξης είναι κρίσιμης σημασίας για την απόκτηση ενός προϊόντος με την επιθυμητή ποιότητα υψής. Πολύ ταχεία ψύξη μπορεί να προκαλέσει ένα «αδύναμο» μίγμα και να διεγείρει το διαχωρισμό του ορού γάλακτος κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης σε ψύξη. Η κατασκευή ενός κρύου δωματίου και τα υλικά που χρησιμοποιούνται για τη συσκευασία είναι τα βασικά στοιχεία της αποτελεσματικότητας της ψύξης. Σε εγκαταστάσεις παραγωγής γιαουρτιού μεγάλης κλίμακας, η ενδιάμεση ψύξη επιτυγχάνεται σε σήραγγα ψύξης πριν από την τελική ψύξη στους 2-4 °C (70,71,73,101,126-129).

#### **2.4.6 Συσσκευασία**

Η επιλογή του υλικού συσκευασίας στη βιομηχανία παραγωγής γιαουρτιού είναι σημαντική για την προστασία των φυσικών ιδιοτήτων του προϊόντος όσο το δυνατόν πιο αποτελεσματικά γίνεται κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης και της εμπορίας και σύμφωνα με τις προδιαγραφές ασφάλειας των τροφίμων στο υψηλότερο δυνατό επίπεδο. Τα υλικά συσκευασίας πρέπει να συμμορφώνονται με τις παρακάτω προδιαγραφές:

- Θα πρέπει να ανθίστανται σε περιβαλλοντικές και μηχανικές επιδράσεις.
- Θα πρέπει να είναι κατάλληλα για τη σειριακή πλήρωση σε μηχανές συσκευασίας.

- Θα πρέπει να εμποδίζουν τη μετάδοση του φωτός, των οσμών κτλ.
- Δεν θα πρέπει να περιέχουν κανένα τοξικό υλικό και δεν θα πρέπει αντιδρούν με το προϊόν.
- Θα πρέπει να είναι φιλικά προς το περιβάλλον.

Υπάρχουν δύο μοντέλα συσκευασιών που χρησιμοποιούνται ευρέως στη βιομηχανία παραγωγής γιαουρτιού. Αυτές είναι (i) κύπελλα από προδιαμορφωμένο πολυπροπυλένιο (PP) και (ii) θερμοδιαμορφωμένα κύπελλα. Η πρώτη επιλογή προσελκύει περισσότερο τις μικρής κλίμακας βιομηχανίες γιαουρτιού. Η δεύτερη επιλογή (form-fill-seal) είναι πιο κατάλληλη για τις μεγάλες παραγωγές, καθώς προσφέρει ευελιξία στους κατασκευαστές. Οι κατασκευαστές γιαουρτιού δηλαδή μπορούν για παράδειγμα να προσθέσουν μέχρι τέσσερα διαφορετικά συστατικά (π.χ., γιαούρτια στα οποία προστίθενται τέσσερα διαφορετικά φρούτα) την ίδια στιγμή. Επιπλέον, τα κύπελλα που είναι κατάλληλα για θερμοδιαμόρφωση είναι λεπτότερα από ότι τα συμβατικά προσχηματισμένα, προσφέροντας ένα οικονομικό όφελος για τους κατασκευαστές γιαουρτιού. Τα πιο συνηθισμένα υλικά συσκευασίας στη βιομηχανία γιαουρτιού είναι: PP που προαναφέρθηκε, πολυστυρένιο (PS), και πολυαιθυλένιο (PE). Πρόσφατα, υλικά bio-packaging (π.χ. πολυγαλακτικό) κερδίζουν δημοφιλία στη βιομηχανία γιαουρτιού. Τα υλικά συσκευασίας με πολυγαλακτικό χρησιμοποιήθηκαν για πρώτη φορά στη Γερμανία (Danone) και τη Φινλανδία (Valio Ltd). Το πολυγαλακτικό προσφέρει ορισμένα πλεονεκτήματα στην πρόληψη:

- (i) για τις αλλαγές χρώματος
- (ii) για το σχηματισμό υδροϋπεροξειδίων και
- (iii) για τη μείωση της συγκέντρωσης του β-καροτενίου και της ριβοφλαβίνης στο τελικό προϊόν.

Από την άλλη πλευρά, το πολυγαλακτικό παρουσιάζει ελαφρώς φτωχότερη αντίσταση στην εξωτερική τους επιφάνεια σε σχέση με τα υλικά PS. Ορισμένες ιδιότητες των κοινών υλικών συσκευασίας δίνονται στον Πίνακα 2.2.

<b><i>Ιδιότητες</i></b>	<b><i>PS</i></b>	<b><i>PP</i></b>	<b><i>PVC</i></b>
Πυκνότητα <sup>a</sup>	1.05	0.9	1.35
Σταθερότητα της μορφής	95	140	80
Διαπερατότητα σε οξυγόνο <sup>b</sup>	10	6	0.3
Διαπερατότητα σε υδρατμούς <sup>c</sup>	10	0.5	2
Διαπερατότητα φωτός <sup>d</sup>	~90	~60	~90

Πίνακας 2.2 Ορισμένες ιδιότητες των PS, PP, και PVC υλικά που χρησιμοποιούνται στην Συσκευασία Γιαουρτιού.

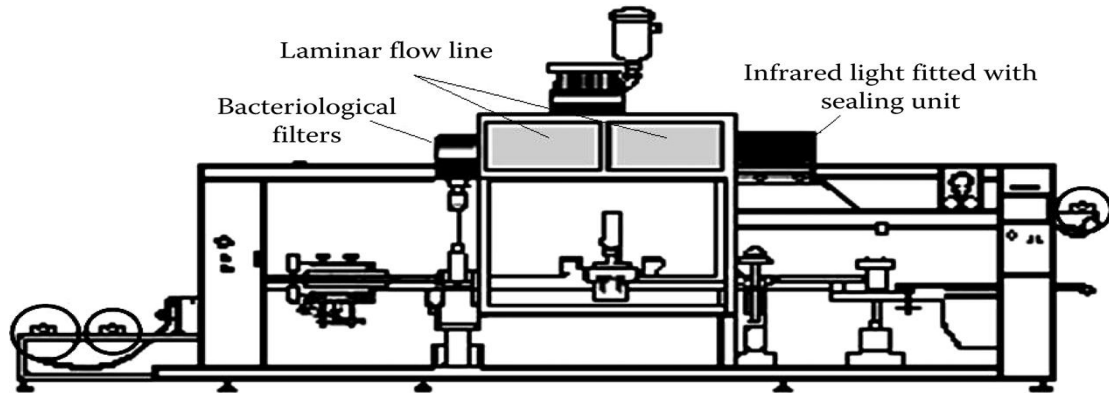
a) g/cm<sup>3</sup>.

b) cm<sup>3</sup> 100 μm/m<sup>2</sup> day atm Å<sup>-1</sup> 10<sup>-3</sup>.

c) g 100 μm/m<sup>2</sup> day.

d) %.

Σε εγκαταστάσεις μεγάλης κλίμακας, η πλήρωση και η συσκευασία επιτυγχάνονται με τη χρήση πλήρως αυτοματοποιημένων συστημάτων. Η ικανότητα των μηχανών πλήρωσης μπορεί να κυμαίνεται μεταξύ 5.000 και 70.000 δοχεία/h. Ο εσωτερικός σχεδιασμός μίας ασηπτικής μηχανής πλήρωσης που αναπτύχθηκε από την ERCA-Formseal Inc. (Γαλλία) και η εξωτερική σχεδίαση μίας Pure Pack P-S50 μηχανής πλήρωσης απεικονίζονται στις Εικόνες 2.1 και 2.2α και 2.2β αντίστοιχα (60,90,92-99,117-119,120,122).

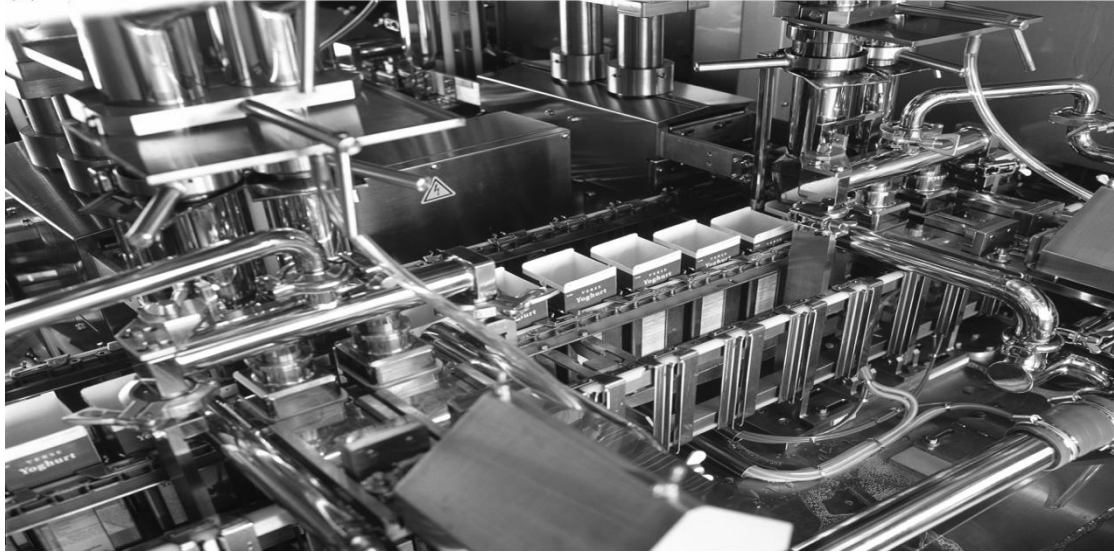


Εικόνα 2.1 Εσωτερική σχεδίαση μίας ασηπτικής μηχανής πλήρωσης γιαουρτιού φρούτων.



(a)

(b)



Εικόνα 2.2 (α) Εξωτερική και (β) εσωτερική εμφάνιση της Pure-Pak P-S50S-med μηχανής πλήρωσης. (104,105)

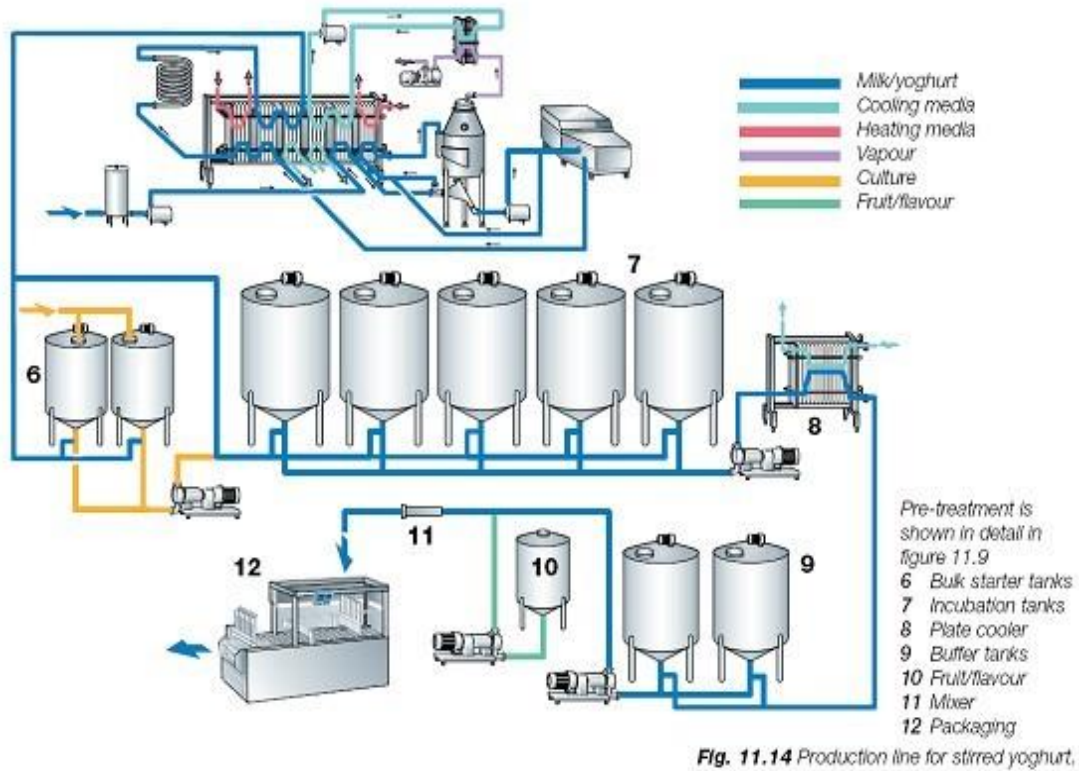
## 2.5 Γραμμές παραγωγής γιαουρτιού

Η παραγωγή μπορεί να διακριθεί σε μεσαίας κλίμακας ή μεγάλης ανάλογα με τις ανάγκες της βιομηχανίας.

Τόσο στο γιαούρτι όσο και στο παγωτό όπως θα δούμε στη συνέχεια υπάρχει η μέθοδος κατά παρτίδες (batch method) ή η συνεχής, η οποία χρησιμοποιείται κυρίως σε μεσαίας κλίμακας παραγωγές. Τα κύρια χαρακτηριστικά της μεθόδου αυτής είναι:

- Πολλές διακοπές κατά τη διάρκεια της παραγωγής (για τυποποίηση λιπαρών, προσθήκη σκόνης, θερμική κατεργασία κτλ.)
- Σημαντική κατανάλωση χρόνου και ενέργειας ιδιαίτερα κατά τη θερμική κατεργασία και ψύξη και υψηλό κόστος.
- Αυξημένη πιθανότητα για αέρια μόλυνση από μικρόβια κατά τη διάρκεια της παρασκευής, εξαιτίας της ασυνεχούς διεργασίας, της χρήσης ανοιχτών δοχείων και των χειρισμών καλλιέργειας και πρόσθετων συστατικών.

Σε μεγαλύτερη κλίμακα χρησιμοποιούνται πιο σύγχρονες γραμμές όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Duplicated from Tetra Pak Dairy Processing Hand Book.

### Εικόνα 2.3 Γραμμή παραγωγής γιαουρτιού

Τέτοιες μέθοδοι είναι πιο αυτοματοποιημένες, γι' αυτό επιτρέπουν μεγαλύτερη παραγωγή από την προηγούμενη. Τα σημεία που επικεντρώνουν την προσοχή σε τέτοιου είδους παραγωγές είναι:

- Αν χρειαστεί ανάδευση του πηγματος μετά την επώαση, γίνεται σε χαμηλές ταχύτητες.
- Οι αντλίες μεταφοράς του γιαουρτιού πρέπει να λειτουργούν σε χαμηλές ταχύτητες και οι αγωγοί που χρησιμοποιούνται να μην είναι μεγάλου μήκους.

Στην παραγωγή μεγάλης κλίμακας ανήκουν επίσης και οι συνεχείς γραμμές παραγωγής οι οποίες βασίζονται σε τρεις βασικές μεθόδους:

- α) επώαση και ψύξη με σύστημα συνεχούς μεταφοράς
- β) συνεχής καλλιέργεια με προεπίαση και εμβολιασμός σε ροή
- γ) συνεχής καλλιέργεια του γάλακτος με εμβολιασμό σε σειρά. (52,54,57,74,103,114-116).

## 2.6 Οργανοληπτικά Χαρακτηριστικά

Όλα τα προϊόντα που παράγονται από καλλιέργειες μικροοργανισμών χωρίζονται σε 4 βασικές κατηγορίες:

1. Μη πτητικά οξέα: γαλακτικό, πυροσταφιλικό ή οξαλικό
2. Πτητικά οξέα: μυρμηκικό, οξικό, προπιονικό ή βουτυρικό
3. Καρβονυλικές ενώσεις: ακεταλδεΐδη, ακετόνη, διακετύλιο
4. Άλλα συστατικά: κάποια αμινοξέα και συστατικά που σχηματίζονται από το θερμικό μεταβολισμό πρωτεϊνών, λιπαρών ή λακτόζης.

Πολλές μελέτες αποκαλύπτουν ότι η ακεταλδεΐδη, η οποία παράγεται από το *L.Bulgarius* αποτελεί το πιο σημαντικό συστατικό αρώματος στο γιαούρτι και ότι το επίπεδό της πρέπει να είναι σχετικά χαμηλό, ώστε να έχει υψηλή αποδοχή από τους δοκιμαστές.

Άλλα συστατικά όπως το διακετύλιο, η αιθανόλη, η βουτανόνη και η ακετόνη περιέχονται και αυτά στα γιαούρτια αλλά σε μικρότερες ποσότητες.

Οι οργανοληπτικές δοκιμές του γιαουρτιού καταλήγουν πλέον σε τρεις γενικές-βασικές κατηγορίες του προϊόντος: όξινο, αρκετό όξινο και πολύ όξινο. Διαφορές στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά παρουσιάζονται και ανάμεσα στα διάφορα είδη γάλακτος που μπορεί να χρησιμοποιηθούν ως πρώτη ύλη (πρόβειο, αγελαδινό). Σε γενικές γραμμές το πήγμα του γιαουρτιού πρέπει να είναι απαλό, χωρίς αραιώματα και όταν διαταραχθεί με κουτάλι πρέπει να «σπάει» ομογενώς (78,139-141).

## 3. ΠΑΓΩΤΟ

### 3.1 Εισαγωγή

Το παγωτό είναι ένα πάρα πολύ δημοφιλές τρόφιμο. Ο όρος «παγωτό» στην ευρύτερη έννοιά του καλύπτει ένα ευρύ φάσμα διαφορετικών τύπων κατεψυγμένων επιδορπίων.

Οι κυριότερες από αυτές είναι :

- **Παγωτό** - ένα παγωμένο, αεριούχο μίγμα γαλακτοκομικών συστατικών, σακχάρων και γεύσεων.
- **Μη-γαλακτοκομικό παγωτό** - γίνεται με πρωτεΐνες γάλακτος και φυτικά λίπη.
- **Gelato** - μία ιταλικού στυλ κρέμα με βάση το παγωτό που περιέχει κρόκους αυγού.
- **Παγωτό γιαούρτι (frozen yogurt)** - το οποίο μπορεί να περιέχει μικροοργανισμούς γαλακτικού οξέος, ή απλά γεύση γιαούρτι.
- **Παγωμένο γάλα** - παρόμοιο με το παγωτό, αλλά μη αεριούχο και περιέχει λιγότερο λίπος γάλακτος.
- **Sorbet** - αεριούχο σιρόπι ζάχαρης που δεν περιέχει ούτε λίπος ούτε γάλα, με βάση τα φρούτα.
- **Sherbet** - παρόμοιο με το σορμπέ, αλλά περιέχει λίγο γάλα ή κρέμα γάλακτος.
- **Water Ice** - κατεψυγμένο σιρόπι ζάχαρης με γεύση και χρώμα, όπως μία γρανίτα.
- **Fruit Ice** – παρόμοιο με το προηγούμενο, αλλά γίνεται με πραγματικό χυμό φρούτων.

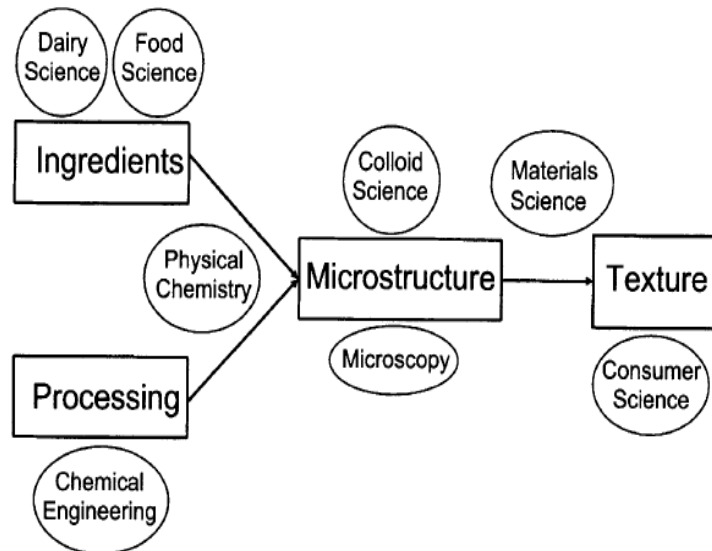
Όλα τα ανωτέρω έχουν ομοιότητες ως προς το ότι είναι γλυκά, με γεύσεις, περιέχουν πάγο και, σε αντίθεση με οποιοδήποτε άλλο είδος κατεψυγμένων τροφίμων, συνήθως καταναλώνονται σε κατεψυγμένη κατάσταση.

Ο νομικός ορισμός του παγωτού ποικίλλει από χώρα σε χώρα. Στο Ηνωμένο Βασίλειο «παγωτό» ορίζεται ως ένα κατεψυγμένο τρόφιμο που περιέχει τουλάχιστον 5% λίπος και 7,5% στερεά γάλακτος εκτός από τα λίπη (δηλαδή πρωτεΐνες, σάκχαρα και ανόργανα άλατα), το οποίο λαμβάνεται με θερμική επεξεργασία και στη συνέχεια με κατάψυξη του γαλακτώματος του λίπους, των στερεών γάλακτος και της ζάχαρης (ή του γλυκαντικού), με ή χωρίς άλλες ουσίες.

Το «Παγωτό» πρέπει επιπλέον να μην περιέχει καθόλου λίπος, εκτός από το λίπος του γάλακτος, με εξαίρεση το λίπος που υπάρχει σε κάποιο άλλο συστατικό, όπως για παράδειγμα στο αυγό, στα αρωματικά, ή στους γαλακτωματοποιητές. Στις ΗΠΑ, το παγωτό πρέπει να περιέχει τουλάχιστον 10% λιπαρές ουσίες του γάλακτος και 20% ολικά στερεά γάλακτος, και πρέπει να έχει πυκνότητα τουλάχιστον 0,54 kg/L. Μέχρι το 1997, δεν επιτρεπόταν να καλείται ένα προϊόν «παγωτό» στις ΗΠΑ αν περιείχε φυτικά λίπη.

Οι περισσότεροι άνθρωποι είναι πολύ εξοικειωμένοι με την εμφάνιση, τη γεύση και την υφή του παγωτού και υπάρχουν πολλές συνταγές για την παρασκευή του σε βιβλία μαγειρικής. Ωστόσο, λίγοι άνθρωποι ξέρουν γιατί απαιτούνται ορισμένα συστατικά και γιατί επίσης απαιτείται μία χρονοβόρα

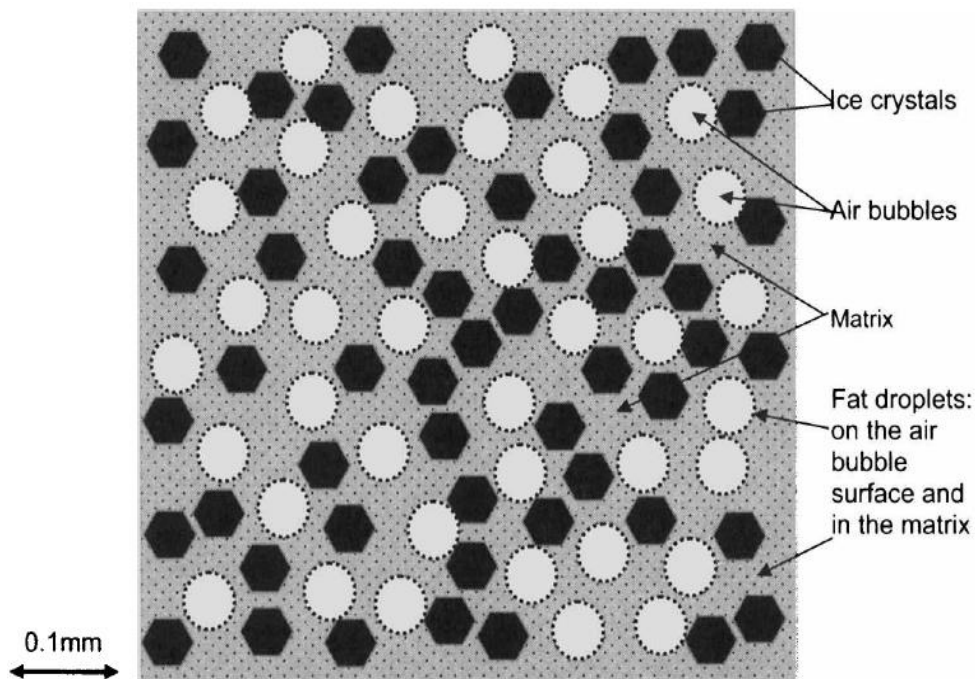
διαδικασία προπαρασκευαστικής προετοιμασίας. Η απάντηση είναι ότι το παγωτό είναι ένα εξαιρετικά σύνθετο, περίπλοκο και ευαίσθητο προϊόν. Στην πραγματικότητα, το αποκαλούν το πιο σύνθετο κολλοειδές τροφίμων απ' όλα». Η επιστήμη του παγωτού περιλαμβάνει την κατανόηση των συστατικών του, της επεξεργασίας του, της μικροδομής και της υφής του, και, κυρίως, της σχέσης μεταξύ αυτών. Αυτό απαιτεί ένα ευρύ φάσμα επιστημονικών κλάδων, συμπεριλαμβανομένης της φυσικής-χημείας, της επιστήμης των τροφίμων, της επιστήμης των κολλοειδών, της χημικής μηχανικής, της μικροσκοπίας, της επιστήμης των υλικών και της επιστήμης των οργανοληπτικών ελέγχων (Σχήμα 3.1).



Σχήμα 3.1 Οι επιστήμες που σχετίζονται με την παραγωγή παγωτού.

Τα συστατικά και η επεξεργασία δημιουργούν τη μικροδομή, η οποία απεικονίζεται σχηματικά στο Σχήμα 3.2. Αποτελείται από κρυστάλλους πάγου, φυσαλίδες αέρα και σταγονίδια λίπους τα οποία ως προς το μέγεθος κυμαίνονται από 1 μ.μ. έως 0,1 mm καθώς και από ένα ιξώδες διάλυμα σακχάρων, πολυσακχαριτών και πρωτεϊνών γάλακτος (matrix). Η υφή που αντιλαμβάνεται κανείς όταν καταναλώνει παγωτό είναι η οργανοληπτική εκδήλωση της μικροδομής. Έτσι, η μικροδομή βρίσκεται στην καρδιά της επιστήμης του παγωτού (143,147,148).





Σχήμα 3.2 Σχηματικό διάγραμμα της μικροδομής του παγωτού

### 3.2 Ιστορικά στοιχεία

Το παγωτό, όπως το αναγνωρίζουμε σήμερα υφίσταται εδώ και τουλάχιστον 300 χρόνια, αν και η προέλευσή του πιθανότατα χρονολογείται πολύ πιο πριν. Η ιστορία του παγωτού είναι γεμάτη από μύθους και ιστορίες, οι οποίες διαθέτουν ελάχιστα πραγματικά στοιχεία.

Μία τυπική «ιστορία» αρχίζει με το Ρωμαίο αυτοκράτορα Νέρωνα (37-68 μ.Χ.), ο οποίος λέγεται ότι είχε φάει φρούτα διατηρημένα με απλή ψύξη με τη βοήθεια χιονιού που έφερναν από τα βουνά οι σκλάβοι. Μία άλλη ιστορία θέλει το παγωτό να έχει εφευρεθεί από τους φημισμένους ιππείς της Μογγολίας. Η επέκταση της αυτοκρατορίας των Μογγόλων κατάφερε να διαδώσει την ιδέα αυτή και στην Κίνα, απ' όπου φημολογείται ότι την πήρε ο Μάρκο Πόλο και μετέφερε την ιδέα στην Ιταλία, όταν επέστρεψε από τα ταξίδια του το 1296. Έχει διατυπωθεί η άποψη ότι το παγωτό εισήχθη στη Γαλλία από την Ιταλία, όταν η δεκατετράχρονη Αικατερίνη των Μεδίκων παντρεύτηκε το Δούκα της Ορλεάνης το 1533. Το μυστικό της κατασκευής παγωτού έμεινε γνωστό μόνο σε λίγους.

Δεν μπορεί να είναι κανείς απολύτως βέβαιος για το ποιος ακριβώς εφηύρε το παγωτό, ή πού και πότε. Στην πραγματικότητα, η ιστορία του παγωτού συνδέεται στενά με την ανάπτυξη των τεχνικών ψύξης και μπορεί να εντοπιστεί σε διάφορες φάσεις που σχετίζονται με αυτό οι οποίες συνοψίζονται στα επόμενα πέντε σημεία.

1. Η ψύξη των τροφίμων και ποτών με ανάμιξη αυτών με χιόνι ή πάγο.
2. Η ανακάλυψη ότι η διάλυση των αλάτων σε νερό παράγει ψύξη.
3. Η ανακάλυψη (και διάδοση της γνώσης) ότι η ανάμιξη των αλάτων και του χιονιού ή του πάγου ψύχει ακόμη περισσότερο.

4. Η εφεύρεση της παγωτομηχανής στα μέσα του 19ου αιώνα.
5. Η ανάπτυξη της μηχανικής ψύξης στα τέλη του 19ου και στις αρχές του 20ου αιώνα (146,148,153,155).

### 3.3 Σύσταση παγωτού

Τα συστατικά των προϊόντων παγωτού μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις ομάδες:

1. Τα σημαντικά συστατικά, που είναι δηλαδή παρόντα σε σημαντικές ποσότητες (τουλάχιστον ένα ποσό % κατά βάρος), όπως η πρωτεΐνη γάλακτος, η ζάχαρη, τα λιπαρά και το νερό.
2. Τα «μικρά» συστατικά, τα οποία είναι παρόντα σε μικρές ποσότητες (λιγότερο από περίπου 1% κατά βάρος), όπως οι γαλακτωματοποιητές, οι σταθεροποιητές, τα χρώματα και οι γεύσεις.
3. Και τέλος, τα συστατικά όπως η σοκολάτα, τα μπισκότα, τα κομμάτια φρούτων και ξηρών καρπών, που συνδυάζονται με παγωτό προκειμένου να παραχθούν «ιδιαίτερα» προϊόντα.

Τα περισσότερα παγωτά περιέχουν επίσης ένα σημαντικό ποσοστό (κατ' όγκο) του αέρα, αν και αυτό συνήθως δεν θεωρείται συστατικό. Τα συστατικά μπορούν να ληφθούν από διάφορες πρώτες ύλες: για παράδειγμα, η πρωτεΐνη γάλακτος και τα λιπαρά (και λίγο νερό) θα μπορούσαν να παρέχονται μαζί με τη μορφή γάλακτος ή κρέμας. Εναλλακτικά, θα μπορούσαν να προέλθουν από ξεχωριστές πρώτες ύλες, δηλαδή από αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη, λιπαρές ουσίες βουτύρου ή φυτικό λίπος. Η επιλογή αυτή εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον τύπο του προϊόντος που απαιτείται, το κόστος και τη διαθεσιμότητα των πρώτων υλών και την κλίμακα της παραγωγής. Ο Πίνακας 3.1 δείχνει μία τυπική σύσταση παγωτού (ή «σύνθεση»).

Ο Πίνακας 3.2 δίνει μία θρεπτική ανάλυση ενός τυπικού παγωτού με αναφορά στα 100mL. Το παγωτό είναι μία καλή πηγή των βασικών αμινοξέων από τις πρωτεΐνες του γάλακτος, βιταμινών και μετάλλων. Τα λιπαρά και η ζάχαρη του παγωτού το καθιστούν ένα τρόφιμο με υψηλή ενεργειακή πυκνότητα. Πολυάριθμα προϊόντα παγωτού με διατροφικά οφέλη έχουν αναπτυχθεί τα τελευταία χρόνια. Αυτά περιλαμβάνουν παγωτά με μειωμένα λιπαρά ή μειωμένη ζάχαρη, παγωτά χωρίς χοληστερόλη, παγωτά εμπλουτισμένο με βιταμίνες, ασβέστιο ή ίνες, παγωτά που περιέχουν πολυακόρεστα λίπη, και πρεβιοτικά ή προβιοτικά παγωτά που προωθούν τα «καλά» βακτήρια στον εντερικό σωλήνα.

Συστατικά	Ποσότητα (wt%)
Λιπαρά	7 – 15
Πρωτεΐνη γάλακτος	4 – 5
Λακτόζη	5 – 7
Άλλα γλυκαντικά	12 – 16
Σταθεροποιητές, γαλακτωματοποιητές και γεύσεις	0.5
Ολικά στερεά	28 – 40
Νερό	60 – 72

Συστατικά	g ανά 100mL παγωτού
Ολικά λιπαρά	7
Κορεσμένα λιπαρά	5
Υδατάνθρακες	14
Γλυκαντικά	13.5
Πρωτεΐνες	1.8
Ίνες	0.5
Ενέργεια	530 kJ (125 kcal)

Πίνακες 3.1, 3.2: Τυπική σύσταση παγωτού και θρεπτική ανάλυση ενός τυπικού παγωτού με αναφορά στα 100mL, αντίστοιχα. (143, 147,190,191)

### **3.3.1 Πρωτεΐνες**

Το αγελαδινό γάλα περιέχει περίπου 87% νερό. Το υπόλοιπο αποτελείται από λίπος (4%), πρωτεΐνες (3,5%), λακτόζη (4,8%) και μικρές ποσότητες ανόργανων αλάτων, κυρίως ασβεστίου και φωσφόρου (0,29%). Το λίπος και λακτόζη αναλύονται παρακάτω στα κεφάλαια για τα λίπη και τα έλαια, και τα σάκχαρα, αντίστοιχα. Τα συστατικά του γάλακτος, εκτός από τα λιπαρά και το νερό είναι συνολικά γνωστά ως «μη λιπαρά στερεά γάλακτος (Milk Solid Non Fat)», εφόσον παρέχονται μαζί σε πλήρες γάλα ή αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη.

Οι πρωτεΐνες του γάλακτος έχουν δύο σημαντικές λειτουργίες στο παγωτό. Πρώτον, μπορούν να σταθεροποιήσουν τα συνεχή γαλακτώματα και αφρούς του νερού, επειδή είναι επιφανειακά ενεργά. Αυτό έχει σημαντικές συνέπειες για το σχηματισμό και τη σταθερότητα των φυσαλίδων αέρα στο παγωτό. Δεύτερον, συμβάλλουν στη χαρακτηριστική γεύση των γαλακτοκομικών προϊόντων. Οι πρωτεΐνες του γάλακτος για την παραγωγή παγωτού λαμβάνονται από διάφορες πρώτες ύλες:

- γάλα (συμπυκνωμένο, αποβουτυρωμένο ή πλήρες)
- αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη
- σκόνη ορού γάλακτος
- βούτυρο γάλακτος ή βούτυρο γάλακτος σε σκόνη.

Η επιλογή της πηγής των πρωτεϊνών γάλακτος γίνεται ανάλογα με τη διαθεσιμότητα, την ευκολία και το κόστος. Τα υγρά προϊόντα προσφέρουν ευκολία και ταχύτητα μεταφοράς και ζύγισης, ενώ οι σκόνες δεν χρειάζονται ψυχρή αποθήκευση, έχουν μία πιο συνεκτική σύσταση και χαμηλότερο κόστος μεταφοράς (143,147,190,191).

### **3.3.2 Λιπαρά**

Η διάκριση μεταξύ των λιπών και ελαίων είναι ότι τα λίπη είναι στερεά σε θερμοκρασία δωματίου, ενώ τα έλαια είναι υγρά. Τα τυπικά παγωτά έχουν περιεκτικότητα σε λιπαρά από 8-10% κατά βάρος, αν και σε premium παγωτά μπορεί να είναι τόσο υψηλή όσο 15-20%. Τα λίπη αποτελούνται σε μεγάλο βαθμό από τριγλυκερίδια (98%), μαζί με μικρές ποσότητες φωσφολιπιδίων και διγλυκεριδίων. Τα τριγλυκερίδια είναι εστέρες της γλυκερόλης (προπανο-1,2,3-τριόλη) με λιπαρά οξέα (μονοκαρβοξυλικά οξέα). Τα λιπαρά οξέα καθορίζουν τις φυσικές ιδιότητες των τριγλυκεριδίων, όπως η συμπεριφορά τήξης και κρυστάλλωσης και το ιξώδες.

Τα λιπαρά εκτελούν διάφορες λειτουργίες στο παγωτό: παρέχουν ενέργεια, βοηθούν στη σταθεροποίηση του αφρού, είναι σε μεγάλο βαθμό υπεύθυνα για την κρεμώδη υφή, επιβραδύνουν το ρυθμό με τον οποίο τήκεται το παγωτό και τέλος είναι απαραίτητα για να παραδώσουν τα γευστικά μόρια που είναι διαλυτά στο λίπος, αλλά όχι νερό. Τα περιεχόμενα λιπαρά στο παγωτό συνήθως προσδιορίζονται από εκχύλιση και ζύγιση του διαλυτού σε αιθέρα κλάσματος. Οι κύριες πηγές των λιπαρών ουσιών που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανική παραγωγή παγωτού είναι το βούτυρο, η κρέμα γάλακτος και τα φυτικά λίπη (143,147,190,191).

### **3.3.3 Υδατάνθρακες**

Τα σάκχαρα χρησιμοποιούνται σε όλους τους τύπους των παγωτών. Μία ολόκληρη σειρά διαφορετικών μορίων, όπως η γλυκόζη, η φρουκτόζη (τα σάκχαρα στα φρούτα), η σακχαρόζη (η ζάχαρη που χρησιμοποιείται καθημερινά) και η λακτόζη (το σάκχαρο του γάλακτος) καλύπτονται από τον όρο «σάκχαρα». Οι μονοσακχαρίτες είναι η απλούστερη ομάδα των σακχάρων, και σύμφωνα με το χημικό τύπο  $(CH_2O)_n$ . Η σημαντικότερη ομάδα των μονοσακχαριτών είναι οι εξόζες, δηλαδή τα σάκχαρα εκείνα για τα οποία  $n = 6$ . Υπάρχουν πολλά διαφορετικά μόρια με αυτό το τύπο (ισομερή). Αυτά που συναντώνται στη φύση είναι: δεξτρόζη, φρουκτόζη, γαλακτόζη και μαννόζη. Οι δισακχαρίτες που συναντώνται στη φύση περιλαμβάνουν τη σακχαρόζη, το κύριο διαλυτό απόθεμα ενέργειας στα φυτά, την τρεχαλόζη, η οποία έχει μία παρόμοια λειτουργία σε μύκητες, ζύμες, λειχήνες και έντομα, και τη λακτόζη, η οποία, όπως ήδη αναφέρθηκε, περιέχεται στο γάλα των θηλαστικών. Η μεγάλη ποικιλομορφία της δομής των σακχάρων τους δίνει μία σειρά από διαφορετικές χημικές, φυσικές και οργανοληπτικές ιδιότητες.

Τα σάκχαρα έχουν δύο σημαντικές λειτουργίες στο παγωτό. Αρχικά το κάνουν γλυκό και ελέγχουν την ποσότητα του πάγου και ως εκ τούτου την απαλότητα του παγωτού (όσο υψηλότερη είναι η περιεκτικότητα σε πάγο, τόσο υψηλότερη σκληρότητα παρουσιάζει το παγωτό). Τα σάκχαρα μειώνουν το σημείο πήξης των διαλυμάτων και ως εκ τούτου μπορούν να μειώσουν την

ποσότητα του πάγου. Για παράδειγμα, ένα πρότυπο παγωτό έχει περιεκτικότητα πάγου από περίπου 55% κατά βάρος στους -18 °C.

Με την αλλαγή των ποσοτήτων και των τύπων των σακχάρων, μπορεί να επιτευχθεί μία περιεκτικότητα σε πάγο 45%, δίνοντας ένα μαλακότερο παγωτό, με την ίδια γλυκύτητα. Τα σάκχαρα μπορούν επίσης να επηρεάσουν την υφή του παγωτού και με άλλο τρόπο, επειδή επηρεάζουν το ιξώδες. Όσο μεγαλύτερο είναι το μοριακό βάρος του σακχάρου, τόσο υψηλότερο είναι το ιξώδες. Αυτό μπορεί να έχει τόσο θετικά όσο και αρνητικά αποτελέσματα στο παγωτό: το υψηλό ιξώδες έχει την τάση να δίνει πιο κρεμώδη υφή, αλλά μπορεί να επηρεάσει αρνητικά τη σκληρότητα και γενικότερα την υφή στο κουτάλι (143,147,190,191).

### **3.3.4 Νερό, γαλακτωματοποιητές, σταθεροποιητές**

Το νερό αποτελεί ένα υψηλό ποσοστό του παγωτού (τυπικά 60-72% w/w). Το νερό είναι το μέσο στο οποίο όλα τα συστατικά είτε διαλύονται ή διασπείρονται. Κατά τη διάρκεια της κατάψυξης και της σκλήρυνσης το μεγαλύτερο μέρος του νερού μετατρέπεται σε πάγο.

Εκτός από τις πρωτεΐνες γάλακτος, το παγωτό περιέχει επίσης και άλλα επιφανειακά δραστικά μόρια, δηλαδή γαλακτωματοποιητές, όπως μονο- και διγλυκερίδια ή λεκιθίνη (από κρόκο αυγού). Παρά το όνομά τους, οι γαλακτωματοποιητές χρησιμοποιούνται στην πραγματικότητα στα παγωτά για την απογαλακτωματοποίηση μέρους των λιπαρών.

Όσον αφορά τους σταθεροποιητές, είναι μία ομάδα υδατοδιαλυτών ή υδατο-διασπειρόμενων βιοπολυμερών που χρησιμοποιούνται σε μικρές ποσότητες (συνήθως 0,2%) σε παγωτά, γρανίτες και άλλα τρόφιμα. Οι περισσότεροι σταθεροποιητές είναι πολυσακχαρίτες φυτικής προέλευσης, άλατα αλγινικού οξέος και καρραγεννάνες (από φύκια), κόμμι χαρουπιών και κόμμι γκουάρ (από σπόρους δένδρων), πηκτίνη (από φρούτα) και καρβοξυμεθυλο κυτταρίνη νατρίου (από βαμβάκι). Η ξανθάνη, ένας βακτηριακός πολυσακχαρίτης, και η ζελατίνη, ένα πολυπεπτιδίο ζωικής προέλευσης, χρησιμοποιούνται επίσης μερικές φορές. Αυτά τα βιοπολυμερή είναι πολυδιάσπαρτα και πολυμοριακά, επειδή οι δομές τους ποικίλλουν ανάλογα με την πηγή και τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Θρεπτικά, οι σταθεροποιητές είναι μία πηγή διαλυτών ινών. Παρά το γεγονός ότι προέρχονται από φυσικές πηγές, σύμφωνα με την ευρωπαϊκή νομοθεσία θεωρούνται πρόσθετα τροφίμων (E numbers) (150,143,190,191).

## **3.4 Θερμιδική και Διατροφική Αξία**

Η ενεργειακή αξία του παγωτού εξαρτάται από τη διατροφική αξία των συστατικών του. Σε σχέση με το γάλα περιέχει τέσσερις φορές περισσότερα λιπαρά, 12-16% περισσότερες πρωτεΐνες και τέσσερις φορές περισσότερους υδατάνθρακες. Όμως, το παγωτό δεν αποτελεί καλή πηγή σιδήρου και διάφορων ιχνοστοιχείων.

Το παγωτό λοιπόν αποτελεί μία εξαιρετική πηγή ενέργειας. Το γεγονός ότι τα συστατικά που το συνθέτουν είναι σχεδόν πλήρως αφομοιώσιμα από τον οργανισμό το καθιστούν ένα πολύ επιθυμητό τρόφιμο, ειδικά από τα παιδιά που βρίσκονται πάνω στην ανάπτυξη, αλλά και από τους ανθρώπους που αποζητούν την αύξηση του βάρους τους. Ακριβώς όμως για τον ίδιο

λόγο, η ελεγχόμενη κατανάλωσή του μπορεί να συμβάλλει θετικά στη διατροφή των ανθρώπων που έχουν ανάγκη να μειώσουν ή να σταθεροποιήσουν το βάρος τους. Τα διατροφικά συστατικά που δεν αφομοιώνονται από τον ανθρώπινο οργανισμό είναι περίπου το 5% των λιπαρών, το 8% των πρωτεϊνών και το 2% των υδατανθράκων.

Η συνολική θερμιδική αξία του παγωτού εξαρτάται από:

1. Το ποσοστό υδατανθράκων συμπεριλαμβανομένης και της λακτόζης, των γλυκαντικών που μπορεί να έχουν προστεθεί, των διογκωτικών ουσιών και της ζάχαρης που προέρχεται από τα φρούτα και από τα άλλα επιπρόσθετα στο παγωτό τρόφιμα.
2. Το ποσοστό της πρωτεΐνης από το γάλα, από τα υποκατάστατα πρωτεϊνικής βάσης που μπορεί να έχουν χρησιμοποιηθεί και από ξηρούς καρπούς, αυγά ή ακόμα και σταθεροποιητές.
3. Το ποσοστό λιπαρών από οποιαδήποτε πηγή (κρέμα, γαλακτωματοποιητές, αυγά, κακάο κ.α.)

Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνονται τα ποσοστά ενέργειας που αποδίδονται από διάφορα είδη παγωτού.

<b>Κατηγορία</b>	<b>Θερμίδες (cal)</b>	<b>Λιπαρά (g)</b>	<b>Πρωτεΐνες (g)</b>	<b>Υδατάνθρακες (g)</b>	<b>Ζάχαρη (g)</b>	<b>Ασβέστιο (%DV)</b>
<b>Nonfat</b>	90	0	3.5	20	15	10
<b>Lowfat</b>	100	2.2	3.0	18	15	9
<b>Light</b>	110	3.3	3.0	17	15	9
<b>Reduced fat</b>	125	3.3	2.8	19	12	11
<b>Reduced fat<sup>1</sup></b>	100	4.0	3.0	13	3	8
<b>Regular</b>	135	7.4	2.2	15	13	8
<b>Premium</b>	165	9.8	2.4	18	15	8
<b>Frozen yogurt<sup>2</sup></b>	110	2.0	3.0	18	14	9

Πίνακας 3.3 Σύσταση των διαφόρων ειδών παγωτού  
(<sup>1</sup>Δείγματα χωρίς ζάχαρη, <sup>2</sup>Γεύση βανίλια)

(146,147,149,150)

## 3.5 Διαδικασία Παρασκευής Παγωτού

### 3.5.1 Πρώτες Ύλες

Στη συνέχεια αναφέρονται επιγραμματικά οι πρώτες ύλες που μπορεί να χρησιμοποιηθούν σε κάθε κατηγορία.

#### Πηγές λιπαρών:

- Κρέμα γάλακτος
- Πλήρες γάλα
- Βούτυρο

Βελτιώνουν σημαντικά τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του παγωτού και μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ως πηγές στερεών.

#### Πηγές μη λιπαρών στερεών:

- Πλήρες γάλα
- Άπαχο γάλα
- Συμπυκνωμένο άπαχο γάλα
- Γάλα εβαπορέ
- Σκόνη γάλακτος
- Σκόνη βουτυρογάλακτος
- Σκόνη ορού γάλακτος
- Πρωτεϊνικά συμπυκνώματα ορού γάλακτος
- Σκόνη καζεϊνικών αλάτων

Η συνηθέστερη πηγή στερεών είναι το αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη το οποίο έχει υψηλό ποσοστό συμμετοχής στα στερεά και δεν αφήνει την αίσθηση ταγγής μετάγευσης που μπορεί να προσδώσει για παράδειγμα το πλήρες γάλα σε σκόνη. Υποκατάστατα της σκόνης αποβουτυρωμένου γάλακτος χαμηλότερου κόστους θεωρούνται η σκόνη ορού γάλακτος και τα πρωτεϊνικά συμπυκνώματα.

#### Σταθεροποιητές:

- Κόμμι γκουάρ
- Ξανθάνη
- Αλγινικά άλατα
- Καρβοξυλομεθυλοκυτταρίνη (CMC)
- Καραγεννάνη

Συνεισφέρουν στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του προϊόντος. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε μίγματα διαφόρων αναλογιών.

### Γαλακτωματοποιητές:

- Μονο-δι γλυκερίδια λιπαρών οξέων
- Μονοελαϊκή πολυοξυαιθυλενοσορβιτάνη
- Τριστεατική πολυοξυαιθυλενοσορβιτάνη
- Λεκιθίνη

Αποτελούν ενώσεις οι οποίες οριοθετούνται στη διεπιφάνεια υδατικής-λιπαρής φάσης για αυτό και χαρακτηρίζονται αμφιφιλικές ενώσεις. Αυτοί που χρησιμοποιούνται κυρίως στο παγωτό είναι τα μονο- και δι- γλυκερίδια λιπαρών οξέων και τα πολυοξυαιθυλενικά παράγωγα των εξαϋδρυλικών αλκοολών.

### Γλυκαντικές:

- Ζάχαρη
- Stevia
- Αμυλοσιρόπια
- Σιρόπι φρουκτόζης
- Σιρόπι σακχαρόζης
- Σακχαρίνη
- Ασπαρτάμη
- Σουκραλόζη

Εκτός από τη ζάχαρη, τα υπόλοιπα γλυκαντικά χρησιμοποιούνται ως εναλλακτικές πηγές γλυκιάς γεύσης κυρίως για λόγους υγιεινής. Ουσιαστικά αντικαθιστούν την ζάχαρη, διατηρώντας όμως τα οργανοληπτικά της χαρακτηριστικά.

### Αρωματικές:

- Βανιλίνη
- Άρωμα φρούτων
- Άρωμα σοκολάτας κ.α.

Παρόλο που ανήκουν στην κατηγορία των πρόσθετων του παγωτού αποτελούν ίσως τον πιο σημαντικό παράγοντα του τελικού προϊόντος για τον καταναλωτή. Στην ίδια κατηγορία μπορούν να συμπεριληφθούν και ουσίες όπως χυμοί φρούτων, ξηροί καρποί κτλ.

### Χρωστικές:

Προστίθενται με στόχο τη βελτίωση της εμφάνισης του τελικού προϊόντος, ενώ παράλληλα αποτελούν και ένδειξη του είδους του παγωτού. Οι λειτουργίες τους μπορεί να επηρεαστούν από τη θερμική κατεργασία, την οξύτητα, το ποσοστό των στερεών στο προϊόν, ακόμα και το ποσοστό ενσωμάτωσης αέρα (143,147,156,190,191).



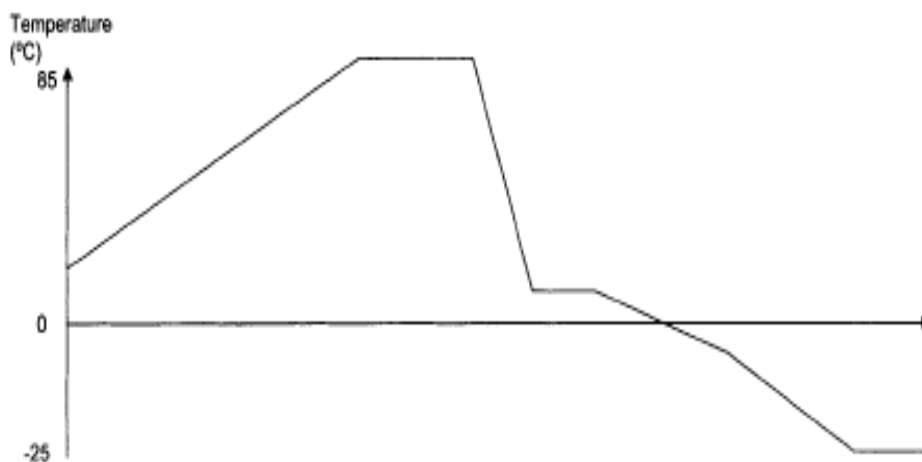
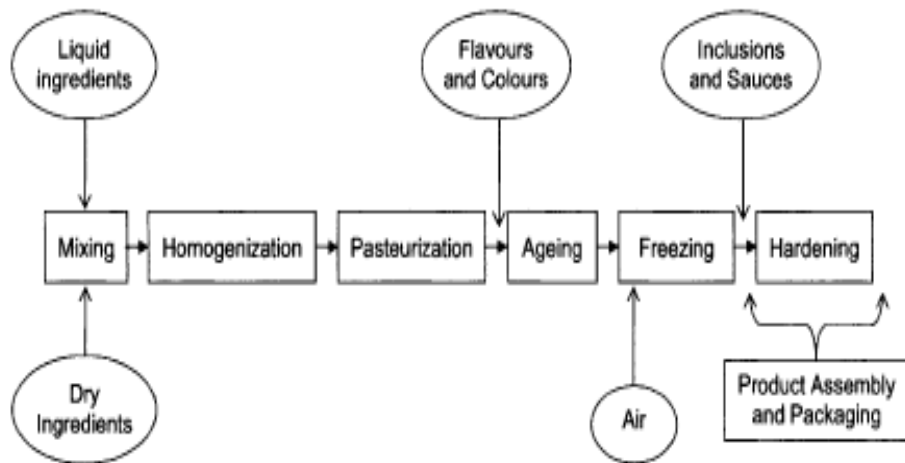
### **3.5.2 Στάδια Παρασκευής**

Η διαδικασία παρασκευής του παγωτού χωρίζεται σε στάδια. Αυτά είναι: η προετοιμασία του μίγματος (η οποία αποτελείται από τη δοσολογία και την ανάμιξη των συστατικών, την ομογενοποίηση και την παστερίωση), τη γήρανση, την κατάψυξη και τη σκλήρυνση. Η διαδικασία συνοψίζεται στο Σχήμα 3.3, το οποίο δείχνει επίσης τα σημεία προσθήκης των συστατικών, συμπεριλαμβανομένου του αέρα, καθώς και τις αλλαγές της θερμοκρασίας που λαμβάνουν χώρα. Η συναρμολόγηση και η συσκευασία των προϊόντων οι οποίες σχετίζονται με το συνδυασμό του παγωτού με άλλα συστατικά, όπως κώνους, σοκολάτα, φρούτα, ξυλάκια, κυτελάκια κτλ. λαμβάνει χώρα πριν ή / και κατά το στάδιο της σκλήρυνσης.

#### ***Παρασκευή μίγματος***

##### ***Η δοσολογία και η ανάμιξη συστατικών***

Το πρώτο βήμα στην παρασκευή του παγωτού είναι η προετοιμασία του μίγματος. Τα συστατικά πρέπει να δοσολογούνται σε ακριβείς ποσότητες με μία συγκεκριμένη σειρά, ώστε να επιτευχθεί η βέλτιστη και σταθερή ποιότητα μίγματος και η μέγιστη αξιοποίηση των συστατικών. Τα μεγάλης ποσότητας συστατικά συνήθως εισέρχονται στη δεξαμενή ανάμιξης αυτόματα, ενώ τα συστατικά που διατίθενται σε μικρότερες ποσότητες ζυγίζονται και τοποθετούνται χειρωνακτικά.



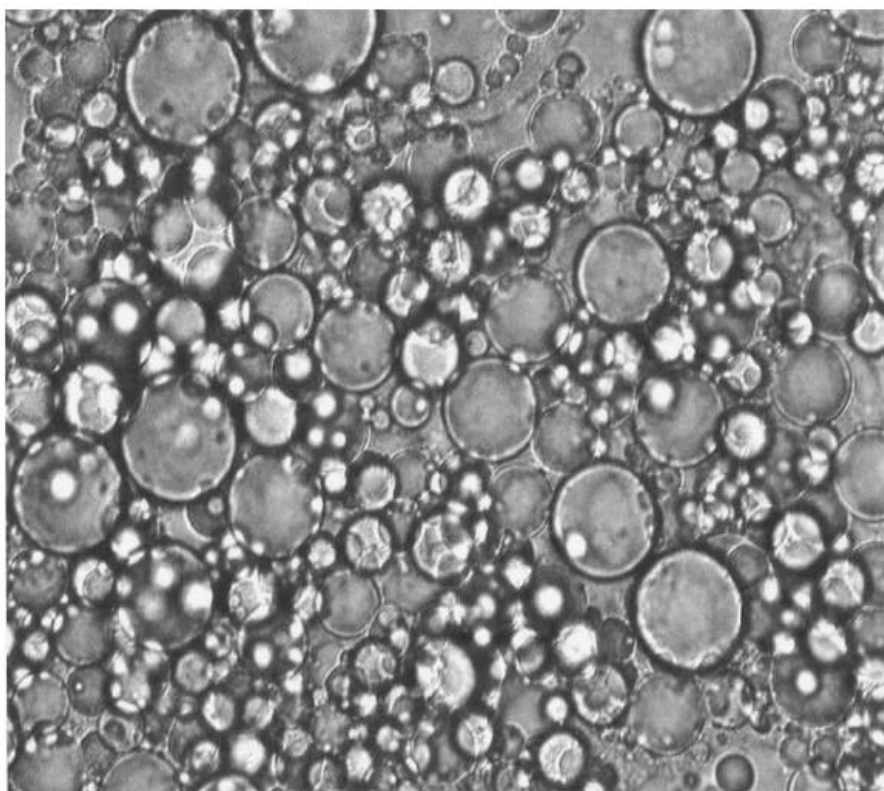
Σχήμα 3.3 Σχηματικό διάγραμμα της παραγωγικής διαδικασίας, που δείχνει τα σημεία προσθήκης των συστατικών και των συστατικών και το προφίλ της θερμοκρασίας.

Η δεξαμενή ανάμιξης έχει: ένα μέσο για τη θέρμανση του μίγματος, έναν αναδευτήρα για να βοηθά την ανάμιξη, και συνήθως μονώνεται για την ελαχιστοποίηση των απωλειών θερμότητας. Η θέρμανση και η ανάδευση ελέγχονται προσεκτικά, έτσι ώστε τα συστατικά να διασπείρονται και να διαλύονται αποτελεσματικά, και τα θερμοευαίσθητα συστατικά να μην υποστούν ζημιά. Τα υγρά συστατικά (νερό, γάλα, κρέμα κτλ.) δοσολογούνται πρώτα, και έπειτα λαμβάνει χώρα η θέρμανση και η ανάδευση. Τα στερεά λιπαρά τήκονται πριν από την προσθήκη. Τα ξηρά συστατικά (σάκχαρα, σταθεροποιητές, γάλα σε σκόνη κτλ.) προστίθενται στη συνέχεια. Οι σταθεροποιητές είναι τα συστατικά τα οποία είναι πιο δύσκολο να διαλυθούν. Για να βοηθηθεί η διάλυση αναμιγνύονται εν ξηρώ με τουλάχιστον ίσο βάρος ζάχαρης, πριν από την προσθήκη στη δεξαμενή ανάμιξης. Το ανωτέρω αναφερόμενο μίγμα προστίθεται βραδέως στη δεξαμενή για να εξασφαλιστεί ακόμη καλύτερη διασπορά και να αποφευχθεί ο σχηματισμός συσσωματωμάτων από ελλιπώς διαλυμένο σταθεροποιητή. Το γάλα σε σκόνη και η σκόνη ορού γάλακτος προστίθενται επίσης αργά για την πρόληψη του σχηματισμού συσσωματωμάτων. Η έξοδος από τη δεξαμενή ανάμιξης περιέχει ένα φίλτρο για να αφαιρούνται οποιαδήποτε στερεά σωματίδια που μπορεί να έχουν σχηματιστεί. Τα γαλακτοκομικά προϊόντα, ειδικότερα οι

πρωτεΐνες ορού γάλακτος, μετουσιώνονται σε υψηλές θερμοκρασίες, και έτσι το μίγμα δεν θα πρέπει να είναι θερμότερο από 85 °C, όταν γίνονται οι προσθήκες. Τα χρώματα και αρώματα προστίθενται συνήθως στο στάδιο αυτό, αν δεν είναι ευαίσθητα στη θερμότητα, ενώ στην περίπτωση που είναι θερμοευαίσθητα εισάγονται μετά την παστερίωση.

Για διάφορους λόγους, όπως η έναρξη και η παύση λειτουργίας των εργοστασιακών καταψυκτών ή όπως οι διακοπές της διαδικασίας παραγωγής, μπορεί κάποιο μέρος του μίγματος να μην μετατραπεί σε εμπορεύσιμο παγωτό. Αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί εκ νέου, με την προσθήκη πίσω στη δεξαμενή μίγματος (με την προϋπόθεση ότι είναι το ίδιο σκεύασμα με το νέο μίγμα, ή ότι η σύνθεση ρυθμίζεται αναλόγως). Αυτό είναι γνωστό ως rework.

Μόλις όλα τα συστατικά έχουν προστεθεί, το μίγμα θα πρέπει να είναι ομοιογενές και η θερμοκρασία του ίση ή μεγαλύτερη από τους περίπου 65 °C. Οι δυνάμεις διάτμησης από την ανάδευση παράγουν ένα χονδροειδές γαλάκτωμα ελαίου-σε-νερό με σχετικά μεγάλα σταγονίδια λίπους (περίπου 10 μm διάμετρο), όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.4.

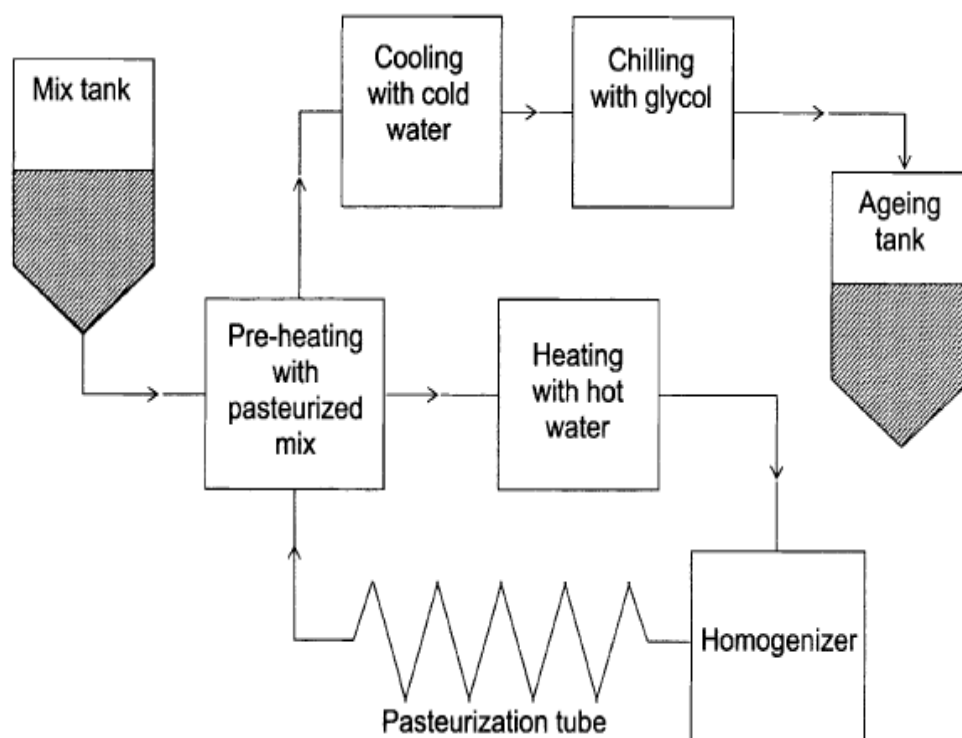


Σχήμα 3.4 Οπτική μικρογραφία του μίγματος παγωτού, που δείχνει το χονδροειδές γαλάκτωμα που παράγεται στη δεξαμενή ανάμιξης πριν την ομογενοποίηση.  
(143,147)

### **3.5.3 Ομογενοποίηση και παστερίωση**

Το μίγμα έπειτα παστεριώνεται, προκειμένου να μειωθεί ο αριθμός των βιώσιμων μικροοργανισμών σε ένα επίπεδο που να είναι ασφαλές για την κατανάλωση από τον άνθρωπο, και στη συνέχεια ομογενοποιείται για να

σπάσουν τα σωματίδια λίπους σε πολλά μικρά σταγονίδια. Το Σχήμα 3.5 δείχνει ένα διάγραμμα ροής μίας διαδικασίας παστερίωσης και ομογενοποίησης σε εργοστάσιο.



Σχήμα 3.5 Διάγραμμα ροής της παστερίωσης και ομογενοποίησης

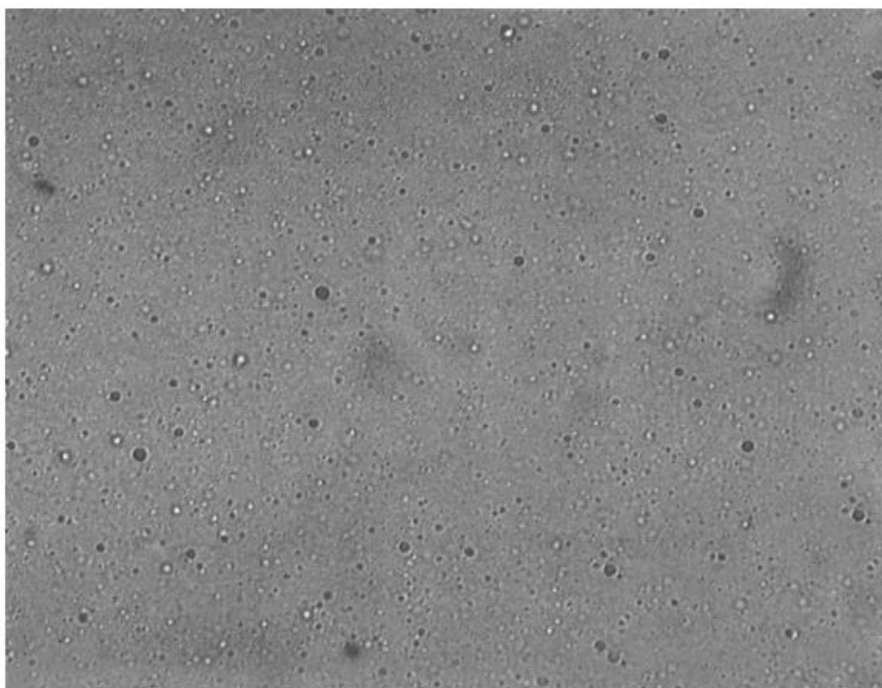
Μεγάλο μέρος ενέργειας απαιτείται για τη θέρμανση του μίγματος μέχρι τη θερμοκρασία παστερίωσης. Για να μεγιστοποιηθεί η ενεργειακή απόδοση, η θέρμανση λαμβάνει χώρα σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο, το μίγμα λαμβάνεται από τη δεξαμενή μίγματος και διέρχεται από έναν εναλλάκτη θερμότητας. Ο εναλλάκτης αυτός έχει σχεδιαστεί για να εξασφαλίζει καλή μεταφορά της θερμότητας και να επιτρέπει τον καθαρισμό, και αποτελείται από δύο ξεχωριστά συστήματα ροής που περνούν από εναλλασσόμενες πλάκες. Το πρώτο σύστημα ροής περιέχει το εισερχόμενο μίγμα, και η δεύτερη περιέχει θερμό μίγμα που έχει ήδη παστεριωθεί και ομογενοποιηθεί. Έτσι, το εισερχόμενο μίγμα θερμαίνεται και το παστεριωμένο και ομογενοποιημένο μίγμα υποβάλλεται στο πρώτο στάδιο της ψύξης, η οποία είναι απαραίτητη πριν από το επόμενο βήμα στη διαδικασία παραγωγής.

Στο δεύτερο στάδιο θέρμανσης, το μίγμα θερμαίνεται περαιτέρω με θερμό νερό σε ένα άλλο τμήμα του πλακοειδούς εναλλάκτη θερμότητας. Στο τέλος αυτού του σταδίου το μίγμα πρέπει να είναι αρκετά θερμό για να εξασφαλιστεί ότι η θερμοκρασία παστερίωσης έχει επιτευχθεί μετά την ομογενοποίηση. Ωστόσο, η θερμοκρασία δεν πρέπει να υπερβαίνει τους 85°C για να αποφευχθεί η μετουσίωση των πρωτεϊνών του γάλακτος καθώς και η δημιουργία ανεπιθύμητων γεύσεων (για παράδειγμα, η γεύση του μαγειρεμένου γάλακτος).

Στον ομογενοποιητή το θερμό μίγμα (> 70 °C) ωθείται διαμέσου μίας μικρής βαλβίδας υπό υψηλή πίεση (συνήθως έως περίπου 150 atm). Τα μεγάλα σταγονίδια λίπους είναι επιμήκη και χωρίζονται σε ένα λεπτό γαλάκτωμα από πολύ μικρότερα σταγονίδια (περίπου 1 μm σε διάμετρο),

αυξάνοντας σημαντικά την επιφάνεια του λίπους. Μερικές φορές, ένα δεύτερο στάδιο ομογενοποίησης χρησιμοποιείται με μία χαμηλότερη πίεση (περίπου 35 atm) για τη μείωση της ομαδοποίησης των μικρών σταγονιδίων λίπους μετά το πρώτο στάδιο.

Πρόσφατα, η ομογενοποίηση σε πολύ υψηλή πίεση (έως 2.000 atm) έχει αποδειχθεί ότι παράγει ακόμα μικρότερα σταγονίδια λίπους, και ως εκ τούτου μεγαλύτερη επιφάνεια λίπους για ένα δεδομένο όγκο. Αυτό κάνει πιο αποτελεσματική χρήση του λίπους, γεγονός το οποίο μπορεί να έχει μία σειρά από πλεονεκτήματα. Για παράδειγμα, σε μίγματα χαμηλών λιπαρών, αυτό καθιστά τις φυσαλίδες αέρα πιο σταθερές, και συνεπώς μειώνει το ρυθμό τήξης. Το Σχήμα 3.6 δείχνει την επίδραση της ομογενοποίησης σε ένα πρότυπο μίγμα παγωτού.



Σχήμα 3.6 Οπτική μικρογραφία του μίγματος παγωτού από το Σχήμα 3.4 μετά την ομογενοποίηση, που δείχνει το λεπτό γαλάκτωμα σταγονιδίων λίπους.

Μετά την ομογενοποίηση, οι πρωτεΐνες του γάλακτος προσροφώνται εύκολα στην επιφάνεια των σταγονιδίων λίπους. Οι πρωτεΐνες ως επί το πλείστον προσροφώνται επί της υδατικής πλευράς της διεπιφάνειας λίπους-πλέγματος, με υδρόφοβα μέρη στη διεπιφάνεια. Η ελεύθερη καζεΐνη, τα μικκύλια καζεΐνης και ο ορός γάλακτος έχουν διαφορετικές επιφανειακές δραστηριότητες, με αποτέλεσμα να προσροφώνται διαφορετικά πάνω στα σταγονίδια λίπους. Για παράδειγμα, η καζεΐνη προσροφάται περισσότερο από τον ορό γάλακτος. Οι πρωτεΐνες είναι πολύ καλές στη σταθεροποίηση των γαλακτωμάτων ελαίου-σε-νερό ενάντια στη συσσωμάτωση, επειδή παρέχουν μία ισχυρή, παχιά μεμβράνη γύρω από το σταγονίδιο του λίπους. Οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των πρωτεϊνών στο εξωτερικό των σταγονιδίων καθιστούν δυσκολότερο για τα σταγονίδια να έρθουν σε στενή επαφή. Αυτό είναι γνωστό ως στερεοχημική σταθεροποίηση.

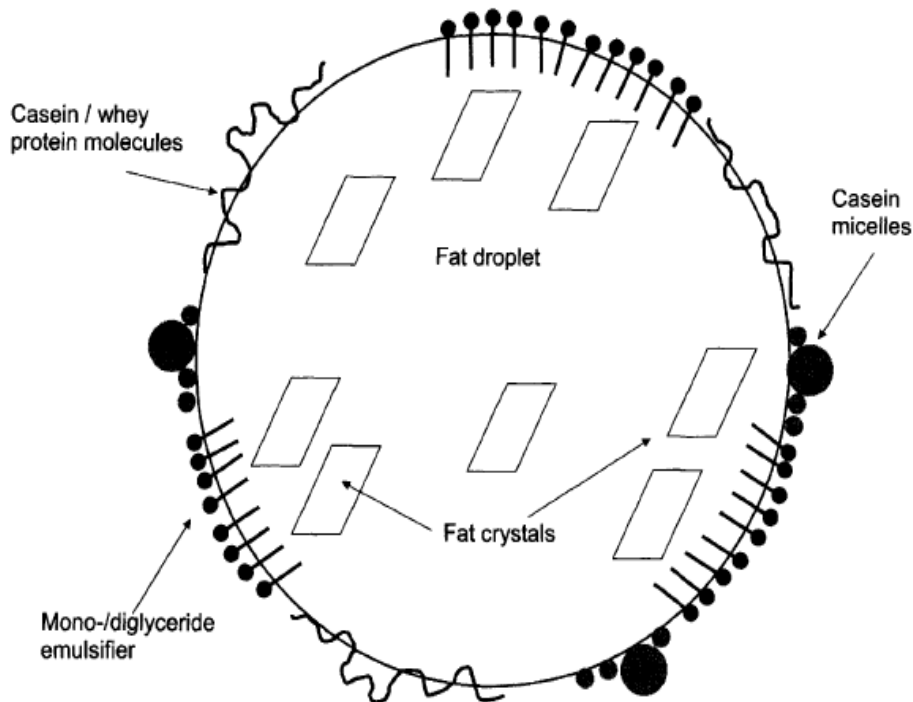
Η παστερίωση εν γένει λαμβάνει χώρα στο σωλήνα συγκράτησης. Αυτός είναι ένας σωλήνας ο οποίος ξεκινά από την έξοδο του ομογενοποιητή

και του οποίου το μήκος και η διάμετρος επιλέγονται για να εξασφαλιστεί ότι το μίγμα διατηρείται σε θερμοκρασία παστερίωσης για τον απαιτούμενο χρόνο. Η θερμοκρασία του μίγματος που εξέρχεται από το σωλήνα συγκράτησης μετράται για να εξασφαλιστεί ότι το σύνολο του μίγματος έχει υποβληθεί στον ελάχιστο συνδυασμό χρόνου / θερμοκρασίας. Ουσιαστικά όμως υπάρχουν δύο βασικά είδη παστερίωσης, η μεγάλης διάρκειας-χαμηλής θερμοκρασίας παστερίωση (LTLT) και η συνεχής παστερίωση. Στην παστερίωση μεγάλης διάρκειας το μίγμα συνήθως αναμιγνύεται σε ειδικές δεξαμενές και θερμαίνεται μέσω κυκλοφορίας νερού στα διπλά τοιχώματα της δεξαμενής, ενώ ταυτόχρονα προστίθενται τα απαραίτητα συστατικά. Μόλις ολοκληρωθεί η προσθήκη των συστατικών και η θερμοκρασία φθάσει στους 69°C, τότε ξεκινά η διεργασία της παστερίωσης η οποία σε αυτή την περίπτωση λαμβάνει χώρα πριν την ομογενοποίηση. Στη συνεχή παστερίωση μπορούν να γίνουν διάφοροι συνδυασμοί θερμοκρασίας-χρόνου. Επιγραμματικά πρόκειται για παστεριώσεις υψηλής θερμοκρασίας-χαμηλού χρόνου (HTST), υψηλότερης θερμοκρασίας-χαμηλότερου χρόνου (HHTST) και υπερυψηλής θερμοκρασίας (UHT). Ένα τυπικό καθεστώς παστερίωσης είναι μία θερμοκρασία από 80,5 °C και χρόνο παραμονής της τάξης των 31 s.\*\* έχουν αναφερθεί σε πίνακα

Μετά την παστερίωση, το μίγμα ψύχεται σε τρία βήματα. Πρώτον, η θερμότητα μεταφέρεται στο εισερχόμενο μίγμα από τη δεξαμενή ανάμιξης (όπως περιγράφεται παραπάνω). Στη συνέχεια ψύχεται με νερό, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί αργότερα για την ανάμιξη ή τον καθαρισμό για εξοικονόμηση ενέργειας Τέλος, ψύχεται στους 4 °C με παγωμένη γλυκόλη. Η ψύξη αναστέλλει την ανάπτυξη μικροοργανισμών και προετοιμάζει το μίγμα για την ωρίμανση (143,145,147,154,190,191).

### **3.5.4 Ωρίμανση**

Το ψυχθέν μίγμα διοχετεύεται στις δεξαμενές ωρίμανσης. Αυτές έχουν σχεδιασθεί, προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί η έκθεση του μίγματος στην ατμόσφαιρα και σε άλλες πιθανές πηγές μόλυνσης. Το μίγμα διατηρείται μεταξύ 0 και 4 °C και αναδεύεται ήπια κατά διαστήματα. Εφαρμόζεται το ελάχιστο επίπεδο ανάδευσης, προκειμένου να αποφευχθεί η υπερθέρμανση του μίγματος. Τα θερμοευαίσθητα συστατικά, όπως τα χρώματα, οι γεύσεις και ο πουρές φρούτων, μπορούν να προστεθούν σε αυτό το στάδιο. Βέβαια, οποιοδήποτε υλικό προστίθεται μετά την παστερίωση πρέπει να είναι μικροβιολογικά ασφαλές για να αποφευχθεί η μόλυνση του παστεριωμένου μίγματος. Δύο σημαντικές διεργασίες λαμβάνουν χώρα κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης. Πρώτον, οι γαλακτωματοποιητές προσροφώνται στην επιφάνεια των σταγονιδίων του λίπους, αντικαθιστώντας μέρος των πρωτεϊνών γάλακτος (Σχήμα 3.7). Αυτό υποβοηθείται από το γεγονός ότι καθώς το μίγμα ψύχεται, τα μονο- / διγλυκερίδια αρχίζουν να κρυσταλλώνονται, πράγμα που τα καθιστά περισσότερο υδρόφοβα, ώστε να προσροφώνται πιο έντονα πάνω στα σταγονίδια λίπους. Η μετατόπιση μερικών πρωτεϊνών μέσω των γαλακτωματοποιητών παράγει μία ασθενέστερη μεμβράνη. Αυτή είναι αρκετά ισχυρή, ώστε να σταθεροποιήσει το γαλάκτωμα υπό τις στατικές συνθήκες στη δεξαμενή ωρίμανσης, αλλά το καθιστά ασταθές υπό διάτμηση.



Σχήμα 3.7 Ένα σταγονίδιο λίπους κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης, δείχνοντας την προσρόφηση των πρωτεϊνών του γάλακτος και των γαλακτωματοποιητών (όχι υπό κλίμακα) στην επιφάνεια του σταγονιδίου λίπους και την κρυστάλλωση του λίπους.

Δεύτερον, το λίπος στο εσωτερικό των σταγονιδίων αρχίζει να κρυσταλλώνεται. Η κρυστάλλωση είναι αργή, διότι η διάσπαση πρέπει να πραγματοποιηθεί μέσα σε κάθε επιμέρους σταγόνα. Τα κρυσταλλικά μονο- / διγλυκερίδια και τα τριγλυκερίδια υψηλού σημείου τήξεως προωθούν την κρυστάλλωση του λίπους, δρώντας ως σημεία πυρήνωσης. Είναι σημαντικό η ωρίμανση να είναι αρκετά μεγάλη σε διάρκεια, ώστε πρώτον να λάβει χώρα η κρυστάλλωση και δεύτερον οι γαλακτωματοποιητές να μετατοπίσουν μέρος της πρωτεΐνης καθώς και οι δύο από αυτές τις διαδικασίες είναι σημαντικοί πρόδρομοι για το επόμενο στάδιο της παραγωγής παγωτού. Χωρίς αυτές τις διαδικασίες, είναι δύσκολο να ενσωματωθούν και να σταθεροποιούν οι φυσαλίδες αέρα, όταν το μίγμα καταψύχεται σε βιομηχανική κατάψυξη.

Ο χρόνος ωρίμανσης, ως εκ τούτου, η έκταση της κρυστάλλωσης του λίπους και η προσρόφηση των γαλακτωματοποιητών, εξαρτάται από τη φύση του μίγματος και για το σκοπό για τον οποίο πρόκειται να χρησιμοποιηθεί. Μίγματα που προορίζονται για προϊόντα εξαγωγής έχουν χρόνο ωρίμανσης τουλάχιστον 6 h, γιατί αυτό οδηγεί σε μεγαλύτερη μερική συσσωμάτωση, και ως εκ τούτου σε πιο σκληρό παγωτό. Χρόνος 2 h είναι επαρκής για τα περισσότερα προϊόντα. Είναι συχνά βολικό η ωρίμανση ενός μίγματος να λαμβάνει χώρα κατά τη διάρκεια της νύχτας, και να κρατείται σε δεξαμενές ωρίμανσης τόσο, όσο είναι απαραίτητο για την παραγωγή, αλλά αυτό δεν θα πρέπει να είναι για περισσότερο από τρεις ημέρες.

Κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης από το μίγμα λαμβάνεται δείγμα για εργαστηριακή ανάλυση. Αυτό συνήθως περιλαμβάνει μετρήσεις του ιξώδους του μίγματος, της ποσότητας του λίπους και των ολικών στερεών. Οι σταθεροποιητές, οι οποίοι θέλουν αρκετό χρόνο για να διαλυθούν πλήρως στο νερό, συνεχίζουν να ενυδατώνονται και να διογκώνονται κατά τη διάρκεια

της ωρίμανσης. Το φαινομενικό ιξώδες του μίγματος συχνά μετρείται για λόγους ελέγχου ποιότητας. Αν το μίγμα δεν έχει το αναμενόμενο ιξώδες, μπορεί να υπάρχει ένα πρόβλημα στις διαδικασίες ανάμιξης ή ωρίμανσης, για παράδειγμα, οι σταθεροποιητές μπορεί να μην έχουν ενυδατωθεί πλήρως. Η μικροβιολογική ασφάλεια πρέπει να ελέγχεται μετά τη ωρίμανση. Υπάρχουν και άλλες μετρήσεις που διενεργούνται για τους παθογόνους μικροοργανισμούς, αλλά και άλλους πιθανούς μικροοργανισμούς αλλοίωσης, όπως *Listeria monocytogenes* και *Salmonella*. Υπό την προϋπόθεση ότι το μίγμα παγωτού παστεριώνεται σωστά και ότι το υπόλοιπο της διαδικασίας παραγωγής πραγματοποιείται υπό συνθήκες υγιεινής, δεν θα πρέπει να υπάρχουν μικροβιολογικά προβλήματα στο εργοστάσιο, ή τουλάχιστον μέχρι την κατανάλωση, δεδομένου ότι οι μικροοργανισμοί δεν μπορούν να αναπτυχθούν σε παγωτό που φυλάσσεται σε κατάψυξη (143,144,147,190,191).

### **3.5.5 Κατάψυξη**

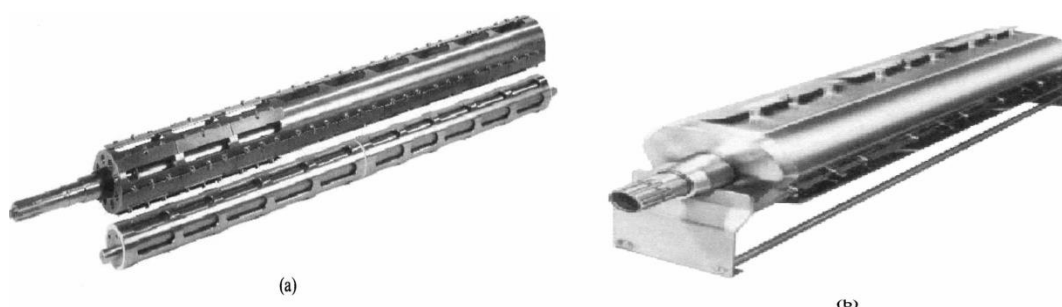
Μέχρι τώρα, έχει σχηματιστεί μόνο ένα μέρος της μικροδομής του παγωτού, τα σταγονίδια λίπους. Τα άλλα τμήματα δημιουργούνται στο επόμενο στάδιο, στην κατάψυξη, η οποία είναι ο πυρήνας της διαδικασίας παραγωγής παγωτού. Οι καταψύκτες των εργοστασίων παραγωγής παγωτού μετατρέπουν το μίγμα σε παγωτό διά του ταυτοχρόνου αερισμού. Αυτή η μέθοδος υπήρξε η βάση της παραγωγής παγωτού από την εφεύρεσή του και παραμένει έτσι μέχρι και σήμερα, τόσο στους καταψύκτες εργοστασίων παραγωγής παγωτού όσο και στους εγχώριους κατασκευαστές παγωτού.

Οι σύγχρονοι καταψύκτες εργοστασίων παγωτού ανήκουν σε εναλλάκτες θερμότητας επιφανείας με πτερύγια απόξεσης. Αυτοί έχουν σχεδιαστεί για την αφαίρεση της θερμότητας (ή και την πρόσθεση θερμότητας) σε ιξώδη υγρά. Οι καταψύκτες παγωτού αποτελούνται από ένα κυλινδρικό δοχείο τυπικά 0,2 m μήκους και 1 m διαμέτρου. (Ωστόσο, επειδή οι καταψύκτες των εργοστασίων έχουν σχεδιαστεί για διαφορετικούς ρυθμούς παραγωγής έχουν κυλίνδρους με ευρύ φάσμα μεγεθών). Ένα ψυκτικό μέσο, συνήθως ένα υδροποιημένο πτητικό αέριο, όπως αμμωνία ή φρέον, ρέει μέσω ενός μανδύα και ψύχει το εξωτερικό του κυλίνδρου καθώς το ψυκτικό μέσο εξατμίζεται. Μέσα στον κύλινδρο υπάρχει ένα περιστρεφόμενο πτερύγιο από ανοξείδωτο χάλυβα το οποίο κινείται από έναν ηλεκτροκινητήρα. Το πτερύγιο είναι εξοπλισμένο με λεπίδες απόξεσης και εφαρμόζει οριακά μέσα στο δοχείο. Το πτερύγιο έχει δύο λειτουργίες: να υποβληθεί το μίγμα σε υψηλή διάτμηση και να αποξεστεί το στρώμα των παγοκρυστάλλων που έχουν σχηματιστεί στο πολύ ψυχρό τοίχωμα του δοχείου. Το δοχείο κατασκευάζεται συχνά από νικέλιο, που καλύπτεται στο εσωτερικό με ένα λεπτό στρώμα χρωμίου. Το νικέλιο δίνει καλή μεταφορά θερμότητας, και μπορεί να αντέξει υψηλές πιέσεις. Η επικάλυψη χρωμίου παρέχει αντίσταση στην φθορά από την απόξεση, και χημική αντίσταση στα καθαριστικά μέσα που χρησιμοποιούνται μεταξύ των παρτίδων.

Υπάρχουν δύο τύποι εμβόλων που χρησιμοποιούνται στους καταψύκτες, ανοικτά και κλειστά, τα οποία χρησιμοποιούνται για τους διάφορους τύπους του προϊόντος (Σχήμα 3.8). Τα ανοιχτού τύπου έχουν ένα ανοιχτό «κλουβί», που υποστηρίζει τις λεπίδες απόξεσης, εντός του οποίου είναι ένας παθητικά περιστρεφόμενος αναδευτήρας. Τα έμβολα



καταλαμβάνουν το 20-30% του όγκου του κυλίνδρου. Τα κλειστού τύπου έχουν ένα στερεό πυρήνα, και καταλαμβάνουν περίπου το 80% του όγκου. Τα ανοικτού τύπου δίνουν χαμηλότερη διάτμηση και μεγαλύτερους χρόνους παραμονής από του κλειστού για την ίδια θερμοκρασία εξόδου και απόδοση. Τα ανοικτού τύπου επίσης χρησιμοποιούνται γενικά για την παραγωγή παγωτού. Ο μεγαλύτερος χρόνος παραμονής βοηθά να επιτευχθεί καλός αερισμός. Αντιθέτως τα κλειστά χρησιμοποιούνται, όταν απαιτείται χαμηλή απόδοση (π.χ. για σάλτσες) ή για παγωτό που χρειάζεται να διατηρεί το σχήμα του μετά την εξώθηση, επειδή, όπως θα αναφερθεί παρακάτω, η υψηλότερη διάτμηση αυξάνει την ποσότητα του μερικώς συνενωμένου λίπους και κάνει το παγωτό σκληρό.

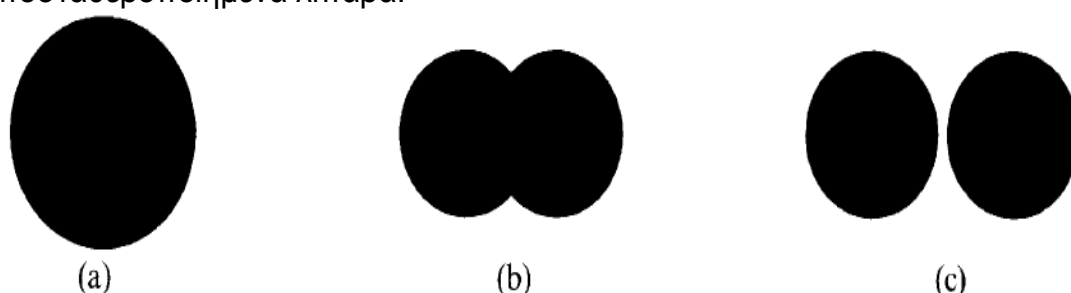


Σχήμα 3.8 (a) ανοικτού τύπου (b) κλειστού τύπου έμβολα

Το μίγμα παγωτού σε περίπου 4 °C αντλείται από τη δεξαμενή ωρίμανσης μέσα στο δοχείο, όπου αερίζεται και καταψύχεται, προτού αντληθεί προς τα έξω από το άλλο άκρο. Η λειτουργία του καταψύκτη ελέγχεται από διάφορες παραμέτρους. Η πίεση του ψυκτικού μέσου καθορίζει τη θερμοκρασία στην οποία εξατμίζεται, και ως εκ τούτου τη θερμοκρασία τοιχώματος (συνήθως -30 °C). Ο ρυθμός της ροής εισόδου που περιλαμβάνει το μίγμα και τον αέρα και ο ρυθμός της ροής εξόδου που περιλαμβάνει το παγωτό καθορίζουν το χρόνο που το μίγμα περνά μέσα στο δοχείο (χρόνος παραμονής, συνήθως 30-60 s), την υπέρβαση, την πίεση στο εσωτερικό του βαρελιού (τυπικά 5 atm) και τη διακίνηση (η οποία μπορεί να είναι τόσο πολύ όσο 3000/h σε μεγάλη βιομηχανική κατάψυξη). Όλα αυτά, σε συνδυασμό με την ταχύτητα περιστροφής του εμβόλου (τυπικά 200 rpm), προσδιορίζουν τη θερμοκρασία εξόδου. Οι σύγχρονοι καταψύκτες των εργοστασίων είναι ελεγχόμενοι από υπολογιστή, επιτρέποντας την εύκολη παρακολούθηση και τον έλεγχο των παραμέτρων της διαδικασίας. Ο αέρας εγχέεται εντός του δοχείου μέσα από ένα σύστημα φίλτρων για να εξασφαλιστεί ότι είναι καθαρός, στεγνός και απαλλαγμένος από μικροβιολογική μόλυνση. Αρχικά ο αέρας σχηματίζει μεγάλες φυσαλίδες. Είναι απαραίτητο να δημιουργηθεί (και να διατηρηθεί) μία διασπορά μικρών φυσαλίδων αέρα για να ληφθεί η καλή ποιότητα του παγωτού. Όσο μεγαλύτερη είναι η διατμητική τάση που εφαρμόζεται, τόσο μικρότερες είναι οι φυσαλίδες αέρα. Είναι πιο εύκολο να μετατραπεί ο αέρας σε έναν αφρό που αποτελείται από ένα μεγάλο κλάσμα όγκου υγρού και ένα μικρό κλάσμα όγκου αέρα παρά το αντίστροφο. Η υψηλή πίεση στο εσωτερικό του κυλίνδρου μειώνει τον όγκο του αέρα που έχει εισαχθεί, και ως εκ τούτου καθιστά ευκολότερο το να αερίζεται περαιτέρω.

Η διάτμηση προκαλεί επίσης μερικά από τα σταγονίδια του λίπους να συγκρούονται και συνενώνονται. Το μικτό στρώμα πρωτεΐνης-

γαλακτωματοποιητή είναι σχεδιασμένο έτσι, ώστε το γαλάκτωμα να είναι σταθερό υπό στατικές συνθήκες, αλλά ασταθές υπό διάτμηση. Ακόμη και αν τα μονο- / διγλυκερίδια και η λεκιθίνη ονομάζονται γαλακτωματοποιητές, η λειτουργία τους στο παγωτό είναι να απο-γαλακτωματοποιούν τα λιπαρά. Το σχήμα 3.9 δείχνει τρία πιθανά αποτελέσματα των δύο σταγονιδίων λίπους που συγκρούονται. Αν όλο το λίπος είναι υγρό, τα σταγονίδια συνενώνονται πλήρως για να σχηματίσουν ένα ενιαίο σφαιρικό σταγονίδιο (Σχήμα 3.9α). Ωστόσο, αν όλο το λίπος είναι στερεό, τα σταγονίδια δεν μπορούν να ενωθούν καθόλου (Σχήμα 3.9γ). Η επιλογή του τύπου του λίπους και της διαδικασίας ωρίμανσης διασφαλίζει ότι μερικά από τα λιπαρά σε ένα μίγμα παγωτού είναι στερεά, έτσι ώστε τα σταγονίδια να συνενώνονται μερικώς, δηλαδή σχηματίζουν ένα σύμπλεγμα που διατηρεί μερικά χαρακτηριστικά από την ατομική φύση τους (Σχήμα 3.9β). Τα μερικώς συνενωμένα σταγονίδια λίπους είναι επίσης γνωστά ως απογαλακτωματοποιημένα ή αποσταθεροποιημένα λιπαρά.



Σχήμα 3.9 Συνένωση λιπαρών σταγονιδίων: (a) υγρά σταγονίδια λίπους που συνενώνονται εντελώς (b) σταγονίδια λίπους που περιέχουν μερικά στερεά λιπαρά εν μέρει συνενώνονται και διατηρούν μερικά χαρακτηριστικά από τις ξεχωριστές τους ταυτότητες (c) εντελώς στερεά σταγονίδια λίπους τα οποία δεν μπορούν να ενωθούν.

Η μερική συνένωση βοηθά στην σταθεροποίηση των φυσαλίδων αέρα στο παγωτό. Η ισορροπία μεταξύ του λίπους, των πρωτεϊνών και του γαλακτωματοποιητή είναι κρίσιμη για την παρασκευή παγωτού, επειδή ελέγχει τη σταθερότητα του γαλακτώματος και, συνεπώς, την ευκολία του αερισμού και τη σταθερότητα των φυσαλίδων αέρα.

Συνοψίζοντας, οι παράμετροι των τεχνικών καταψυξης οι οποίες επηρεάζουν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του παγωτού είναι:

- Το ποσοστό ενσωμάτωσης αέρα (overrun)
- Η θερμοκρασία εξόδου από τον καταψύκτη
- Το είδος διάταξης απόδρασης (dasher type)
- Η ταχύτητα περιστροφής της διάταξης απόδρασης (dasher speed)
- Η ταχύτητα ροής του μίγματος εντός του καταψύκτη.

(143,145,147,190,191)

### **3.5.6 Σκλήρυνση**

Όταν το παγωτό απομακρύνεται από τους καταψύκτες στους περίπου -5 °C, το περιεχόμενό του σε πάγο είναι μόνο περίπου το μισό σε μία τυπική θερμοκρασία σεβριρίσματος δηλαδή στους -18 °C, γι' αυτό είναι πολύ μαλακό. Η μικροδομή των διασκορπισμένων κρυστάλλων πάγου και οι φυσαλίδες αέρα είναι θερμοδυναμικά ασταθείς - το σύστημα λοιπόν τείνει προς μία κατάσταση στην οποία οι φάσεις έχουν μικρότερη διασπορά. Αν το παγωτό απλά αποθηκευόταν στο εργοστάσιο στη θερμοκρασία εξόδου του καταψύκτη, θα χειρότερευε ποιοτικά πολύ γρήγορα. Δηλαδή, οι κρύσταλλοι πάγου και οι φυσαλίδες αέρα θα «ξέφευγαν»: το μέσο μέγεθός τους θα αυξανόταν και ο συνολικός αριθμός τους θα μειωνόταν.

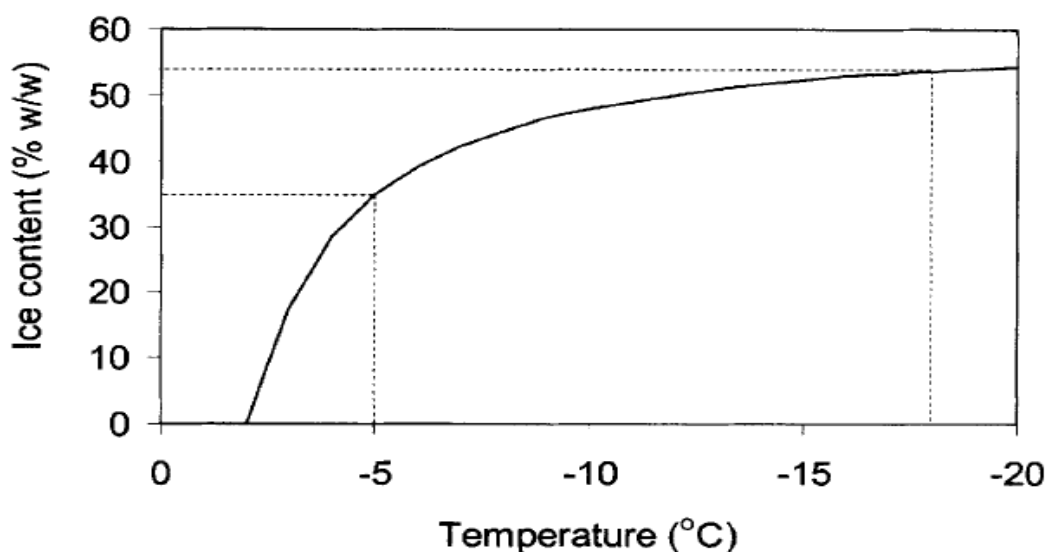
Δεδομένου ότι δεν είναι δυνατόν να σταθεροποιηθεί η μικροδομή θερμοδυναμικά, το καλύτερο που μπορεί να επιτευχθεί είναι να παγιδευτεί κινητικά έτσι, ώστε να μην λαμβάνει χώρα καμία σημαντική επιδείνωση της μικροδομής εντός της διάρκειας ζωής του παγωτού. Επιπλέον, ορισμένες φορές είναι απαραίτητο να συνδυάσουμε το παγωτό και με άλλα συστατικά, όπως κώνους, σοκολάτα, φρούτα κτλ., προκειμένου να συσταθούν συγκεκριμένα προϊόντα. Ανάλογα με το προϊόν, το παγωτό μπορεί να χρειαστεί να είναι πιο σκληρό και πιο ψυχρό πριν από την προσθήκη για παράδειγμα της «κάλυψης» με σοκολάτα ή την προσθήκη του κώνου από μπισκότο.

Για αυτούς τους λόγους, η θερμοκρασία του παγωτού μειώνεται όσο το δυνατόν γρηγορότερα μετά τη διαδικασία της κατάψυξης. Αυτό είναι γνωστό ως σκλήρυνση.

Το παγωτό περνά τη διαδικασία σκλήρυνσης σε μία σήραγγα σκλήρυνσης, δηλαδή ένα κλειστό θάλαμο εντός του οποίου το παγωτό περνά επί ενός μεταφορικού ιμάντα μετά την έξοδο από τον καταψύκτη του εργοστασίου. Στο εσωτερικό, ο κρύος αέρας (τυπικά -30 °C έως -45 °C) εμφυσάται πάνω από το παγωτό. Όσο χαμηλότερη είναι η θερμοκρασία του αέρα, και όσο ταχύτερη είναι η ροή του αέρα, τόσο πιο γρήγορα η θερμότητα αφαιρείται από το παγωτό. Επίσης ο στροβιλισμός του αέρα αυξάνει το ρυθμό της μεταφοράς θερμότητας. Ο θάλαμος εσωκλείεται για να ελαχιστοποιηθεί η ανταλλαγή ψυχρού αέρα στο εσωτερικό του συστήματος με θερμό αέρα του περιβάλλοντος, και έτσι να μειωθεί η συσσώρευση πάγου που θα μείωνε την αποτελεσματικότητα. Οι ψυκτικές αποθήκες, οι οποίες είναι συνήθως περίπου στους -25°C, δεν είναι κατάλληλες για τη σκλήρυνση, επειδή δεν είναι αρκετά ψυχρές και εξακολουθούν να έχουν αέρα, με αποτέλεσμα να μην «δροσίζεται» το παγωτό αρκετά γρήγορα, ώστε να ελαχιστοποιηθεί η ανακρυστάλλωση.

Οι κρύσταλλοι πάγου αυξάνονται κατά τη διάρκεια της σκλήρυνσης με δύο τρόπους: με τη διάδοση και με την ανακρυστάλλωση. Η διάδοση είναι απλά η αύξηση του μεγέθους όλων των κρυστάλλων πάγου όπως το νερό παγώνει και σχηματίζει περισσότερο πάγο, σύμφωνα με την καμπύλη (Σχήμα 3.10). Η ανακρυστάλλωση είναι η διαδικασία στην οποία μεγάλοι κρύσταλλοι πάγου αναπτύσσονται σε βάρος των μικρών, με αποτέλεσμα να παρατηρείται μία αύξηση στο μέσο μέγεθος των κρυστάλλων, αλλά καμία αλλαγή στη συνολική ποσότητα του πάγου. Όσο χαμηλότερη είναι η θερμοκρασία, τόσο πιο αργή είναι η διάχυση των μορίων του νερού και της ζάχαρης, και τόσο πιο αργή και η ανακρυστάλλωση. Έτσι, για να διασφαλιστεί ότι η διάδοση κυριαρχεί, και ότι η ανακρυστάλλωση ελαχιστοποιείται, η

σκλήρυνση πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο γρήγορη. Ανακρυστάλλωση πραγματοποιείται με δύο μηχανισμούς, Ostwald ωρίμανσης και πρόσφυσης.



Σχήμα 3.10 Περιεκτικότητα σε πάγο ενός τυπικού παγωτού ως συνάρτηση της θερμοκρασίας

Τέλος, τα συστήματα κατάψυξης τα οποία χρησιμοποιούνται στη διαδικασία σκλήρυνσης του παγωτού είναι:

- Θάλαμοι κατάψυξης
- Καταψύκτες ρεύματος αέρα
- Καταψύκτες σπειροειδούς μεταφορικού ιμάντα
- Καταψύκτες σήραγγας
- Καταψύκτες με πλάκες.

(143,147,149,190,191)

### **3.5.7 Συσσκευασία**

Η συσκευασία είναι ένα ουσιαστικό κομμάτι στην παραγωγική διαδικασία ενός προϊόντος παγωτού, καθώς όχι μόνο προστατεύει το προϊόν αλλά βοηθά και τις πωλήσεις της εταιρείας. Η συσκευασία μπορεί να λάβει χώρα κατά τη διάρκεια ή / και μετά τη σύνθεση του προϊόντος, ανάλογα με το προϊόν. Μπορεί να υπάρχουν περισσότερα από ένα στρώματα συσκευασίας - για παράδειγμα τα παγωτά σε ξυλάκι τυλίγονται πρώτα το καθένα ξεχωριστά, έπειτα συσκευάζονται σε κουτιά με, για παράδειγμα, 24 ή 48 κομμάτια ανά κιβώτιο (το δεύτερο στρώμα), τα οποία κιβώτια στη συνέχεια στοιβάζονται πάνω σε μία παλέτα και τυλίγονται με προστατευτικές μεμβράνες περαιτέρω (το τρίτο στρώμα). Το δεύτερο και τρίτο στρώματα αφαιρούνται μετά τη διανομή, με αποτέλεσμα ο καταναλωτής συνήθως να βλέπει μόνο το πρώτο στρώμα. Η επιλογή του υλικού και της δομής της συσκευασίας καθορίζεται από διάφορους παράγοντες.

- Λειτουργικότητα, για την προστασία και τη διατήρηση του προϊόντος κατά την αποθήκευση και τη διανομή.

- Ελκυστικότητα για τον πελάτη, δηλαδή να ενισχύσει την εμφάνιση του προϊόντος.
- Ασφάλεια: υπάρχουν ειδικές απαιτήσεις για τα υλικά που έρχονται σε επαφή με τρόφιμα. Οι συσκευασίες πρέπει να κατασκευάζονται υπό καλές συνθήκες υγιεινής και δεν πρέπει να μεταφέρουν τοξικές ουσίες στο προϊόν.
- Επισήμανση: για να είναι καλυμμένα ως προς το μάρκετινγκ και τις λογιστικές και απαιτήσεις νομοθεσίας, τα πακέτα πρέπει να εμφανίζουν κάποιες πληροφορίες, όπως για παράδειγμα τον κατάλογο των συστατικών. Σε κάποιες περιπτώσεις απαιτούνται και δευτερεύουσες πληροφορίες οι οποίες αναγράφονται και αυτές στη συσκευασία και μπορεί για παράδειγμα να αφορούν στον έλεγχο της ροής και αποθήκευσης των προϊόντων στην αλυσίδα διανομής.
- Ανακυκλωσιμότητα: οι συσκευασίες θα πρέπει να γίνονται από ένα μόνο είδος του υλικού για να καθίσταται δυνατή η αποτελεσματική ανακύκλωση.
- Το κόστος παραγωγής και διανομής: ο αριθμός των προϊόντων που μπορούν να τοποθετηθούν επάνω σε μια παλέτα για αποθήκευση και μεταφορά έχει σημαντική επίδραση στο τελικό κόστος του προϊόντος (152,154,191).

### **3.5.8 Αποθήκευση υπό ψύξη και διανομή**

Αφού το προϊόν έχει συσκευαστεί, η διαδικασία παραγωγής είναι πλήρης. Τα προϊόντα σε παλέτες αποστέλλονται στην ψυκτική αποθήκη, η οποία λειτουργεί συνήθως περίπου στους  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , καθώς και ενεργεί ως αποθήκη αναμονής / απελευθέρωσης, η ψυκτική αποθήκη διασφαλίζει ότι το προϊόν είναι σε  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$  πριν από τη διανομή. Εάν το προϊόν εισέλθει στο σύστημα διανομής στους ή κάτω από  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$  μπορεί να υποστεί κάποια έκθεση σε υψηλότερες θερμοκρασίες.

Ο σκοπός του συστήματος διανομής, από το εργοστάσιό μέσω της ψυκτικής αποθήκης του λιανοπωλητή στον καταψύκτη καταστήματος είναι να κρατήσει το προϊόν όσο ψυχρό πρέπει, προκειμένου να αποφευχθεί η μείωση της ποιότητας λόγω ανακρυστάλλωσης. Πρέπει να λαμβάνεται όμως μέριμνα σε κάθε στάδιο, για να διασφαλίζεται ότι ελαχιστοποιούνται οι διακυμάνσεις στη θερμοκρασία, γιατί οι επαναλαμβανόμενες αυξήσεις και μειώσεις της θερμοκρασίας (για παράδειγμα κατά τη μεταφορά από το ένα μέρος του συστήματος διανομής στο επόμενο) μπορεί να προκαλέσει μεγαλύτερη ανακρυστάλλωση απ' ό,τι η αποθήκευση σε σταθερή θερμοκρασία. Αν και η κύρια δυσκολία με τη διατήρηση της ποιότητας του παγωτού μέσω του συστήματος διανομής είναι η ευαισθησία του παγωτού στη θερμοκρασία, το παγωτό είναι επίσης ευαίσθητο στην πίεση, στις μηχανικές κρούσεις, και μπορεί να απορροφήσει οσμές. Το σύστημα διανομής θα πρέπει λοιπόν να προστατεύει το παγωτό έναντι και αυτών, εάν είναι απαραίτητο. Τα παγωτά που παράγονται εργοστασιακά συνήθως πρέπει να έχουν διάρκεια ζωής τουλάχιστον 6 μηνών. Ένας λόγος για αυτό είναι ότι η κατανάλωση του παγωτού είναι πολύ εποχιακή: πολύ περισσότερο τρώγεται το καλοκαίρι από ότι το χειμώνα. Ωστόσο, είναι πιο αποτελεσματικό για ένα εργοστάσιο να λειτουργεί όλο το χρόνο. Ως εκ τούτου, τα προϊόντα για κατανάλωση το καλοκαίρι μπορεί επίσης να παραχθούν τον προηγούμενο χειμώνα. Υπό την

προϋπόθεση ότι η ψυχρή αποθήκευση και η αλυσίδα διανομής λειτουργεί σωστά και ότι η μικροδομή, που προσεκτικά παράγεται στο εργοστάσιο, διατηρείται έτσι, ώστε το παγωτό ή φτάνει στον καταναλωτή σε άριστη κατάσταση (150,151,191).

### 3.6 Οργανοληπτικός Έλεγχος

Πριν την εκτίμηση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών του παγωτού, το δείγμα πρέπει να βρίσκεται σε θερμοκρασία  $-12^{\circ}\text{C}$  έως  $-18^{\circ}\text{C}$ , ώστε να είναι ευχερής ο τεμαχισμός του και να μπορούν να διακρίνονται εύκολα τα χαρακτηριστικά γεύσης. Ο οργανοληπτικός έλεγχος περιλαμβάνει (σε γενικές γραμμές) τα ακόλουθα βήματα:

1. *Έλεγχος των χαρακτηριστικών του περιέκτη:* Εξετάζεται το είδος του περιέκτη, η κατάσταση στην οποία βρίσκεται και τα τυχόν ελαττώματά του. Επιπλέον, παρατηρείται το χρώμα και η χροιά του παγωτού.
2. *Έλεγχος των χαρακτηριστικών υφής, γεύσης και αρώματος του παγωτού:* Λαμβάνεται ένα δείγμα από το παγωτό. Εξετάζεται ο τρόπος και η ευκολία με την οποία κόβεται το παγωτό. Το δείγμα τοποθετείται σε πλακίδιο, και μια μικρή ποσότητα φέρεται στο στόμα. Εξετάζεται το σώμα, η υφή και η γεύση του παγωτού. Η ποσότητα δεν πρέπει να είναι μεγάλη, ώστε να αποφεύγεται η αλλοίωση της ικανότητας αντίληψης της γεύσης, λόγω ψυχρότητας του δείγματος. Η εκτίμηση της υφής του περιλαμβάνει την αξιολόγηση μιας σειράς ιδιοτήτων όπως: απαλή υφή, τραχύτητα, αμμώδης ή κοκκώδης υφή, ύπαρξη παγοκρυστάλλων και σκληρότητα. Επιπλέον, ελέγχεται ο τρόπος τήξης του παγωτού και η υφή του τήγματος (απαλή ή υδαρής). Καθώς τήκεται το παγωτό και αυξάνει θερμοκρασία του στόματος, ελέγχονται τα χαρακτηριστικά γεύσης: γλυκεία, αλμυρή και όξινη.
3. *Έλεγχος των χαρακτηριστικών τήξης:* Μία ποσότητα παγωτού φέρεται σε τρυβλίο Petri, και αφήνεται, έως ότου τακεί πλήρως. Εξετάζεται η υφή του τήγματος, και εκτιμάται ως κρεμώδες, αφρώδες, κοκκώδες ή υδαρές.

Κάθε οργανοληπτικό χαρακτηριστικό αξιολογείται με τη χρήση μίας προκαθορισμένης βαθμολογικής κλίμακας. Τέλος, πρέπει να έχουν ήδη καθοριστεί με ακρίβεια όλα εκείνα τα χαρακτηριστικά που δομούν την έννοια κάθε ιδιότητας (153,157).

## 4. ΠΑΓΩΤΟ ΓΙΑΟΥΡΤΙ

### 4.1 Εισαγωγή

Το παγωτό γιαούρτι είναι ένα μη τυποποιημένο προϊόν που χαρακτηρίζεται από μικρή περιεκτικότητα σε λιπαρά και ταξινομείται σε τρεις βασικές κατηγορίες, μαλακό, σκληρό ή μους. Και οι τρεις αυτές κατηγορίες μοιάζουν με παγωτό στη φυσική τους κατάσταση και χαρακτηρίζονται απλώς ως έχουσες την αιχμηρή, όξινη γεύση του γιαουρτιού σε συνδυασμό με την ψυχρότητα του παγωτού. Επιπλέον, αυτά τα προϊόντα περιέχουν υψηλά επίπεδα σακχάρου και σταθεροποιητών / γαλακτωματοποιητών σε σύγκριση με το γιαούρτι, δεδομένου ότι οι ενώσεις αυτές απαιτούνται κατά τη διάρκεια της διαδικασίας κατάψυξης, προκειμένου να διατηρηθεί η μικροδομή και ιδιαίτερα η δομή των φυσαλλίδων αέρα.

Πρόκειται λοιπόν για ένα προϊόν που θέτει απαραίτητη την ύπαρξη μικροοργανισμών γιαουρτιού (*Lactobacillus delbrueckii bulgaricus* και *Streptococcus salavarius thermophilus*).

Οι περισσότεροι κατασκευαστές σήμερα προσπαθούν να περιορίσουν στο παγωτό γιαούρτι τη γεύση και το άρωμα που προέρχεται από την ακεταλδεΐδη γιαουρτιού, πιστεύοντας ότι οι καταναλωτές εμφανίζουν μία σχετική δυσαρέσκεια στη χαρακτηριστική αυτή γεύση του γιαουρτιού. Το γιαούρτι άλλωστε αναμφίβολα κατέχει πιο όξινη γεύση απ' ό,τι το παγωτό στην ίδια χαμηλή περιεκτικότητα λιπαρών.

Όπως και στα περισσότερα γαλακτοκομικά προϊόντα, έτσι και στο παγωτό γιαούρτι χρησιμοποιείται η ίδια ορολογία σχετικά με την περιεκτικότητα σε λιπαρά. Συγκεκριμένα:

- Για παγωτό γιαούρτι nonfat: λιπαρά κάτω από 0,5%
- Για παγωτό γιαούρτι lowfat: λιπαρά από 0,5% έως 2%
- Για παγωτό γιαούρτι απλό : λιπαρά μέχρι το πολύ 3,25%

(157,159,188)

### 4.2 Ιστορικά στοιχεία

Το ιστορικό υπόβαθρο και τα σχετικά τεχνικά δεδομένα του παγωτού γιαούρτι εξετάστηκαν λεπτομερώς από τον Kosikowski (1977), και τον Mann (1977, 1979). Ο Lang (1979) και ο Rothwell (1993) επανεξέτασαν επίσης τις εξελίξεις σε αυτόν τον τομέα.

Στις περισσότερες χώρες, το παγωτό γιαούρτι δεν έχει εθνικά πρότυπα ταυτότητας από την άποψη της χημικής σύνθεσης. Έχει όμως ελάχιστη περιεκτικότητα σε γιαούρτι επίσης, υπόκειται σε θερμική κατεργασία πριν από την κατάψυξη και τέλος καταμετράται η μικροχλωρίδα κατά το χρόνο της κατανάλωσης (Mitten, 1989, Kimbrell et al, 1990, Rothwell 1993, Childs 1994, Anon 1995a, 1996, Westerbeek, 1995a, b, 1996). Ωστόσο, ο Westerbeek (1996) έχει επισημάνει ότι, στην Ολλανδία, οι προδιαγραφές για το παγωτό γιαούρτι ορίζουν ότι θα πρέπει να περιέχει ένα ελάχιστο περιεχόμενο σε γιαούρτι  $\geq 70\%$  και να έχει  $pH < 5$ , αλλά στις ΗΠΑ, οι καταναλωτές προτιμούν το παγωτό γιαούρτι να έχει υψηλότερο pH. Λίγα στοιχεία είναι διαθέσιμα για την παραγωγή και την αγορά του παγωτού γιαούρτι σε διάφορες χώρες, αλλά,

στις ΗΠΑ, το 1993, ο όγκος της αγοράς ήταν περίπου 550 εκατομμύρια λίτρα (32,158,161).

### 4.3 Ταυτοποίηση Παγωτού Γιαούρτι

Στις περισσότερες χώρες το παγωτό γιαούρτι δεν περιλαμβάνει αναγνωρισμένα πρότυπα ταυτοποίησης στη χημική δομή του, στην περιεκτικότητα γιαουρτιού, στη θερμική κατεργασία και στο ποσοστό καλλιέργειας που χρησιμοποιείται. Έχει καθοριστεί παρόλα αυτά άτυπα μεταξύ των παρασκευαστών ότι το κρύο συστατικό συνιστάται να είναι γάλα αγελάδας, ενώ σε όλες τις χώρες που έχουν συμφωνήσει σε κάποια βασικά πρότυπα κατά την παρασκευή του προϊόντος απαιτείται να γίνεται ζύμωση με προσθήκη βακτηρίων στο γάλα. Οι μόνοι κανονισμοί που υπάρχουν ως τώρα για το προϊόν αυτό αφορούν το γιαούρτι που εμπεριέχεται στο μίγμα του οποίου το ποσοστό συνήθως κυμαίνεται γύρω στο 10-20% του συνολικού βάρους του μίγματος. Άτυποι κανόνες θέτουν ως χαμηλότερη ανεκτή τιμή οξύτητας για το προϊόν αυτό 0,3% (υπολογισμένο ως γαλακτικό οξύ), ενώ άλλοι θέτουν όρια στον αριθμό ζωντανών βακτηρίων που πρέπει να υπάρχουν στο προϊόν μετά την παρασκευή του.

Το γεγονός ότι δεν υπάρχουν πρότυπα ταυτοποίησης για το παγωτό γιαούρτι επιτρέπει στους παρασκευαστές να παράγουν, όπως χαρακτηρηστικά ονομάζεται, γιαούρτι με συμπληρώματα «παγωμένου γάλακτος» (ice milk – παλαιός όρος για προϊόν lowfat που μοιάζει πολύ με το παγωτό) και να το προωθούν στην αγορά ως παγωτό γιαούρτι. Δοκιμές έχουν αποδείξει ότι πολλές εταιρείες αυθαιρετούν στην παρασκευή του συγκεκριμένου προϊόντος, καθώς είναι πολύ δύσκολο να δείξουν συμμόρφωση όλοι οι παρασκευαστές με διαφορετικές προδιαγραφές standards μεταξύ των χωρών.

Σύμφωνα με την IICA (International Ice cream Association) για προϊόντα που έχουν παρόμοιες προδιαγραφές με το παγωτό γιαούρτι ισχύουν τα εξής:

- Το προϊόν πρέπει να καταψύχεται υπό συνθήκες ανάδευσης.
- Πρέπει να περιέχει «ασφαλή και κατάλληλα» συστατικά.
- Πρέπει να περιέχει τους μικροοργανισμούς *S.thermophilus* και *L.bulgaricus*.
- Αναλυτική οξύτητα 30% στο μίγμα, ή 15% αύξηση εξαιτίας της δράσης των βακτηρίων.
- Συνιστάται η αποφυγή χρήσης οξέων για την αύξηση της οξύτητας.
- Συνιστάται η αποφυγή χρήσης συντηρητικών που μπορεί να μειώσουν τους ζωντανούς μικροοργανισμούς.
- Το προϊόν να περιέχει περίπου 3,25% λιπαρά γάλακτος, 8,25% στερεά γάλακτος, 1,3 λίβρες συνολικών στερεών / γαλόνι και πυκνότητα 4 λίβρες / γαλόνι.
- Το προϊόν να περιέχει 0,5-2% λιπαρά γάλακτος, όταν ανήκει στην κατηγορία low fat.
- Το προϊόν να περιέχει το πολύ 0,5% λιπαρά γάλακτος, όταν ανήκει στην κατηγορία non-fat.

(168,175,179,182)



#### 4.4 Συστατικά Παγωτού Γιαούρτι

Όσον αφορά τα συστατικά του παγωτού γιαούρτι, είναι τα ίδια με αυτά που χρησιμοποιούνται και στο παγωτό. Δηλαδή σταθεροποιητές, γαλακτωματοποιητές, γλυκαντικά και παράγοντες στερεών (SNF). Με μοναδική διαφορά ότι το παγωτό γιαούρτι περιλαμβάνει επιπλέον την οξυγαλακτική καλλιέργεια και τα (προαιρετικά) προβιοτικά βακτήρια.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται μία προτεινόμενη σύσταση για την παρασκευή παραδοσιακού παγωτού γιαούρτι.

Λιπαρά γάλακτος	2.00
SNF γάλακτος	14.00
Γλυκαντικά	15.0
Σταθεροποιητές	0.35
Νερό	68.65
Σύνολο	200.00

Πίνακας 4.1 Σύσταση % για παρασκευή παγωτού γιαούρτι

Οι αντίστοιχες λειτουργίες τους αναφέρονται κάτωθι.

Οι σταθεροποιητές ελέγχουν την ανακρυστάλλωση και τις απότομες θερμικές μεταβολές που μπορεί να προκληθούν από τη διακύμανση της θερμοκρασίας κατά τη σκλήρυνση και αποθήκευση του προϊόντος. Επιπλέον, αυξάνουν το ιξώδες στο μίγμα, διατηρούν το σχήμα και βελτιώνουν τις ιδιότητες τήξης.

Τα γλυκαντικά επιδρούν στο σημείο πήξης του μίγματος, ελέγχουν το σχηματισμό κρυστάλλων, αλληλεπιδρούν με το νερό και αυξάνουν το ιξώδες και τα στερεά. Ουσιαστικά όμως συνεισφέρουν στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του παγωτού γιαούρτι χάρη στην ικανότητά τους να καλύπτουν την οξύτητα και την αίσθηση του στυφού που προκαλείται από το γαλακτικό οξύ. Εμπλουτίζουν επίσης το κρεμώδες και την απαλότητα που αφήνει το προϊόν, όταν λιώνει στο στόμα.

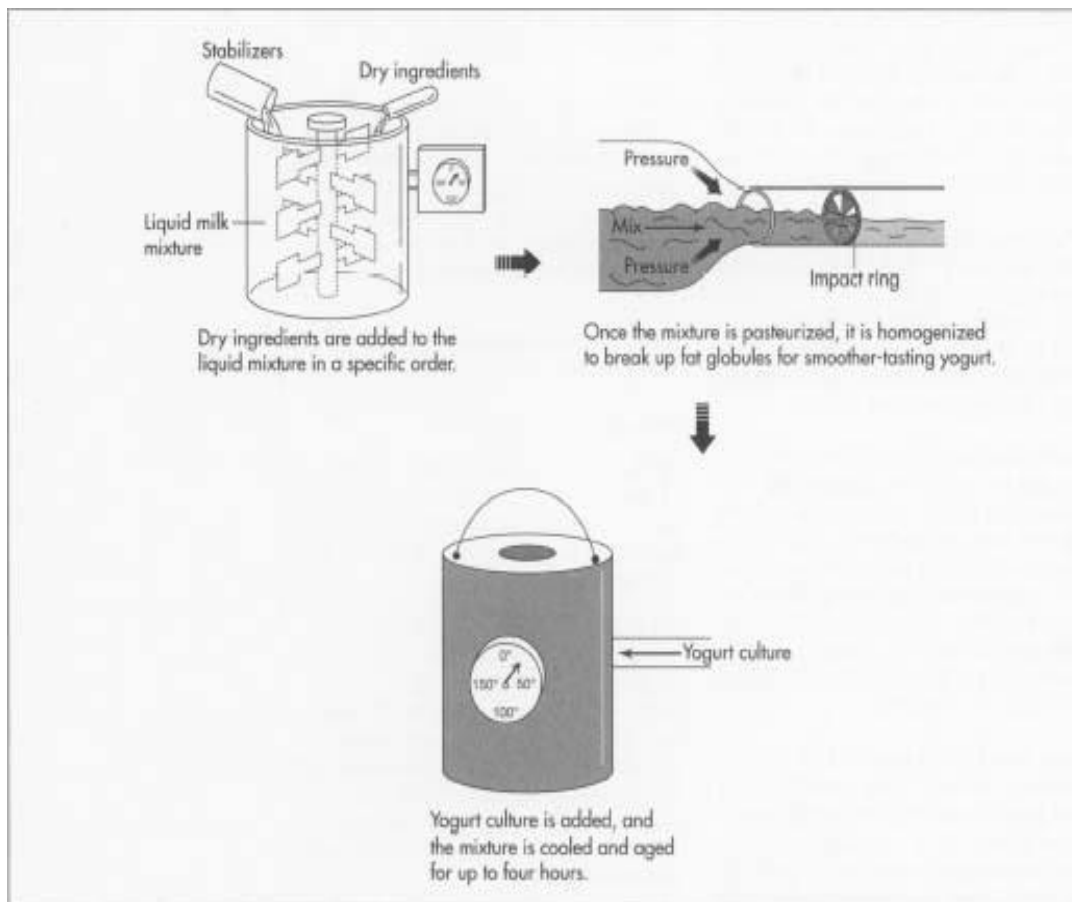
Τα μη λιπαρά στερεά του γάλακτος από τη μεριά τους βελτιώνουν την υφή και το σχήμα, χτίζοντας τη δομή του προϊόντος και προσφέρουν καλύτερη απόδοση και overrun.

Ο πιο σημαντικός παράγοντας επίδρασης όμως στην ποιότητα του παγωτού γιαούρτι, όπως είναι φυσικό είναι τα λιπαρά (160,162-165,180,188).

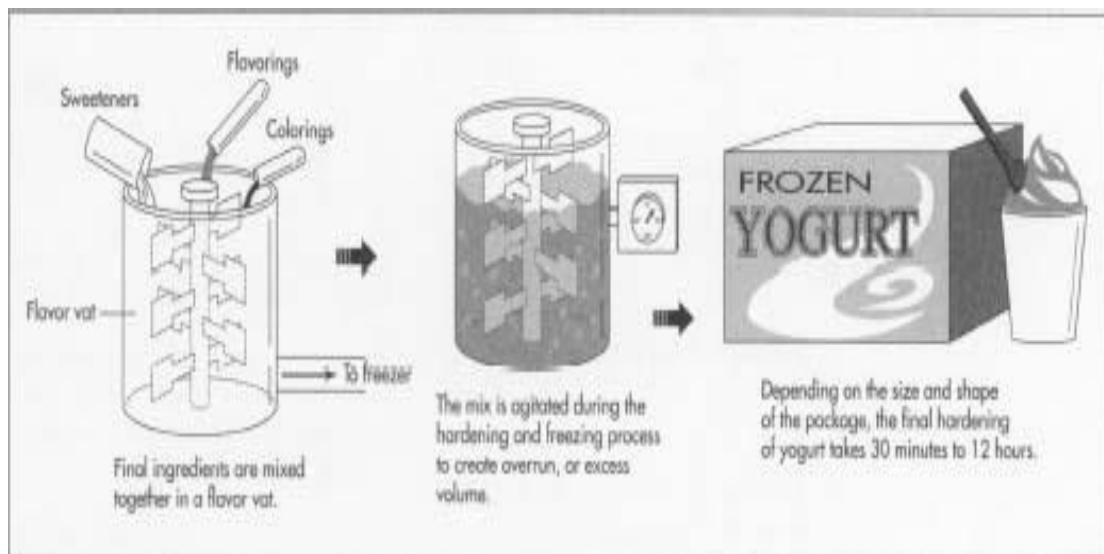
#### 4.5 Τεχνολογία της παρασκευής

Σε γενικές γραμμές, τα διάφορα στάδια που εμπλέκονται στην παραγωγή των διαφόρων τύπων παγωτού γιαούρτι είναι παρόμοια με εκείνα του γιαουρτιού και του παγωτού. Η παραγωγική διαδικασία του παγωτού γιαούρτι διακρίνεται με βάση τη μέθοδο οξίνισης του προϊόντος, το είδος της κατάψυξης και το είδος των βακτηρίων που προτίθενται στο μίγμα παγωτού-γιαούρτι. Μερικές συνταγές για παγωτό γιαούρτι υπήρχαν πριν τη δεκαετία του 1980 και έχουν αναφερθεί από τους Bradley και Winder (1977), Collins (1977), Chandan (1977), Mitten(1977), Grosser (1978), Morris (1979) και Speck και Hansen (1983).

Στις εικόνες 4.1, 4.2 φαίνονται σύντομα και σχηματικά τα βήματα της διαδικασίας παρασκευής.



Εικόνα 4.1 Πρώτα στάδια παρασκευής

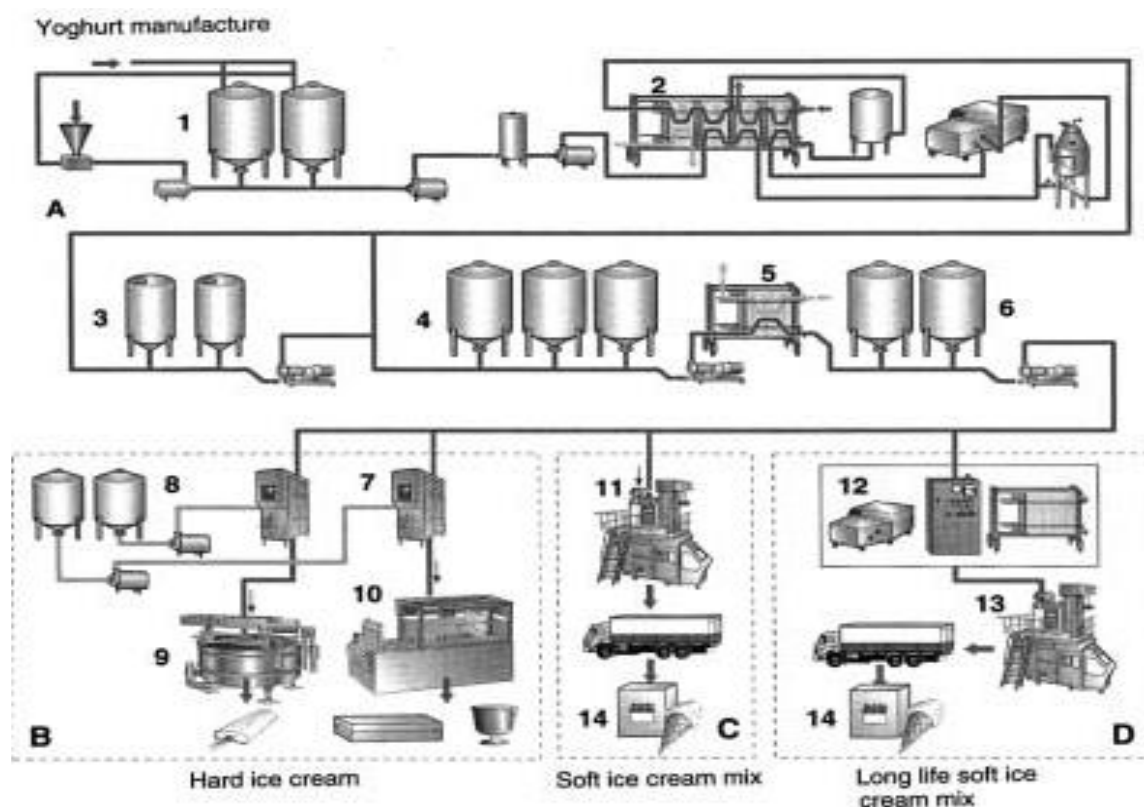


Εικόνα 4.2 Τελικά στάδια παρασκευής

Πιο πρόσφατα, ο McGill (1995), έχει κατοχυρωθεί με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για έναν περιέκτη για ωρίμανση και διανομή κατεψυγμένων προϊόντων συμπεριλαμβανομένων των παγωτών γιαούρτι, ενώ άλλες διεργασίες για την παραγωγή του παγωτού γιαούρτι μπορεί να περιλαμβάνουν:

- καμία ζύμωση της βάσης του γάλακτος
- άμεση ή έμμεση ζύμωση της βάσης του γάλακτος.

Έτσι, τα προϊόντα αυτά μπορεί να παρασκευάζονται από το γιαούρτι ή από ένα μίγμα παγωτού που περιέχει ζάχαρη και γιαούρτι σε αναλογία 50: 50 για να κάνει το κατεψυγμένο γιαούρτι με 89-90% overrun. Επίσης, σε ορισμένες περιπτώσεις το επεξεργασμένο γάλα ή το αρχικό μίγμα παγωτού θα μπορούσαν να εμβολιαστούν με πυκνή καλλιέργεια (starter) ζύμωσης πριν από την κατάψυξη. Το σχήμα 4.1 δείχνει ένα διάγραμμα ροής του εξοπλισμού που απαιτείται για την παραγωγή παγωτού γιαούρτι, και τα ακόλουθα διπλώματα ευρεσιτεχνίας δίνουν κάποιες επιπλέον πληροφορίες.



Σχήμα 4.1 Απλοποιημένο διάγραμμα ροής για την παραγωγή κατεψυγμένου γιαουρτιού: 1.δεξαμενές μίξης, 2. Παστερίωση, 3. Δεξαμενές εκκίνησης 4.Δεξαμενές επώασης, 5.Ψυγείο, 6.Δεξαμενές buffer, 7.Καταψύκτης παγωτού, 8.Δεξαμενές αρώματος, 9.Γραμμή κατάψυξης, 10.κύπελλο/κώνος πλήρωσης, 11.Συσκευασία, 12.Επεξεργασία UHT, 13.Ασηπτική συσκευασία, 14. Μηχανή «μαλακού πάγου» στο κατάστημα.

Παρά το γεγονός ότι οι διαδικασίες για την παρασκευή του παγωτού γιαούρτι έχουν καθιερωθεί, οι ακόλουθες συστάσεις μπορούν να βοηθήσουν στην εξάλειψη των πιθανών ελαττωμάτων.

- (α) Να επιβεβαιώνεται ότι το σιρόπι φρούτων (αν προβλέπεται) είναι παστεριωμένο και, εκτός από την περίπτωση της παραγωγής μους τύπου γιαουρτιού παγωτό, να είναι κρύο πριν από την προσθήκη του στο γιαούρτι.
- (β) Να αναμιγνύεται απαλά το γιαούρτι και τα υπόλοιπα συστατικά, αφού η έντονη ανάδευση μπορεί να οδηγήσει σε απώλεια της δροσιστικής γεύσης του παγωτού γιαούρτι.
- (γ) Να αντικαθίσταται ο αέρας στο στάδιο της απόδαρσης / κατάψυξης από άζωτο για να επιτευχθεί μεγαλύτερη διάρκεια ζωής για το προϊόν (Jochumsen, 1978).
- (δ) Να αντικαθίσταται ο κανονικός γλυκαντικός παράγοντας (π.χ. ζάχαρη ή / και σιρόπι καλαμποκιού) του προϊόντος από λακτόζη η οποία υδρολύεται στον ορό γάλακτος ή ακόμη και από στέβια.
- (ε) Ο τύπος μους γιαουρτιού παγωτό χωρίς ζάχαρη δεν μπορεί να αποθηκευτεί στους  $<0^{\circ}\text{C}$ , δεδομένου ότι κατά την απόψυξη μπορεί να συμβεί συναίρεση του ορού γάλακτος και έπειτα μία μερική κατάρρευση του αφρού λαμβάνει χώρα.

Οι χημικές συνθέσεις ορισμένων εμπορικών frozen yogurt στην αγορά των ΗΠΑ φαίνονται στον Πίνακα 4.1. Τα δεδομένα δείχνουν μία μεγάλη ποικιλία ως προς τα συστατικά του γάλακτος που χρησιμοποιείται. Ο Meyer (1989) παρουσίασε μία πλήρη και λεπτομερή σύγκριση συστατικών σε παγωτά γιαούρτι που κυκλοφορούσαν στις ΗΠΑ εκείνη την περίοδο. Η περιεκτικότητα σε λίπος στο μίγμα μπορεί να επηρεάσει την ποιότητα των παγωτών γιαούρτι. Οι Venkateshaiah et al. (1994, 1996) ανέφεραν ότι ένα επίπεδο λιπαρών έως 5g/100g παρήγαγε το πλέον αποδεκτό γιαούρτι παγωτό, ενώ στην Αίγυπτο συνιστάται, 10 g λίπους/100g. Το overrun αυξάνεται με την αύξηση της περιεκτικότητας σε λιπαρά.

Έτσι, κατά την προετοιμασία του βασικού μίγματος, ένας αριθμός από συστατικά θα χρησιμοποιηθούν, εκτός από το γιαούρτι. Αυτά τα συστατικά είναι σημαντικό τα λίπη και SNF που περιέχουν να υπολογίζονται σωστά για να επιτευχθεί ένα ισορροπημένο μίγμα. Η αλγεβρική μέθοδος υπολογισμού συνιστάται, ειδικά όταν πρέπει να ληφθούν υπόψη τα οικονομικά δεδομένα της επιχείρησης και η ποιότητα του τελικού προϊόντος. Υποθετικά παραδείγματα έχουν αναφερθεί από τους Hyde και Rothwell (1973) και τους Marshall και Arbuckle (1996) για την παρασκευή των μιγμάτων παγωτού και αυτά τα παραδείγματα θα μπορούσαν επίσης να εφαρμόζονται για το παγωτό γιαούρτι. Οι Goodâ et al. (1993) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι, ενώ το χαμηλό pH βελτιώνει το overrun του παγωτού γιαούρτι, τα προϊόντα αυτά κερδίζουν ελαφρώς χαμηλότερες οργανοληπτικές βαθμολογίες μετά από 60 ημέρες αποθήκευσης από παρόμοια προϊόντα που καταψύχονται σε pH 5. Τα SNF του βασικού γάλακτος μπορούν να ρυθμιστούν χρησιμοποιώντας διαφορετικά συστατικά, όπως για παράδειγμα ένα 50:50 εναιώρημα που παρασκευάζεται από σόγια και αποβουτυρωμένο γάλα ή βουτυρόγαλα (Rajasekaran και Rajor, 1989), UF γάλακτος και προσθήκη προϊόντων υδρόλυσης WPC, αποβουτυρωμένο γάλα, SMP, γιαούρτι, κρέμα ή φυτικά έλαια και σακχαρόζη ή μαλτοδεξτρίνη, συμπυκνωμένο ορό γάλακτος ακόμη και στέβια. Ο συνδυασμός του λίπους (10 g/100g) και της καλλιέργειας εκκίνησης ζύμωσης (3%) συνιστάται ιδιαίτερα από τους Salem et al. (1994a, b) για την παραγωγή παγωτού γιαούρτι. Ωστόσο, η επιβίωση του S.

thermophilus και *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* σε γιαούρτι παγωτό έχει μεγάλη σημασία, προκειμένου να διατηρηθεί η θεραπευτική εικόνα του προϊόντος. Οι Bielecka et al. (1982, 1988) ανέφεραν ότι δεν παρατηρήθηκε κανενός είδους αδρανοποίηση των οργανισμών εκκίνησης στο παγωτό γιαούρτι μετά από 10 μήνες αποθήκευσης στους -25 °C, και ο Stenby (1993) επανέλαβε τη σημασία της χρήσης ειδικών καλλιέργειών για το παγωτό γιαούρτι. Η βιωσιμότητα της starter καλλιέργειας σε παγωτό γιαούρτι έχει μελετηθεί από πολλούς ερευνητές (Miles και Leeder, 1981, Mashayekh και Brown, 1992, Brown et al, 1991b, Whithead et al., 1993, Childs, 1994, Frison και Agostini, 1994, Thompson και Mistry, 1994, Hong et al., 1996, Andreini, 1997), και οι παρατηρηθείσες διαφορές στις εκάστοτε μετρήσεις θα μπορούσαν να αποδοθούν σε διάφορες αιτίες.

Παρόλα αυτά, οι Mashayekh και Brown (1992), και Thompson και Mistry (1994) έχουν αναφέρει κάποια μείωση στην ενεργότητα της β-γαλακτοσιδάσης (δηλαδή περίπου 70%) σε παγωτό γιαούρτι και, σε ακραίες περιπτώσεις, η πολύ χαμηλή δραστηριότητά της κάνει το προϊόν μη αποδεκτό για τους καταναλωτές που έχουν δυσανεξία στη λακτόζη. Ωστόσο, η βελτίωση της επιβίωσης των βακτηρίων γιαουρτιού στο παγωμένο προϊόν έχει επιτευχθεί χρησιμοποιώντας μία μέθοδο που ονομάζεται microentrapment. Οι Halambek et al. (1984) ανέφεραν ότι η χρήση καθαρού EPS που παράγει καλλιέργειες εκκίνησης ζύμωσης δεν ήταν κατάλληλη για την παραγωγή παγωτού γιαούρτι, επειδή ο πολυσακχαρίτης παρενέβαινε στον συνυπολογισμό του λίπους και καζεΐνης. Το τυπικό αυτό ελάττωμα μπορεί να ελαχιστοποιηθεί χρησιμοποιώντας ένα μίγμα από μη-EPS και EPS οργανισμούς (starter).

Η αποδοχή του παγωτού γιαούρτι από τον καταναλωτή ποικίλλει ανάλογα με τη χώρα, όπως και ανάλογα με τα είδη των δοχείων που χρησιμοποιούνται για τη συσκευασία του προϊόντος (166,170-174,176-178,181,183,186,188).

#### **4.6 Παραλλαγές στη μέθοδο παρασκευής**

Το παγωτό γιαούρτι μπορεί να παρασκευαστεί επιτυχώς και από γάλα προβάτου και βουβάλου. Αν όμως ο στόχος είναι η παραγωγή προϊόντος που να είναι χαμηλό σε θερμίδες, τότε πρέπει να δοθεί προσοχή στην περιεκτικότητα του γάλακτος που θα χρησιμοποιηθεί, ώστε να είναι χαμηλή σε συνολικά στερεά. Εναλλακτική μέθοδο αποτελεί η χρήση υποκατάστατων λιπαρών ή τεχνητών γλυκαντικών όπως για παράδειγμα η χρήση στέβιας. Δυστυχώς, δεν υπάρχουν πολλές επιστημονικές έρευνες πάνω στη χρήση υποκαταστατών και των επιδράσεων που μπορεί να προκαλέσουν στο συγκεκριμένο τρόφιμο. Το 1991 έλαβε χώρα μία μελέτη από τους L.J. Orpahl et al. βάσει της οποίας χρησιμοποιήθηκαν συμπυκνώματα πρωτεϊνών ορού (WPC) ως αντικαταστάτες στερεών του γάλακτος. Στην προκειμένη περίπτωση για την παραγωγή προϊόντος με οξύτητα 43% παρασκευάστηκε διάλυμα WPC το οποίο στη συνέχεια εμβολιάστηκε με γαλακτικά βακτήρια. Τη μεγαλύτερη αποδοχή από τους δοκιμαστές φάνηκε να έχει το παγωτό γιαούρτι με υποκατάσταση 100% των στερεών του από WPC.

Σε κάποιες χώρες, το παγωτό γιαούρτι παρασκευάζεται από αποβουτυρωμένο γάλα, τεχνητά γλυκαντικά με ασπαρτάμη, πολυεστέρες σακχαρόζης και καλλιέργεια μικροοργανισμών για την ζύμωση του προϊόντος

πριν την κατάψυξη. Αντί για σακχαρόζη φυσικά μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν υποκατάστατα υδατανθρακικής βάσης. Οι Collier και Cardwell από την άλλη πρότειναν ως μέθοδο παρασκευής την ανάμιξη γιαουρτιού με μίγμα παγωτού (σε αναλογία 40:60) με προσθήκη σιροπιού δεξτρόζης (8%) (160,167,187).

#### **4.7 Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά & Φυσικοχημικές ιδιότητες**

Σημαντικό ρόλο στο παγωτό γιαούρτι παίζουν και τα οργανοληπτικά του χαρακτηριστικά. Για παράδειγμα η υψηλή όξινη γεύση του προϊόντος την εποχή του 1970 το έθετε μη αποδεκτό στο καταναλωτικό κοινό.

Ενδιαφέρον παρουσίασε η έρευνα των Barnes et al. (1991) σύμφωνα με την οποία η αποδοχή του παγωτού γιαούρτι σχετιζόταν με τη γλυκύτητα του (ποσοστό ζάχαρης) και όχι με τη στυφή ή όξινη γεύση του προϊόντος.

Η παρουσία ζωντανών και δραστικών βακτηρίων στο παγωτό γιαούρτι, τα οποία είναι ικανά να μεταβολίζουν και να παράγουν συστατικά του προϊόντος, προκαλούν σημαντικές αλλαγές στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του. Τα βακτήρια αυτά παράγουν για παράδειγμα γαλακτικό οξύ από το μεταβολισμό της λακτόζης. Το γαλακτικό οξύ είναι αυτό που δίνει στο γιαούρτι το έντονο, όξινο χαρακτηριστικό άρωμα/γεύση του γιαουρτιού.

Κατά συνέπεια λοιπόν η ίδια ιδιότητα παίζει εξίσου σημαντικό ρόλο και στο παγωτό γιαούρτι. Αρκετές έρευνες εξέλιξαν το προϊόν παγωτό γιαούρτι σε γεύσεις βανίλιας, σοκολάτας και καφέ με διαφορετική κλίμακα οξύτητας. Τα βασικά συμπεράσματα ήταν ότι το παγωτό γιαούρτι με χαμηλή οξύτητα (0.28%-0.38%) εμφάνιζε την υψηλότερη ποιότητα, ενώ αυτά με υψηλά επίπεδα οξύτητας (0.76%-1.24%) αντίστοιχα τη χαμηλότερη. Αντίστοιχα συμπεράσματα προέκυψαν και για το pH. Σε οργανοληπτικές μελέτες φάνηκε ότι το παγωτό γιαούρτι με pH 4,7 και πάνω, ήταν περισσότερο αποδεκτό από χαμηλότερα pH. Ενδιαφέρον παρουσίασε η μελέτη των Hauge et al. που δοκίμασαν 33 διαφορετικά συστατικά, με σκοπό να εμπλουτίσουν τη γεύση του παγωτού γιαούρτι. Βάσει λοιπόν της μελέτης βρέθηκε ότι γεύσεις όπως καφές, μήλο, grapefruit, αχλάδι, μαύρη σταφίδα και βανίλια κρίθηκαν ακατάλληλες για να προσθεθούν στο παγωτό γιαούρτι. Τη μεγαλύτερη οργανοληπτική τιμή πήρε το ροδάκινο και ακολούθησαν το βύσσινο και η φράουλα (184,185,188).

## 5. ΠΡΟΒΙΟΤΙΚΟ ΠΑΓΩΤΟ ΓΙΑΟΥΡΤΙ

Ο πιο προφανής λόγος που το παγωτό γιαούρτι έχει μεγάλη αποδοχή από τους καταναλωτές είναι ότι η παρουσία βακτηρίων στο προϊόν συμβάλλει θετικά στο πρόβλημα δυσανεξίας της λακτόζης, ενώ ταυτόχρονα εμφανίζει ευεργετικές λειτουργίες στην υγεία του ανθρώπου (προβιοτικά βακτήρια). Στο παγωτό γιαούρτι μπορεί να γίνει προσθήκη και πρεβιοτικών συστατικών, με σκοπό να εξασφαλιστεί η επιβίωση των προβιοτικών στην περιοχή του εντέρου στον οργανισμό ξενιστή.

Στο παγωτό γιαούρτι έχει αποδειχθεί ότι μπορούν να ενσωματωθούν επιτυχώς προβιοτικά βακτήρια όπως τα bifidobκτήρια ή *L.acidophilus*. Τα *Bifidobacteria* χωρίζονται σε ανθρώπινης προέλευσης και ζωικής. Τα πρώτα είναι αυτά που χρησιμοποιούνται κυρίως στην παραγωγή παγωτού γιαούρτι όπως *B.bifidum*, *B.infantis*, *B.breve*, και *B.adolescentis*. Επιστημονικές έρευνες συνιστούν μικρότερη δυνατή ποσότητα *Bifidobacteria*  $10^7$  cfu σε φρέσκα γαλακτοκομικά προϊόντα.

Οι μικροοργανισμοί *B.bifidum*, και *L.acidophilus* βάσει πειραμάτων δείχνουν να επιβιώνουν σε υψηλά pH (με περιεκτικότητα  $3,6 * 10^6$  cfu/mL μετά από 8 εβδομάδες αποθήκευση σε  $-29\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Η ίδια παρατήρηση έγινε και για το μικροοργανισμό *Bifidobacterium longum*. Ερευνητικά πειράματα έλαβαν χώρα και σε άλλες περιεκτικότητες. Κοινή παρατήρηση ήταν η πρόβλεψη μίας μικρής πτώσης στην ποσότητα μικροοργανισμών πριν και μετά την κατάψυξη λόγω της ενσωμάτωσης του αέρα κατά τη διάρκεια της ανάδευσης και της κατάψυξης. Η πρόοδος στο συγκεκριμένο προϊόν έχει φτάσει στη χρήση φυσικών λιπαρών αντί για λιπαρά γάλακτος, ενώ προτείνεται παγωτό γιαούρτι χωρίς λιπαρά, χωρίς χοληστερόλη και χωρίς ζάχαρη. Η μελέτη των Davidson et al. (2000) έδειξε ότι η προσθήκη προβιοτικών βακτηρίων στο παγωτό γιαούρτι μπορεί να επηρεάσει τη διάρκεια ζωής των γαλακτικών μικροοργανισμών, ενώ ταυτόχρονα μπορεί να παρατηρηθεί αύξηση των ζωντανών και δραστικών προβιοτικών μικροοργανισμών. Αύξηση προβιοτικών βακτηρίων (*Bifidobacteria*) τα οποία προστέθηκαν σε παγωμένο επιδόρπιο αιγυπτιακής προέλευσης (*zabary*) παρατηρήθηκε και από τους Kebary et al. (1996). Η δράση των προβιοτικών βακτηρίων προκαλεί αλλαγές στη χημεία του προϊόντος, με αποτέλεσμα να μεταβάλλονται τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά. Ενδιαφέρον μεγάλο όμως προκάλεσε και η έρευνα των Hong et al. (1996) βάσει της οποίας μελετήθηκαν τρεις διαφορετικές καλλιέργειες προβιοτικών βακτηρίων (διαθέσιμων στην αγορά) στο παγωτό γιαούρτι. Εξετάστηκαν οι επιδράσεις τους στη δομή, τη γεύση και την υφή του προϊόντος και παρατηρήθηκαν διαφορές στη σκληρότητα, τη συνεκτικότητα και την ελαστικότητα παρά στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά μεταξύ των τριών τύπων. Οι R. H. Davidson et al. (1999) υποστηρίζουν ότι τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά προϊόντων με προβιοτικά βακτήρια διαφέρουν από αυτά με συμβατική καλλιέργεια γιαουρτιού. Εξηγούν ότι καθώς οι καρβονυλικές ενώσεις όπως είναι το γαλακτικό και το οξικό οξύ, η ακεταλδεΐδη, η ακετόνη και άλλα παράγονται από την ζύμωση της λακτόζης και διάφορων πρωτεϊνών μεταβάλλοντας τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του προϊόντος, έτσι και τα προβιοτικά βακτήρια μπορεί να επηρεάζουν τις ιδιότητες γεύσης και αρώματος. Επισημαίνουν επίσης ότι η χρήση γλυκαντικών ουσιών στο προϊόν μπορεί να παρεμποδίσει την ανάπτυξη των

μικροοργανισμών. Κρίνεται επίσης σημαντικό να προστεθεί ότι στην ίδια μελέτη εξετάστηκε η βιωσιμότητα των προβιοτικών βακτηρίων στις συνθήκες παρασκευής του παγωτού γιαούρτι και παρατηρήθηκε ότι η καταστροφή τους ήταν πολύ μικρή, με αποτέλεσμα το ποσοστό που απιβίωσε να κριθεί αρκετό, ώστε να προσφέρει τις θεραπευτικές του ιδιότητες σε έναν οργανισμό.

## 5.1 Βιωσιμότητα Μικροοργανισμών

Το μελανό σημείο, όπως είναι ήδη γνωστό, στην παραγωγή προϊόντων με υψηλά ποσοστά προβιοτικών βακτηρίων, είναι ότι παρεμποδίζονται συνήθως από το χαμηλό pH του προϊόντος και την κατεργασία κατάψυξης, όπου τα βακτήρια παρουσιάζουν μεγάλη ευπάθεια.

Σε πειράματα που έγιναν πάνω στα βακτήρια *L.acidophilus* και *B.longum* για το παγωτό παρατηρήθηκε απώλεια μετά από 17 εβδομάδες αποθήκευσης στους  $-29^{\circ}\text{C}$ , ενώ παράλληλα μειώθηκε και η δράση της β-γαλακτοζιδάσης (Hekmat και McMahon 1992). Αντίστοιχες μελέτες έλαβαν χώρα για την αντοχή των βακτηρίων σε σχέση με το όξινο περιβάλλον του προϊόντος. Βάσει διαφόρων ερευνών που έγιναν πάνω στο συγκεκριμένο ζήτημα, παρατηρήθηκε ότι κάποια συστατικά μπορεί να λειτουργήσουν ως ανασταλτικοί παράγοντες στη μείωση των βακτηρίων και να κάνουν τους μικροοργανισμούς λίγο πιο ψυχροανθεκτικούς.

Ένα άλλο πρόβλημα που προέκυψε με το παγωτό γιαούρτι είναι το ποσοστό οξυγόνου που ενσωματώνεται στο μίγμα με το overrun του. Συγκεκριμένες μελέτες πάνω στην επιβίωση του μικροοργανισμού *B. longum* έδειξαν ότι το οξυγόνο είναι επιβλαβές για το μικροοργανισμό αυτό. Αξιοσημείωτο είναι βέβαια για κάθε περίπτωση ότι κάτω από τις κατάλληλες συνθήκες τα κατεστραμμένα κύτταρα μπορούν να διορθώσουν οποιαδήποτε αλλοίωση και να γίνουν και πάλι δραστικά.

Το τελευταίο εμπόδιο που έχουν να συναντήσουν οι μικροοργανισμοί καλλιέργειας είναι το περιβάλλον του στομαχιού. Για να καταφέρουν να αποδώσουν τις ευεργετικές τους λειτουργίες, τα βακτήρια πρέπει πρώτα να καταφέρουν να επιβιώσουν από τις έντονες συνθήκες pH του στομαχιού. Σύμφωνα λοιπόν με έρευνες οι βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη βιωσιμότητα προβιοτικών βακτηρίων στο παγωτό γιαούρτι και γενικότερα στα γαλακτοκομικά προϊόντα αναφέρονται παρακάτω:

- pH
- Οξυγόνο
- Θερμοκρασία επώασης
- Παρουσία πρόσθετων
- Συσκευασία
- Θερμοκρασία συντήρησης.

## 5.2 Τεχνικές Ενίσχυσης της Βιωσιμότητας Μικροοργανισμών

Έχουν εφαρμοστεί διάφορες τεχνικές, κάποιες από τις οποίες αναφέρονται και παραπάνω, και σε βιομηχανικό και σε ερευνητικό επίπεδο με στόχο την ενίσχυση και βελτίωση της βιωσιμότητας των βακτηρίων.



Μία από αυτές αποτελεί και η ζύμωση δύο σταδίων. Δεδομένου ότι τα συμβατικά βακτήρια γιαουρτιού αναπτύσσονται γρηγορότερα σε σχέση με τα προβιοτικά, έχει προταθεί η ζύμωση να ξεκινά με τους προβιοτικούς μικροοργανισμούς (για 2 h) και στη συνέχεια να ακολουθεί η προσθήκη των παραδοσιακών βακτηρίων. Η διαδικασία αυτή επιτρέπει στα προβιοτικά βακτήρια να προσαρμοστούν πιο εύκολα στο περιβάλλον και να αναπτυχθούν.

Η κυτταρική ρήξη των συμβατικών βακτηρίων αποτελεί μία ακόμη μέθοδο ενίσχυσης της βιωσιμότητας αυτών. Για την ακρίβεια, όταν προκαλείται κυτταρική ρήξη στα συμβατικά βακτήρια του γιαουρτιού, απελευθερώνεται το ενδοκυτταρικό ένζυμο β-γαλακτοζιδάση, με αποτέλεσμα την επαύξηση της δράσης της. Τα προϊόντα της υδρόλυσης της λακτόζης από τη β-γαλακτοζιδάση χρησιμοποιούνται άλλωστε από τα προβιοτικά βακτήρια για την ανάπτυξή τους.

Λύση στο συγκεκριμένο πρόβλημα θα μπορούσε να θεωρηθεί και η προσαρμοστικότητα των μικροοργανισμών, καλλιεργώντας αυτούς αρχικά σε ένα ηπιότερο περιβάλλον από αυτό για το οποίο προορίζονται.

Τέλος, αξίζει να αναφερθεί η τεχνική του μικροεγκλεισμού, η οποία εφαρμόζεται στη βιομηχανία τροφίμων και σκοπό έχει την προφύλαξη της βιωσιμότητας των προβιοτικών βακτηρίων, τόσο στο εδωτερικό του τροφίμου όσο και κατά τη διάβασή τους από το γαστρεντερικό σύστημα. Αυτό επιτυγχάνεται με τη συγκράτηση - εγκλεισμό των βακτηριακών κυττάρων σε μία μεμβράνη που έχει ρόλο τη μείωση των βλαβών και απωλειών των κυττάρων. Η απομόνωση λαμβάνει χώρα έως τη στιγμή που θεωρείται ότι η απελευθέρωση του λειτουργικού συστατικού είναι επιθυμητή.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ III : ΣΤΕΒΙΑ

### 6. ΣΤΕΒΙΑ

#### 6.1 Εισαγωγή και Ιστορικά στοιχεία

Ανάμεσα στις λίγες βοτανικές ανακαλύψεις αρκετά σημαντική θεωρείται η διαπίστωση ότι τα φύλλα της *Stevia rebaudiana* (Bertoni) Bertoni (Compositae) είναι τόσο πολύ γλυκά. Δεν είναι σαφές πότε αυτό έγινε γνωστό αυτό για πρώτη φορά, αλλά η παρατήρηση τέθηκε υπόψη της επιστημονικής κοινότητας περίπου εκατό χρόνια πριν. Ο Bertoni περιέγραψε και ταξινόμησε επιστημονικά τη στέβια το 1899. Για τη γλυκιά της γεύση ανέφερε χαρακτηριστικά: "Αν βάλει κανείς στο στόμα ένα μικρό κομματάκι φύλλο ή κλαδάκι, θα εκπλαγεί από την παράξενη και εντονότατη γλυκύτητά του. Ένα κομματάκι λίγων τετραγωνικών χιλιοστών φτάνει για να κρατήσει το στόμα γλυκό για μία ώρα. Λίγα μικρά φύλλα αρκούν για να γλυκάνουν ένα φλυτζάνι δυνατού καφέ ή τσαγιού". Ο Βρετανός πρόξενος στην Ασουνσιόν της Παραγουάης, Cecil Gosling, αποδίδει την ανακάλυψη της γλυκύτητας του φυτού *S. rebaudiana* στον ιταλο-ελβετικής καταγωγής βοτανολόγο, Dr Moisés S. Bertoni. Ο Bertoni ονόμασε τη νέα αυτή ποικιλία της στέβιας *Rebaudiana*, προς τιμήν του Παραγουανού χημικού Ovidio Rebaudi, που πρώτος απομόνωσε με εκχύλιση τα γλυκά συστατικά του φυτού. Δικαιολογημένα οι Παραγουανοί θεωρούν τη στέβια ως "εθνικό προϊόν" και επιδιώκουν η χώρα τους να χαρακτηριστεί ως "χώρα προέλευσης" του φυτού.

Κατά τη διάρκεια του εικοστού αιώνα, το γηγενές αυτό παραγουανικό είδος και τα γλυκά συστατικά του αποτέλεσαν αντικείμενο πάνω από 1000 επιστημονικών εργασιών και αιτήσεων διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας, με αποτέλεσμα η *S. rebaudiana* να έχει γίνει ένα σημαντικό οικονομικό φυτό λόγω της εμπορικής του χρήσης για γλυκαντικούς και αρωματικούς σκοπούς. Η στεβιοσίδη, το πιο άφθονο γλυκό συστατικό των φύλλων του είδους, και ένας διγλυκοζίτης *ent-kaurene* διτερπενίου, απομονώθηκε για πρώτη φορά σε ακάθαρτη μορφή την πρώτη δεκαετία του εικοστού αιώνα, αλλά η τελική αποσαφήνιση της δομής του συνέβη σχεδόν εξήντα χρόνια αργότερα. Στη δεκαετία του 1970, η ομάδα του καθηγητή Osamu Tanaka στο Πανεπιστήμιο της Χιροσίμα στην Ιαπωνία απομονωσε τη ρεμπαουδιοσίδη A, το δεύτερο μεγαλύτερο γλυκό διγλυκοζίτη *ent-kaurene* διτερπενίου από φύλλα *S. rebaudiana*.

Αργότερα, έξι περαιτέρω λιγότερο πλούσιοι σε γλυκιά γεύση γλυκοζίτες απομονώθηκαν από αυτό το είδος, δηλαδή, η *dulcoside* A, *rebaudiosides* BE, και *steviolbioside*. Η *Stevia rebaudiana* είναι σίγουρα πολύ ασυνήθιστη στη συσσώρευση δευτερογενών μεταβολιτών όπως η στεβιοσίδη και η ρεμπαουδιοσίδη A σε τόσο μεγάλη αφθονία στα φύλλα της. Επιπλέον, η *S. Rebaudiana* αποτελεί μία «ανωμαλία» στο γένος *Stevia*, δεδομένου ότι κανένα από τα άλλα 230 περίπου είδη αυτού που απαντώνται τόσο στο Βορρά όσο και στο Νότο των Η.Π.Α. δεν έχουν βρεθεί ποτέ να πληρούν τις ίδιες προϋποθέσεις για την παραγωγή αυτών των γλυκών ενώσεων σε υψηλά επίπεδα. Πολλοί δευτερογενείς μεταβολίτες από τη *S. Rebaudiana*, εκτός από τους προαναφερθέντες, έχουν τώρα απομονωθεί και ταυτοποιηθεί. Τυποποιημένα εκχυλίσματα της *S. Rebaudiana* και καθαρή στεβιοσίδη

άρχισαν να χρησιμοποιούνται εμπορικά για τις γλυκαντικές και αρωματικές τους ιδιότητες σε τρόφιμα και ποτά στην Ιαπωνία στα μέσα της δεκαετίας του 1970, προκειμένου να υποκαταστήσουν αρκετές συνθετικές γλυκαντικές ουσίες που είχαν απαγορευθεί από την αγορά εκεί εκείνη την περίοδο. Μέχρι το 1987, τα εκχυλίσματα της *S.rebaudiana* που περιέχουν στεβιοσίδη κατέλαβαν το 41% του «υψηλής έντασης» γλυκαντικού στην αγορά της Ιαπωνίας, αλλά αυτό ήταν πριν από την ανάπτυξη της ασπαρτάμης.

Επί του παρόντος, η μεγαλύτερη και πιο διαφοροποιημένη χρήση της στεβιοσίδης παραμένει στην Ιαπωνία, αν και αυτή η ένωση χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο στη Νότια Κορέα, όπου η κύρια χρήση είναι η γλύκανση των αλκοολούχων ποτών, soju . Η στεβιοσίδη αναφέρεται ως εγκεκριμένο γλυκαντικό στη Βραζιλία, αλλά και άλλες χώρες της Νότιας Αμερικής. Αντίθετα, στη Βόρεια Αμερική και στις 15 χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η στεβιοσίδη δεν είχε εγκριθεί ως υποκατάστατο της σακχαρόζης μέχρι σχετικά πρόσφατα. Ωστόσο, στην πράξη, τα εκχυλίσματα της *S. Rebaudiana* έχουν χρησιμοποιηθεί αρκετά εκτεταμένα στις Ηνωμένες Πολιτείες και σε ορισμένες χώρες της Δυτικής Ευρώπης, ως συμπλήρωμα διατροφής (Bonvie και Bonvie 1996, Moroni 1999). Στον πίνακα 6.1 αναφέρονται ενδεικτικά ορισμένες χώρες, όπου η Στέβια καλλιεργείται και ερευνάται.

Χώρα / Περιοχή	Εμπορική Έρευνα Παραγωγής <sup>1</sup> .	Μη Γεωργική Έρευνα.	Εγκρίθηκε για χρήση.
Νότια Αμερική-Παραγουάη Ουρουγουάη / Βραζιλία	++ ++ ++ ++	++ ++	++
Κεντρική Αμερική Μεξικό	+ +	 +	+ +
ΗΠΑ. Καναδάς	 +	++ +	
Κίνα Βιετνάμ Ταϊβάν	++ ++ + ++ + +	++ ++ +	+++ + ++
Ιαπωνία Νότια Κορέα	+ ++ + ++	++ ++	+++ ++
Ταϊλάνδη Μαλαισία	+ ++ + +	+ +	+ +
Ινδονησία Ινδία	 +	 +	+ +
Γεωργία Ρωσία	 +	+ ++ ++	+ +
Ουκρανία / Μολδαβία Ισπανία	+ + + +	+ +	
Ιταλία Ηνωμένο Βασίλειο	 +	+ +	
Γερμανία Σουηδία	 +	+ +	+ +

Πίνακας 6.1 Χώρες όπου η Στέβια καλλιεργείται και ερευνάται

<sup>1</sup>: Η εμπορική παραγωγή (στήλη 2) αποκλείει τις μικρές ποσότητες που καλλιεργούνται για οικιακή χρήση (193-216)

## 6.2 Νομοθεσία

Η χρήση των γλυκοζιτών στεβιόλης ως γλυκαντικών εγκρίθηκε από την Ευρωπαϊκή Ένωση με τον Κανονισμό (ΕΕ) αριθ. 1131/2011 της Επιτροπής της 11ης Νοεμβρίου 2011 για την τροποποίηση του παραρτήματος II του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 1333/2008 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου όσον αφορά τους γλυκοζίτες στεβιόλης. Στον κανονισμό (ΕΕ) 231/2012 της Επιτροπής συμπεριλαμβάνονται οι προδιαγραφές (κριτήρια καθαρότητας) των γλυκοζιτών στεβιόλης, καθώς και σύντομη περιγραφή της διαδικασίας απομόνωσης και καθαρισμού των γλυκοζιτών. Σκοπός της παρούσας εγκυκλίου είναι να καθορισθεί ο τρόπος με τον οποίο θα γίνεται η επισήμανση/παρουσίαση/διαφήμιση των τροφίμων που περιέχουν γλυκοζίτες στεβιόλης.

Πιο αναλυτικά όσον αφορά την επισήμανση/παρουσίαση/διαφήμιση:

- Σύμφωνα με τον Κ.Τ.Π., άρθρο 11, παράγραφος 5, εδάφιο δ, τα συστατικά που ανήκουν σε μία από τις κατηγορίες που απαριθμούνται στο παράρτημα II, συμπεριλαμβανομένων των γλυκαντικών υλών, **μνημονεύονται υποχρεωτικά με το όνομα της κατηγορίας αυτής, ακολουθούμενο από το ειδικό τους όνομα ή τον αριθμό E· για παράδειγμα, γλυκαντικό: γλυκοζίτες στεβιόλης ή γλυκαντικό: E960.**

- Σύμφωνα με τον Κ.Τ.Π., άρθρο 11, παράρτημα IV, σχετικά με τον κατάλογο των τροφίμων των οποίων η επισήμανση πρέπει να περιλαμβάνει συμπληρωματική υποχρεωτική ένδειξη (παράρτημα III του κανονισμού (ΕΕ) 1169/2011), τα τρόφιμα που περιέχουν γλυκαντικά **θα πρέπει να φέρουν τη δήλωση «με γλυκαντικά»**, ενώ εκείνα που περιέχουν ταυτόχρονα και άλλα σάκχαρα τη δήλωση «με σάκχαρα και γλυκαντικά. Οι παραπάνω δηλώσεις θα πρέπει να συνοδεύουν την ονομασία πώλησης του προϊόντος.

- Σύμφωνα με τον κανονισμό (ΕΚ) αριθ. 1333/2008 άρθρο 23, παράγραφος 2, για τα πρόσθετα τροφίμων που προορίζονται για πώληση στον τελικό καταναλωτή, η ονομασία πώλησης ενός επιτραπέζιου γλυκαντικού φέρει την ένδειξη «επιτραπέζιο γλυκαντικό με βάση ...», χρησιμοποιώντας την ονομασία (τις ονομασίες) του γλυκαντικού (των γλυκαντικών) που χρησιμοποιούνται στη σύνθεσή του· για παράδειγμα: «Επιτραπέζιο γλυκαντικό με γλυκοζίτες στεβιόλης».

Όλες οι ανωτέρω ενδείξεις, όπως προαναφέρθηκε, είναι **ΥΠΟΧΡΕΩΤΙΚΕΣ**.

### Πρόσθετες ενδείξεις

Επιτρεπόμενες πρόσθετες ενδείξεις Πρόσθετες ενδείξεις που αφορούν την επισήμανση/παρουσίαση/διαφήμιση προϊόντων που περιέχουν γλυκοζίτες στεβιόλης όπως:

- με γλυκοζίτες στεβιόλης [εγκεκριμένο πρόσθετο τροφίμων]
- με ρεμπαουδιοσίδη Α [στην περίπτωση καθαρής ρεμπαουδιοσίδης Α (>95%)]
- (με γλυκοζίτες στεβιόλης)\* από το φυτό στέβια
- (με γλυκοζίτες στεβιόλης)\* από εκχύλισμα του φυτού στέβια

- οι γλυκοζίτες στεβιόλης απαντώνται φυσικώς στα φύλλα του φυτού στέβια

- γλυκοζίτες στεβιόλης με φυσική γλυκιά γεύση
- με γλυκαντικό από το φυτό στέβια
- (με γλυκαντικό)\* από εκχύλισμα στέβια/φυτού στέβια/ φύλλων στέβια.
- με γλυκαντικό φυσικής/φυτικής προέλευσης ή ενδείξεις που έχουν το ίδιο νόημα με τις παραπάνω, μπορούν να χρησιμοποιούνται.

\*Επισημαίνουμε ότι αν παραληφθεί η έκφραση «με γλυκοζίτες στεβιόλης» ή "με γλυκαντικό" η επισήμανση θα πρέπει να δίνεται με τρόπο τέτοιο ώστε να μη θεωρεί ο καταναλωτής ότι το προϊόν προέρχεται από το φυτό στέβια (π.χ. η έκφραση «τσάι από το φυτό στέβια» δεν είναι επιτρεπτή) ) ή ότι προέρχεται από εκχύλισμα στέβια/φυτού στέβια/φύλλων στέβια (εκτός της περίπτωσης των επιτραπέζιων γλυκαντικών).

#### Μη επιτρεπόμενες πρόσθετες ενδείξεις

Αντίθετα πρόσθετες ενδείξεις οι οποίες δίνουν λανθασμένη ή ελλιπή πληροφόρηση ή θα μπορούσαν να παραπλανήσουν τον καταναλωτή όπως αυτές που αναφέρονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 6.2), ή ενδείξεις που έχουν το ίδιο νόημα με αυτές, ΔΕΝ πρέπει να χρησιμοποιούνται.

ΕΝΔΕΙΞΗ	ΣΧΕΤΙΚΗ ΑΙΤΙΟΛΟΓΗΣΗ
<ul style="list-style-type: none"> <li>• με στέβια</li> <li>• στέβια</li> </ul>	<p>Οι ενδείξεις αυτές είναι παραπλανητικές για τον καταναλωτή γιατί δημιουργούν την εντύπωση ότι στο τρόφιμο έχει προστεθεί το φυτό στέβια. Η <i>Stevia rebaudiana</i> Bertoni (στέβια) έχει προς το παρόν χαρακτηριστεί ως νέο τρόφιμο/συστατικό και δεν έχει εγκριθεί έως τώρα στο πλαίσιο του κανονισμού 258/97 «για τα νέα τρόφιμα και τα νέα συστατικά τροφίμων» και επομένως δεν επιτρέπεται να προστίθεται στα τρόφιμα. Η εγκεκριμένη γλυκαντική ουσία (πρόσθετο τροφίμων) είναι οι γλυκοζίτες στεβιόλης.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• με εκχύλισμα στέβια / φυτού στέβια</li> <li>• φυσικό εκχύλισμα από φύλλα στέβια</li> </ul>	<p>Οι ενδείξεις αυτές παραπλανούν τον καταναλωτή καθώς η διαδικασία παρασκευής των γλυκοζιτών στεβιόλης δεν περιλαμβάνει μόνο την εκχύλιση των φύλλων του φυτού <i>Stevia rebaudiana</i>, αλλά και περαιτέρω στάδια καθαρισμού, ώστε να πληρούνται τα κριτήρια καθαρότητας του κανονισμού (ΕΕ) 231/2012. Οι γλυκοζίτες στεβιόλης</p>

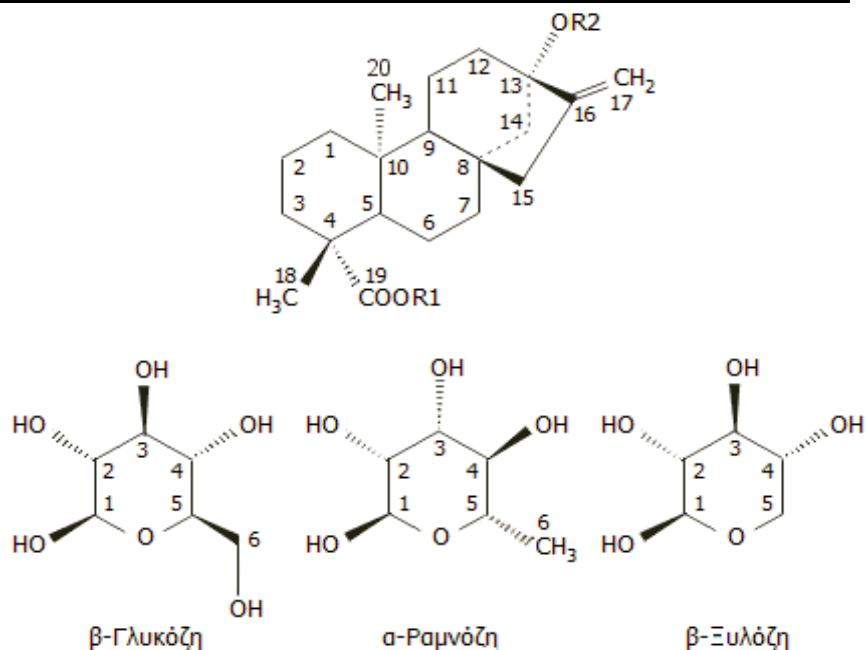
	είναι συστατικά του εκχυλίσματος φύλλων στέβιας και επομένως οι έννοιες «εκχύλισμα στέβιας» και «γλυκοζίτες στεβιόλης» δεν είναι σε καμία περίπτωση συνώνυμες.
• με φυσική γλυκιά γεύση*	. Οι γλυκοζίτες στεβιόλης προστίθενται σκόπιμα σε τρόφιμα που δεν έχουν τα ίδια «φυσική γλυκιά γεύση» για να τους προσδώσουν γλυκύτητα. * Η ένδειξη αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην περίπτωση πώλησης των ίδιων των γλυκοζιτών στεβιόλης ως επιτραπέζιων γλυκαντικών.

Πίνακας 6.2 με παραδείγματα ενδείξεων που δεν επιτρέπονται στην επισήμανση προϊόντων που περιέχουν γλυκοζίτες στεβιόλης (309)

### 6.3 Γλυκά και μη-γλυκά συστατικά της Stevia

Η στεβιόλη (steviol) είναι ένα τετρακυκλικό διτερπένιο με σκελετό ent-καουρενίου (ent-kaurene) και αποτελεί το άγλυκο τμήμα των γλυκοζιτών που βρίσκονται στα φύλλα της στέβιας. Οι γλυκοζίτες της στεβιόλης προκύπτουν με αντικατάσταση του υδρογόνου του καρβοξυλίου (κάτω μέρος του μορίου της στεβιόλης, θέση R1) με γλυκόζη (glucose, Glc) σχηματίζοντας ένα εστέρα και του υδρογόνου του υδροξυλίου (επάνω μέρος του μορίου, θέση R2) με συνδυασμούς μορίων κυρίως γλυκόζης και σε κάποιους γλυκοζίτες με τα σάκχαρα ραμνόζη (rhamnose, Rha) και ξυλόζη (xylose, Xyl). Στον επόμενο πίνακα δίνονται πληροφορίες ως προς τη δομή των κυριότερων γλυκοζιτών της στεβιόλης, που βρίσκονται στο εκχύλισμα της στέβιας.

## Δομή και ονομασίες των κυριότερων γλυκοζιτών της στεβιόλης



Ονομασία ένωσης	R1	R2	Γλυκαντική ισχύς
Στεβιόλη	H	H	-
Στεβιολοβιοσίδη	H	$\beta$ -Glc- $\beta$ -Glc (2→1)	100 – 125
Στεβιοσίδη	$\beta$ -Glc	$\beta$ -Glc- $\beta$ -Glc (2→1)	150 – 300
Ρεμπαουδιοσίδη A	$\beta$ -Glc	$\beta$ -Glc- $\beta$ -Glc (2→1)   $\beta$ -Glc (3→1)	250 – 400
Ρεμπαουδιοσίδη B	H	$\beta$ -Glc- $\beta$ -Glc (2→1)   $\beta$ -Glc (3→1)	300 – 350
Ρεμπαουδιοσίδη C (Δουλκοσίδη B)	$\beta$ -Glc	$\beta$ -Glc- $\alpha$ -Rha (2→1)   $\beta$ -Glc (3→1)	50 – 120
Ρεμπαουδιοσίδη D	$\beta$ -Glc- $\beta$ -Glc (2→1)	$\beta$ -Glc- $\beta$ -Glc (2→1)   $\beta$ -Glc (3→1)	250 – 450
Ρεμπαουδιοσίδη E	$\beta$ -Glc- $\beta$ -Glc (2→1)	$\beta$ -Glc- $\beta$ -Glc (2→1)	150 – 300
Ρεμπαουδιοσίδη F	$\beta$ -Glc	$\beta$ -Glc- $\beta$ -Xyl (2→1)   $\beta$ -Glc (3→1)	-
Δουλκοσίδη A	$\beta$ -Glc	$\beta$ -Glc- $\alpha$ -Rha (2→1)	50 – 120

Το μίγμα των κρυσταλλικών ενώσεων που λαμβάνεται από το εκχύλισμα της στέβιας διατίθεται στο εμπόριο ως διαιτητικό συμπλήρωμα και αναφέρεται συχνά ως στεβιοσίδη (stevioside), όμως το ίδιο όνομα έχει δοθεί στον κυριότερο γλυκοζίτη (που βρίσκεται και στη μεγαλύτερη αναλογία) της στεβιόλης. Η ρεμπαουδιοσίδη A (rebaudioside A) είναι ο δεύτερος σε

αναλογία γλυκοζίτης της στεβιόλης και θεωρείται ως το ποιοτικά καλύτερο γλυκαντικό συστατικό του ξηρού εκχυλίσματος της στέβιας.

Τυπικές αναλογίες κατά βάρος των επιμέρους γλυκοζιτών σε ξηρά φύλλα στέβιας είναι: στεβιοσίδη 5-10%, ρεμπαουδιοσίδη Α 2-4%, ρεμπαουδιοσίδη C 1-2% και δουλκοσίδη Α 0,3-0,5%. Σε μία μελέτη των αντικαρκινικών ιδιοτήτων χρησιμοποιήθηκε ένα εμπορικό μίγμα γλυκοζιτών της στέβιας Ιαπωνική φίρμας (Tokiva Phytochemical) με σύνθεση: στεβιοσίδη 48,9%, ρεμπαουδιοσίδη Α 24,4%, ρεμπαουδιοσίδη C 9,8%, δουλκοσίδη Α 5,6%, μη προσδιορίσιμα συστατικά 11,3%. Οι διάφοροι τρόποι εκχύλισης της στέβιας και απομόνωσης του στερεού μίγματος γλυκοζιτών που εφαρμόζονται σε διάφορες χώρες περιγράφονται σε μία έκθεση του FAO του 2004.

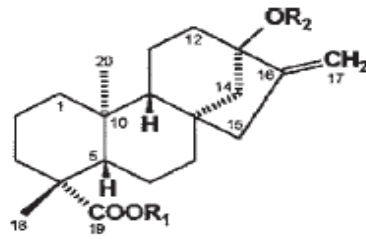
Η βιοσύνθεση της στεβιόλης έχει μελετηθεί διεξοδικά και σε γονιδιακό επίπεδο. Οι μελέτες αυτές ίσως βοηθήσουν στη δημιουργία ποικιλιών στέβιας πλουσιότερων σε γλυκοζίτες με τα καλύτερα ποιοτικά χαρακτηριστικά (κυρίως ρεμπαουδιοσίδη Α). Σε γενικές γραμμές η βιοσύνθεση της στεβιόλης αποδίδεται από την παρακάτω αλληλουχία αντιδράσεων σχηματισμού του τετρακυκλικού διτερπενίου καουρένιο από το διφωσφορικό γερανυλογερανύλιο. Το διφωσφορικό γερανυλογερανύλιο αποτελεί τυπικό ενδιάμεσο σχηματισμού πολλών τερπενίων και η βιοσύνθεσή του ξεκινά από απλές ενώσεις όπως το πυροσταφυλικό οξύ και η 3-φωσφορική γλυκεραλδεΐδη. Ένα από τα προϊόντα ενζυμικής οξειδωσης του καουρένιου είναι η στεβιόλη.

Η *Stevia rebaudiana* έχει μελετηθεί σε βάθος, επειδή αυτό το φυτό είναι η πηγή πολλών γνωστών ενώσεων με γλυκιά γεύση. Το ενδιαφέρον για τη χρήση της *S. rebaudiana* ως εμπορική γλυκαντική ουσία, κυρίως από την ιαπωνική βιομηχανία τροφίμων, έχει οδηγήσει σε εκτεταμένες φυτοχημικές έρευνες στα συστατικά του βοτάνου. Μέχρι σήμερα περισσότερες από 100 ενώσεις έχουν εντοπιστεί από αυτό το είδος. Το πιο γνωστό από αυτά είναι οι ent-kaurene γλυκοζίτες διτερπενοειδείς και ιδιαίτερα η στεβιοσίδη και η ρεμπαουδιοσίδη Α όπως προαναφέρθηκε.

Διάφορα άρθρα ανασκόπησης έχουν εμφανιστεί σχετικά με τα συστατικά της *S. rebaudiana*. Πολλά από αυτά έχουν συνταχθεί στην ιαπωνική γλώσσα. Μεταξύ των πιο ολοκληρωμένων αξιολογήσεων των συστατικών της *Stevia* στα Αγγλικά περιλαμβάνουν εκείνες των Kinghorn και Soejarto (1985) και Hanson και De Oliveira (1993). Μία σύντομη ανασκόπηση των συστατικών της Στέβιας έχει δημοσιευθεί από τους Crammer και Ikan (1986), καθώς και μια πιο εκτεταμένη μεταχείριση των rebaudiosides. Πολλές άλλες αξιολογήσεις της *S. Rebaudiana* συζητούν τη γλυκιά γεύση των συστατικών της ειδικά αυτές των Tanaka (1980, 1982), Salvatore et al. (1984), Bakal O'Brien Nabors (1986), Phillips (1987) και Kinghorn και Soejarto (1991). Ειδικού ιστορικού ενδιαφέροντος είναι τα πρώτα σχόλια για τη Στέβια από τους Kobert (1915), Bell (1954), Fletcher (1955) και Jacobs (1955), που γράφτηκαν πριν από την τελική αποσαφήνιση της δομής της στεβιοσίδης. Σε αυτό το υποκεφάλαιο, θα αναφερθούν τα γλυκά και άγλυκα χημικά συστατικά της *S. Rebaudiana*, καθώς και ενώσεις που λαμβάνονται με διάφορες τεχνικές καλλιέργειας. Τα σχήματα 6.1 έως 6.5 δείχνουν τις δομές των επιλεγμένων διτερπενοειδών, τριτερπενοειδών, στερολών και φλαβονοειδών συστατικών της *S. Rebaudiana*, καθώς επίσης και ορισμένα παράγωγα αυτών των ενώσεων. (240-262)



1. Διτερπένια ent-kaurene με γλυκιά γεύση

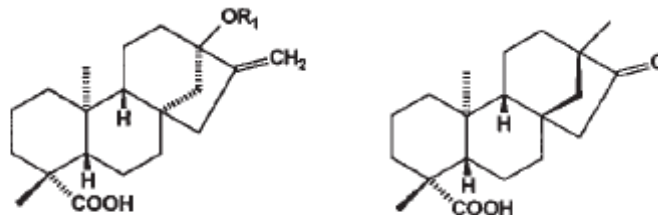


	$R_1$	$R_2$
1 Stevioside	Glc	Glc-Glc (2→1)
2 Rebaudioside A	Glc	Glc-Glc (2→1)   Glc (3→1)
3 Rebaudioside C (= Dulcoside B)	Glc	Glc-Rha (2→1)   Glc (3→1)
4 Rebaudioside D	Glc-Glc (2→1)	Glc-Glc (2→1)   Glc (3→1)
5 Rebaudioside E	Glc-Glc (2→1)	Glc-Glc (2→1)
6 Dulcoside A	Glc	Glc-Rha (2→1)

Glc =  $\beta$ -D-glucopyranosyl; rha =  $\alpha$ -L-rhamnopyranosyl

Σχήμα 6.1 Δομές των διτερπενίων ent-kaurene με γλυκιά γεύση που έχει απομονωθεί από *Stevia rebaudiana*.

2. Ent-kaurene διτερπενοειδή γλυκά συστατικά

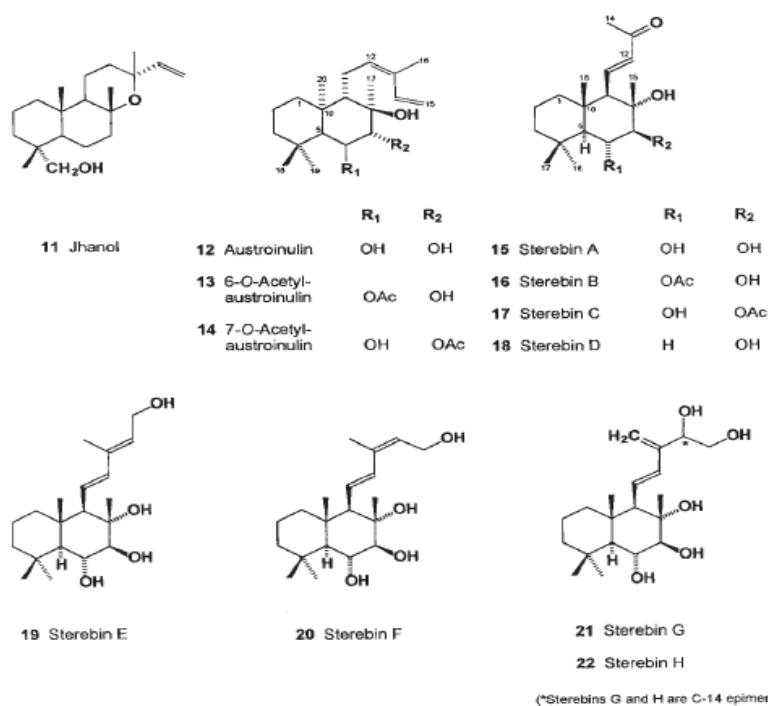


	$R_1$	$R_2$
7 Steviol	H	
9 Steviolbioside	Glc-Glc (2→1)	
10 Rebaudioside B	Glc-Glc (2→1)   Glc (3→1)	

Glc =  $\beta$ -D-glucopyranosyl

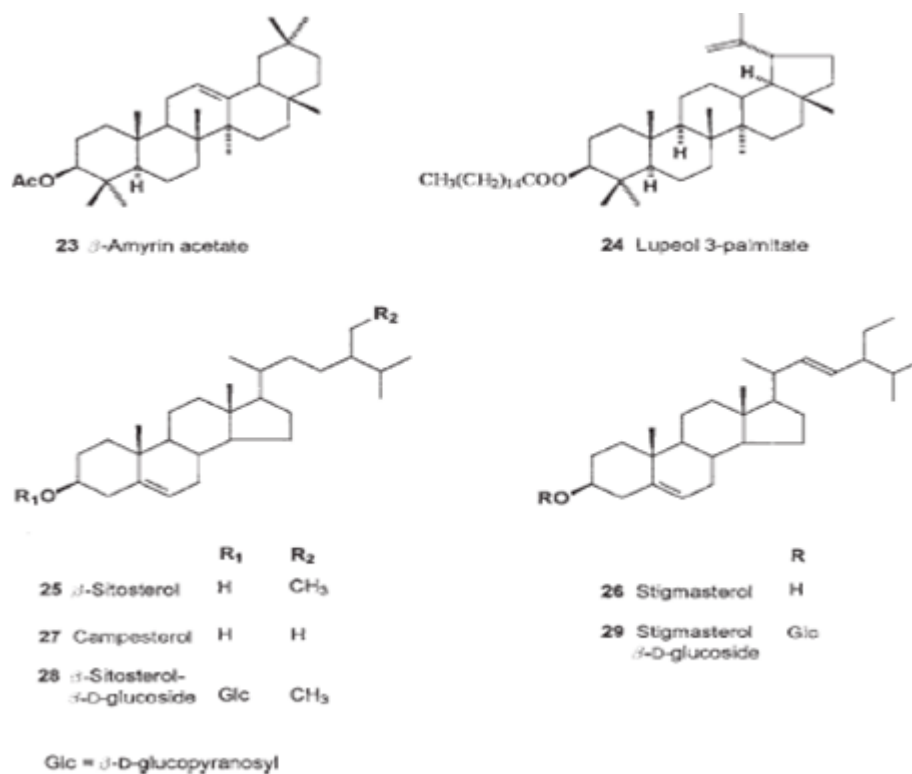
Σχήμα 6.2 Δομές των «γλυκών» ent-kaurene διτερπενοειδών παραγώγων της *Stevia rebaudiana*.

### 3. Λαβδάνιο



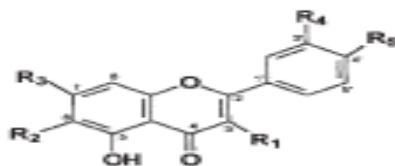
Σχήμα 6.3 Δομές των διτερπενίων λαβδανίου που έχουν απομονωθεί από *Stevia rebaudiana*.

### 4. Τριτερπενοειδή και στεροειδή



Σχήμα 6.4 Δομές τριτερπενίων και στερολών (άγλυκων συσταικών) που έχουν απομονωθεί από *Stevia rebaudiana*.

## 5. Φλαβονοειδή



	Compound	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>	R <sub>5</sub>
30	Apigenin 4'-O-glucoside	H	H	OH	H	Glc
31	Kaempferol 3-O-rhamnoside	Rha	H	OH	H	OH
32	Luteolin 7-O-glucoside	H	H	Glc	OH	OH
33	Quercetin 3-O-arabinoside	Ara	H	OH	OH	OH
34	Quercetin 3-O-glucoside	Glc	H	OH	OH	OH
35	Quercetin 3-O-rhamnoside	Rha	H	OH	OH	OH
36	Centaureidin	OMe	OMe	OH	OH	OMe
37	Apigenin 7-O-glucoside	H	H	Glc	H	OH
38	Quercetin 3-O-rutinoside	Rut	H	OH	OH	OH

Glc = O-β-D-glucopyranosyl; rha = O-α-L-rhamnopyranosyl; ara = O-α-L-arabinopyranosyl; rut = β-O-α-L-rhamnopyranosyl-O-glucopyranosyl

Σχήμα 6.5 Δομές των φλαβονοειδών (άγλυκων συστατικών) που απομονώνονται από *Stevia rebaudiana*.

## 6. Πτητικά ελαιώδη συστατικά

Τα πτητικά έλαια από τα φύλλα της *S. Rebaudiana* έχουν μελετηθεί, και ένας αριθμός των μονοτερπενίων, σесκιτερπενίων, αλκανολών, αλδεϋδών, και αρωματικών αλκοολών έχουν ταυτοποιηθεί. Χρησιμοποιώντας GC/MS, οι Fujita et al. (1977) μπόρεσαν να προσδιορίσουν 32 συστατικά του αιθέριου ελαίου του *S. Rebaudiana*, συμπεριλαμβανομένων των σесκιτερπενίων: β-καρνοφυλλένιο, trans-β-φαρνεσένιο; -humulene, d-cadinene, οξείδιο καρνοφυλλένιου, νερολιδόλη, και μεταξύ των μονοτερπενίων, η λιναλοόλη, η τερπινεν-4-όλη και η τερπινεόλη βρέθηκαν ως κύρια συστατικά. Επιπλέον 22 κορυφές σημειώθηκαν με GC/MS, ή IR, αλλά δεν ταυτοποιήθηκαν. Σε μία άλλη μελέτη, το αποξηραμένο φύλλα της *S.rebaudiana* εκχυλίστηκαν με απόσταξη με ατμό, και τα δύο πιο σημαντικά συστατικά αιθέριου ελαίου στο εκχύλισμα, το οξείδιο του καρνοφυλλένιου και η spathulenol, απομακρύνθηκαν με χρωματογραφία στήλης. Η ανάλυση των υπόλοιπων ήσσονος σημασίας συστατικών με GC-MS έδειξε πάνω από 100 κορυφές, εκ των οποίων 54 ταυτοποιήθηκαν. Οι Martelli et al. (1985) εξέτασαν επίσης τα πτητικά έλαια που υπάρχουν σε ένα φρέσκο δείγμα της *S. Rebaudiana*.

## 7. Διάφορα Συστατικά

Ένας αριθμός κοινών φυτοχημικών έχει εντοπιστεί στη *S.rebaudiana*, όπως οι χρωστικές ουσίες χλωροφυλλών A και B και το β-καροτένιο. Οι ίδιοι ερευνητές επεσήμαναν επίσης ότι διάφορα κόμμεα περιελάμβαναν περίπου το 7-15% των συνολικών στερεών που εξάγονται από τη *S.rebaudiana*. Το τρυγικό οξύ ήταν το κυριότερο οργανικό οξύ σε ένα εκχύλισμα της *S.rebaudiana*, μαζί με κιτρικό, μυρμηκικό, γαλακτικό, μηλικό, και ηλεκτρικό οξύ επίσης αναγνωρισμένα. Η φυτοορμόνη ινδόλη-3 -ακετονιτρίλιου έχει αναφερθεί από τους σπόρους της *S.rebaudiana*, αναγνωριζόμενη με βάση το χρόνο κατακράτησης και χρωστικές δοκιμές. Απροσδιόριστες τανίνες έχουν επίσης αναφερθεί στη *S.rebaudiana*. Οι ανόργανες ενώσεις αποτελούν περίπου το 13% των συνολικών εκχυλισμάτων από τη *S. Rebaudiana*, με το κάλιο να είναι το κυριότερο ανόργανο συστατικό του εκχυλίσματος *Stevia*. Άλλες ανόργανες ουσίες που αναγνωρίζονται από τη *S.rebaudiana* περιλαμβάνουν το ασβέστιο, το σίδηρο, το μαγνήσιο, το φωσφόρο, το νάτριο και τον ψευδάργυρο. Σε μία διαδικασία διαλογής για τα επίπεδα φθορίου σε φυτά που χρησιμοποιούνται στη Λαϊκή Δημοκρατία της Κίνας, τα φύλλα της *S.rebaudiana* βρέθηκε να περιέχουν 12.2 ppm φθορίου. Ορισμένες από τις ανόργανες ενώσεις που προσδιορίζονται μπορεί να προέρχονται από μόλυνση, όπως π.χ. το φθόριο από τη ρύπανση του αέρα σε μία επιφάνεια φυτού (217-239).

## 6.4 Μέθοδοι για τη βελτίωση της γεύσης των γλυκών συστατικών της *Stevia rebaudiana*

Η γλυκύτητα των διαφόρων γλυκοζιτών στεβιόλης διαφέρουν ουσιαστικά αντανακλώντας σχετικά μικρές μεταβολές στη δομή τους. Μέχρι τώρα, δεν υπάρχουν άλλες γλυκοσίδες ent-kaurene διτερπενίου που έχει άγλυκο διαφορετικό από τη στεβιόλη που να έχει καλύτερες ιδιότητες γεύσης. Από την άλλη πλευρά, ορισμένοι ημισυνθετικοί γλυκοζίτες στεβιόλης έχουν διαφορετικές χαρακτηριστικές ομάδες σακχάρου που υπερβαίνουν την ποιότητα της γλυκύτητας των φυσικών προϊόντων από *S.rebaudiana*. Γενικά, η ποιότητα και το μέγεθος της γλυκύτητας φθάνει ένα μέγιστο με τρεις, τέσσερις μονάδες μονοσακχαρίτη στη C-13 θέση της στεβιόλης και μία με δύο μονάδες μονοσακχαρίτη στη C-19 θέση. Δεδομένου ότι οι χημικές αντιδράσεις είναι αναποτελεσματικές εξαιτίας της έλλειψης επιλεκτικότητας και των κακών αποδόσεων, έχουν γίνει αρκετές προσπάθειες για να βελτιωθεί η ποιότητα και η δραστηριότητα της γλυκύτητας της γλυκοζιτών στεβιόλης χρησιμοποιώντας ενζυματική τρανσγλυκοζυλίωση. Ξεκινώντας από τη στεβιοσίδη, και τη rubusoside, ή από μίγματα φυσικών γλυκοζιτών στεβιόλης, διάφορες ενζυματικές αντιδράσεις με κατάλληλους δότες ζάχαρης απέδωσαν επιλεκτικά προϊόντα με εκτεταμένες C-13 μονάδες σακχάρου. Ωστόσο, στις περισσότερες περιπτώσεις, ήταν απαραίτητο να μειωθεί το μήκος των αλυσίδων σακχάρου με γλυκοσιδάσες. Αυτές οι μέθοδοι έχουν χρησιμοποιηθεί στην Ιαπωνία σε βιομηχανίες τροφίμων. Για περαιτέρω μελέτες, η καλύτερη επιλογή του συνδυασμού των κατάλληλων transglycosidases και των αποτελεσματικότερων δοτών είναι απαραίτητη αν

και πολλές μελέτες έχουν γίνει ήδη με αρκετές - transglucosidases. Η φρουκτόζη μπορεί να είναι μία από τις βασικές μονάδες ζάχαρης, η οποία μπορεί να βελτιώσει τη γλυκύτητα των γλυκοζιτών στεβιόλης με ένα πιο αποτελεσματικό και οικονομικό τρόπο(263-285).

## **6.5 Πρακτικές εφαρμογές των Γλυκαντικών ουσιών της Στέβιας**

### **Η Στέβια ως ενισχυτικό γεύσης**

Υπάρχουν τρεις διαφορετικές παραδόσεις της χρήσης stevia. Η πρώτη είναι για την ενίσχυση του αρώματος, η δεύτερη είναι ως ένα τσάι από βότανα και η τρίτη είναι ως φάρμακο. Η κύρια ώθηση για την ανάπτυξη της επιστήμης της stevia ήταν η ανακάλυψη από Bertoni ότι το βότανο διαθέτει μία εξαιρετική γλυκύτητα. Ένα καλό φύλλο ποιότητας εκτιμάται ότι είναι 30 φορές πιο γλυκό από τη ζάχαρη από το ζαχαροκάλαμο, και τη σακχαρόζη. Τα δραστικά συστατικά της στέβια θεωρούνται από τους σημαντικότερους επιστήμονες τροφίμων στον κόσμο ως “γλυκαντικά του μέλλοντος”. Ως εκ τούτου, κάθε νέα εξέλιξη στον τομέα της έρευνας της stevia αναμενόταν με αγωνία και όταν εμφανιζόταν αναλυόταν λεπτομερώς.

Ενώ δεν υπάρχει καμία αμφιβολία ότι η στέβια είναι γλυκιά, πολλοί χρήστες παραδέχονται ότι έχουν βιώσει μία πικρή μετάγευση από κάποια προϊόντα με στέβια. Στην πραγματικότητα, ένα από τα προβλήματα με τα προϊόντα της στέβια που διατίθενται σήμερα από εμπόρους λιανικής πώλησης τροφίμων για την υγεία είναι ότι πολλά από αυτά απλά δεν έχουν καλή γεύση. Συχνά, έχουν μία ξεχωριστή πωύδη γεύση, με ποικίλους βαθμούς πικρίας που σχετίζονται με το γλυκό. Αυτές οι διαφορές στην ποιότητα μπορεί να είναι εν μέρει αποτέλεσμα της χρήσης μη-Παραγουανής στέβια, εν μέρει λόγω της κακής εξαγωγής και της τεχνικής επεξεργασίας και εν μέρει αποτέλεσμα της άγνοιας εκ μέρους των κατασκευαστών σχετικά με την πραγματική φύση του φυτού στέβια. Ένας πεπειραμένος παραγωγός προϊόντων με Stevia προσπαθεί να δημιουργήσει πρότυπα του κλάδου για την ταξινόμηση των φύλλων στέβιας ανάλογα με την ποιότητά τους. Stevia βαθμού A θα είναι η υψηλότερη ποιότητα, εξαιρετικά γλυκού βαθμού, με λίγο πικρή επίγευση και ένα πυκνό βαθμό γλυκύτητας. Ο βαθμός αυτός είναι πολύ δύσκολο να επιτευχθεί λόγω των κλιματικών συνθηκών που εμποδίζουν τη συγκομιδή ακριβώς τη σωστή στιγμή. Ο βαθμός B θα είναι λίγο λιγότερο γλυκός με κάποια μικρή επιδείνωση του φύλλου. Τα περισσότερα από τα καλύτερα φύλλα stevia που φτάνουν στις Ηνωμένες Πολιτείες από την Παραγουάη είναι Βαθμού B.

Οι πικρές ουσίες στην πραγματικότητα βρίσκονται στις φλέβες του φύλλου, ενώ το φυλλώδες υλικό μεταξύ των φλεβών περιέχει τα γλυκά συστατικά. Πρέπει να δίνεται μεγάλη προσοχή κατά τη διάρκεια της παραγωγής του εκχυλίσματος stevia για να αποφευχθεί η μόλυνση του γλυκού με το πικρό. Αυτό ισχύει τόσο για την εκχύλιση όσο και για την άλεση.

### **Φαρμακευτικές ιδιότητες**

Παρά την εξέχουσα θέση που έχει λάβει ως ενισχυτικό γεύσης, η στέβια περιέχει μία ποικιλία συστατικών, εκτός από τη στεβιοσίδη και τη rebaudiosides, συμπεριλαμβανομένων των θρεπτικών ουσιών που αναφέρονται παραπάνω και μία καλή ισορροπία των στερολών, τριτερπενίων,

φλαβονοειδών, τανινών, και εξαιρετικά πλούσιων πτητικών ελαίων που περιέχουν πλούσιες αναλογίες των αρωματικών, αλδεϋδών, μονοτερπενίων και sesquiterpenes. Αυτά και άλλα, ακόμη άγνωστα συστατικά, έχουν πιθανώς κάποια επίδραση στην ανθρώπινη φυσιολογία και μπορούν να βοηθήσουν για να εξηγηθούν ορισμένες από τις καταγγελλόμενες θεραπευτικές χρήσεις της Stevia. Έχει παρατηρηθεί ότι η Στέβια έχει:

1. Υπογλυκαιμική δράση
2. Καρδιαγγειακή δράση
3. Αντιμικροβιακή δράση
4. Χωνευτική-τονωτική δράση.
5. Θετικές επιδράσεις στο δέρμα.

Συνοπτικά παρουσιάζονται οι χρήσεις στον κάτωθι πίνακα:

<p><b>Τρόφιμα και μαγειρικές χρήσεις</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Γλυκαντικό - για τσάι, καφέ κτλ.</li> <li>• Αναψυκτικά, λικέρ, χυμοί φρούτων</li> <li>• Παγωτά, γιαούρτια, σορμπέ</li> <li>• Κέικ, μπισκότα</li> <li>• Αρτοσκευάσματα, πίτες</li> <li>• Μαρμελάδες, σάλτσες, τουρσιά</li> <li>• Ζελέ, επιδόρπια</li> <li>• Τσίχλες</li> <li>• Καραμέλες, προϊόντα ζαχαροπλαστικής</li> <li>• Θαλασσινά, τα λαχανικά</li> <li>• Δίαιτες</li> <li>• Διαβητική διατροφή</li> <li>• Ως ενισχυτικά γεύσης, χρώματος και οσμής</li> <li>• Ως πηγή αντιοξειδωτικών</li> <li>• Αλκοολούχα ποτά</li> </ul>
<p><b>Φαρμακευτικές χρήσεις</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Οδοντόκρεμα, στοματικά διαλύματα - επιβραδυντικό πλάκας / πρόληψη τερηδόνας</li> <li>• Φροντίδα του δέρματος - έκζεμα και έλεγχος ακμής, ταχεία επούλωση</li> <li>• Διαβητικά τρόφιμα και τα προγράμματα απώλειας βάρους</li> <li>• Θεραπεία της υπέρτασης και έλεγχος της αρτηριακής πίεσης</li> <li>• Ανταγωνιστής ασβεστίου</li> <li>• Βακτηριοκτόνος παράγοντας</li> <li>• Χάπι και πρόσθετη κάψουλα για βελτίωση γεύσης</li> </ul>
<p><b>Άλλες χρήσεις</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Πρόσθετο και αρωματικό καπνού</li> <li>• Παραγωγή των ρυθμιστών ανάπτυξης των φυτών (η δυνητική χρήση)</li> </ul>

Πίνακας 6.3 Χρήσεις της Στέβια  
(217-239)

## 6.6 Υγιεινή και ασφάλεια

Παρόλο που η Stevia έχει χρησιμοποιηθεί χωρίς προβλήματα για πολλά χρόνια (εκατοντάδες) στη χώρα προέλευσής της, την Παραγουάη, αλλά και σε άλλες χώρες για μικρότερης διάρκειας περιόδους, η ασφάλεια και η υγιεινή έχουν λάβει ιδιαίτερη προσοχή τα τελευταία είκοσι χρόνια. Δόθηκε προσοχή από τα μέσα μαζικής ενημέρωσης στις ΗΠΑ, συμπεριλαμβανομένων των ήδη διατυπωθέντων απαιτήσεων και ανταπαιτήσεων από το FDA (**Food and Drug Administration**) των ΗΠΑ. Πολλές από τις αξιώσεις αυτές αφορούν στη δυνατότητά της ανταγωνιστικής της θέσης σε σχέση με την ασπαρτάμη. Τα προϊόντα Stevia έχουν εγκριθεί για χρήση στις ΗΠΑ ως συμπληρώματα διατροφής αν και πολλοί ισχυρίζονται ότι πρέπει να χορηγηθεί το καθεστώς GRAS (**Generally Recognized as Safe**) με τον ίδιο τρόπο όπως για το τσάι, τον καφέ, τη ζάχαρη τα οπωροκηπευτικά κτλ.

Η ασφάλεια γενικώς των στεβιοζιδίων θα μπορούσε να οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στο γεγονός ότι δεν διασπώνται ούτε απορροφώνται από το πεπτικό σύστημα. Στην Ιαπωνία ιδίως, όπου τα τεχνητά χημικά γλυκαντικά δεν έχουν εγκριθεί, καθώς και σε άλλες χώρες, έχουν διεξαχθεί πολλές μελέτες τοξικολογικές και για ασφαλεία. Μεταξύ των μελετών που διεξάγονται, μερικές είναι για να επιβεβαιώσουν την ασφάλεια της Στέβιας για χρήση από διαβητικούς, για να δείξουν τα οδοντιατρικά οφέλη με τη μορφή της αναστολής της πλάκας και της μείωσης των κοιλοτήτων στα δόντια, για να διερευνήσουν την καρκινογένεση και μεταλλαξιγένεση (αν πιθανόν εμφανίζονται) στα πειραματόζωα. Η ασφάλεια της κατανάλωσης της Στέβιας μέσω της τροφής στα ζώα, στα κοτόπουλα αλλά και στον άνθρωπο έχει επίσης επιβεβαιωθεί από ένα ευρύ φάσμα από μελέτες.

Μελέτες για την ασφάλεια των τροφίμων, συμπεριλαμβανομένης της εκτενούς ανασκόπησης της βιβλιογραφίας, έχουν αναληφθεί πριν από το 1982 και κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι τα φύλλα της Stevia και τα εκχυλίσματα της είναι ασφαλή. Μελέτες που διεξήχθησαν μετέπειτα το επιβεβαιώνουν αυτό.

Οι πιθανές ιατρικές χρήσεις έχουν συχνά διερευνηθεί χρησιμοποιώντας εκχυλίσματα στέβιας ως ενδοφλέβιες εγχύσεις σε αρουραίους. Οι πιθανές επιπτώσεις στο μεταβολισμό της γλυκόζης, στη διούρηση, στο βάρος των οργάνων, στην ενδοκρινή λειτουργία, κτλ. έχουν μελετηθεί με αυτόν τον τρόπο. Οι εγχύσεις εκχυλίσματος Stevia έχουν επίσης δείξει κάποια αντι-androgenic δράση σε αρουραίους. Πιθανά ευεργετικά αποτελέσματα των εκχυλισμάτων Stevia, είναι η δράση τους ως αντιοξειδωτικά, η εκτόνωση της πίεσης του αίματος και της υπέρτασης, τα οποία έχουν επίσης αποδειχθεί.

Η στεβιόλη (ένας πρόδρομος στη βιοσύνθεση των στεβιοσιδίων) μπορεί να παραχθεί από στεβιοσίδια πειραματικά με τη χρήση συγκεκριμένων βακτηρίων, αλλά όχι στο ανθρώπινο σώμα. Η στεβιόλη όμως μπορεί να εμφανίζει κάποια τοξική και μεταλλαξιογόνο δράση (285-308).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ IV : ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

### 7. Πειραματικό Μέρος

#### 7.1 Σκοπός των Πειραμάτων

Η πραγματοποίηση των πειραμάτων είχε μεταξύ άλλων τους ακόλουθους στόχους:

1. Τον πρωτογενή σχεδιασμό μιας κατάλληλης σύνθεσης (είδος και αναλογία συστατικών, σχεδιασμός των επιμέρους σταδίων της πειραματικής διαδικασίας) για την παρασκευή παγωτού – γιαούρτι.
2. Τη μελέτη της επίδρασης του είδους της ακολουθούμενης παραγωγικής διαδικασίας (ανάμιξη δύο επιμέρους μιγμάτων παγωτού – γιουρτιού) στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του τελικού προϊόντος.
3. Τη μελέτη του είδους και της περιεκτικότητας του παγωτού σε γλυκαντικό με βάση τη Στέβια, στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και τα χαρακτηριστικά υφής.
4. Τη μελέτη της επίδρασης της περιεκτικότητας σε λιπαρά συστατικά, στα φυσικά και στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του παγωτού – γιαούρτι.
5. Τη μελέτη της επίδρασης του είδους του γιαουρτιού (συμβατικό ή προβιοτικό) στα οργανοληπτικά και στα φυσικά χαρακτηριστικά του παγωτού – γιαουρτιού.

Επομένως, ο σκοπός των πειραμάτων ήταν η παρασκευή προβιοτικού και συμβατικού παγωτού γιαούρτι χαμηλών λιπαρών με προσθήκη γλυκαντικού με βάση τη Στέβια. Πρωταρχικός στόχος του πειραματικού σχεδιασμού, ήταν ο προσδιορισμός της ποσότητας όλων των ειδών των γλυκαντικών με βάση τη Στέβια που χρησιμοποιήθηκαν στο μίγμα παγωτού γιαούρτι, αλλά και η μελέτη των επιδράσεών τους στο τελικό προϊόν. Για το λόγο αυτό μελετήθηκαν διαφορετικές αναλογίες λιπαρών. Απώτερος σκοπός ήταν η σύγκριση διαφορετικών τύπων γλυκαντικών με βάση τη Στέβια μεταξύ τους, αλλά και με αναφορά σε μίγματα παγωτού με ζάχαρη βάσει οργανοληπτικών και αντικειμενικών μετρήσεων και κατά συνέπεια η τελική επιλογή των καλύτερων εξ αυτών προϊόντων παγωτού - γιαούρτι μέσω στατιστικής επεξεργασίας.



## 7.2 Πρώτες Υλες

Κατά τη διάρκεια των πειραμάτων χρησιμοποιήθηκαν τα εξής παρακάτω συστατικά:

- Προϊόντα γάλακτος:

Γάλα αποβουτυρωμένο 1% λιπαρά ΦΑΓΕ Α.Ε.

Κρέμα γάλακτος 35% λιπαρά ΦΑΓΕ Α.Ε.

Γιαούρτι αγελαδινό 2% λιπαρά ΦΑΓΕ Α.Ε.

Γιαούρτι αγελαδινό με προβιοτική καλλιέργεια Bifidus 2% λιπαρά ΦΑΓΕ Α.Ε.

- Συστατικά τυποποίησης SNF:

Σκόνη αποβουτυρωμένου γάλακτος, 97% στερεά (EPIIM, Latvia)

- Σταθεροποιητές:

Ξανθάνη (xanthan gum), Χημικοτεχνική ΑΒΕΕ

- Γαλακτωματοποιητές:

Μονογλυκερίδια – Distilled Monoglycerides (Rimulsoft type P(V) Fine Powder, Rikevita Malaysia SDN BHD)

- Γλυκαντικά:

Κρυσταλλική ζάχαρη

- Αρωματικές ύλες:

Βανιλίνη – Vanillin (for synthesis) – Merck, Schuchardt. OHG, Hohenbrunn, Germany

- Στέβια:

1. Assugrin: μαλτοδεξτρίνη, ινουλίνη, ολιγοφρουκτόζη, γλυκοζίτεςστεβιόλης
2. Στέβια 92%: Γλυκοζίτες στεβιόλης σε περιεκτικότητα 92% (κυρίως στεβιοζίδη και ρεμπαουδιοσίδη Α)
3. Κρυσταλλική στέβια: Κυκλαμικό νάτριο, σακχαρίνη νατρίου και γλυκοζίτης στεβιόλης ρεμπαουδιοσίδη Α 98%
4. Εγκλεισμένη στέβια: μαλτοδεξτρίνη, ινουλίνη και γλυκοζίτες στεβιόλης 92%

### **7.3 Εργαστηριακά Όργανα και Συσκευές**

Κατά την προετοιμασία και επεξεργασία των δειγμάτων χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω εργαστηριακά όργανα και συσκευές:

- Ζυγός ακριβείας 2 δεκαδικών ψηφίων ( $\pm 0.1g$ )
- Υδατόλουτρο (GFL 1083, Labortechnik GmbH, Burgwedel, Germany)
- Παγόλουτρο
- Αναδευτήρες (IKA-WERKE EURO-ST PVC, GmbH & CO.KG, Staufen, Germany)
- Ομογενοποιητής (APV 1000, Albertslund, Denmark)
- Περιτροφικός Αναδευτήρας (high speed homogenizer CAT Unidrive 1000, CAT Scientific, Ca., USA)
- Επωαστήρας ( SANYO) ρυθμισμένος στους 2°C
- Υάλινα, πλαστικά και μεταλλικά σκεύη
- Παγωτομηχανή (Rohnson)

Για την επεξεργασία των δειγμάτων έγινε χρήση των παρακάτω οργάνων:

- Αναλυτής Υφής (XT21, Stable Microsystems Ltd.)
- Θερμοστοιχείο
- Πεχάμετρο
- Mixer
- Ιξωδόμετρο Brookfield Type LV (στέλεχος 3, 30 rpm), Brookfield Engineering Laboratories Inc., Stoughton Massachusetts U.S.A. 1961
- Υάλινα, πλαστικά και μεταλλικά σκεύη

## 7.4 Πειραματική Διαδικασία

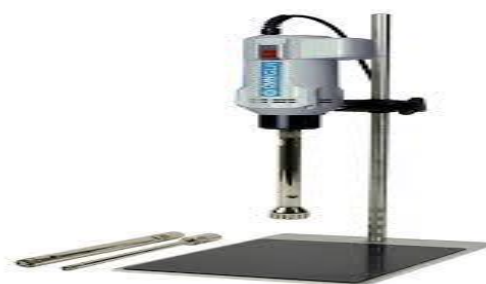
Αρχικά ζυγίζονται τα συστατικά που βρίσκονται σε υγρή μορφή, δηλαδή η κρέμα γάλακτος και το γάλα. Έπειτα ζυγίζονται χωριστά τα συστατικά που βρίσκονται σε μορφή σκόνης (ζάχαρη ή στέβια, σταθεροποιητής, γαλακτωματοποιητής) και αναμιγνύονται με σκοπό την καλύτερη διασπορά τους. Για τον ίδιο λόγο η σκόνη γάλακτος δεν αναμιγνύεται με τα στερεά, αλλά διαλύεται υπό έντονη ανάδευση σε μέρος της ποσότητας του μίγματος γάλακτος-κρέμα γάλακτος. Στη συνέχεια ακολουθεί ήπια ανάμιξη των συστατικών, ενώ παράλληλα το μίγμα έχει τοποθετηθεί στο υδατόλουτρο για παστερίωση στους 80 °C για 20-25 min υπό συνεχή ανάδευση.

Μετά το πέρας της παστερίωσης, το μίγμα οδηγείται για ομογενοποίηση, ενώ είναι ακόμα θερμό. Στο σημείο αυτό είναι σκόπιμο να αναφερθεί ότι στα τέσσερα πρώτα πειράματα που εμπειρεύσαν ζάχαρη χρησιμοποιήθηκε ο ομογενοποιητής μεγάλου τύπου (εικόνα 7.1), ενώ στα υπόλοιπα ο φορητού τύπου μηχανικός ομογενοποιητής (εικόνα 7.2). Στην πρώτη περίπτωση η μικρή πίεση στον ομογενοποιητή ρυθμίστηκε στα 20-30 bar και η μεγάλη στα 200 bar περίπου. Στη δεύτερη περίπτωση ο ομογενοποιητής τοποθετείτο στην ένδειξη 5.

Το ομογενοποιημένο πλέον μίγμα αφήνεται να ψυχθεί σε παγόλουτρο έως ότου μειωθεί η θερμοκρασία του, για να εισαχθεί έπειτα στον επωαστήρα για ωρίμανση υπό ανάδευση (στους 2 °C για 24 h). Έπειτα από το στάδιο της ωρίμανσης, το μίγμα τοποθετείται σε μίξερ για τον υπολογισμό της απόδοσης (whippability). Σε αυτό το στάδιο γίνεται η προσθήκη της βανιλίνης και του γιαουρτιού. Η μέτρηση της απόδοσης διαρκεί περίπου 7-10 min, μέχρι ουσιαστικά να αυξηθεί ο όγκος του. Στο σημείο αυτό μετράται επίσης και το ιξώδες του μίγματος. Στη συνέχεια το μίγμα τοποθετείται στην παγωτομηχανή και αφήνεται έως ότου γίνει ομογενές (περίπου 1 h). Τέλος, το μίγμα διαχωρίζεται σε κύπελλα τα οποία τοποθετούνται στον καταψύκτη θερμοκρασίας -25 °C. Οι υπόλοιπες μετρήσεις (ανάλυση υψής, χαρακτηριστικά τήξης και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά) διεξάγονται την επόμενη ημέρα.



Εικόνα 7.1 Ομογενοποιητής τύπου (α)  
τύπου (β)



Εικόνα 7.2 Ομογενοποιητής

## 7.5 Σχεδιασμός Πειραμάτων

Η αναλογία των συστατικών παγωτού και προβιοτικού γιαουρτιού προσδιορίστηκε με βάση τη μέθοδο του ορού -serummix-, η οποία παρατίθεται συνοπτικά.

Επιλέγονται ως βάση για την παρασκευή 1000g μίγματος παγωτού γιαούρτι. Η μάζα του serum προσδιορίζεται ως εξής:

$$\text{Serum: } 1 - (\text{σταθεροποιητής (kg)} + \text{γαλακτωματοποιητής (kg)} + \text{γλυκαντικές ύλες (kg)} + \text{λίπος (kg)}) \quad (8.1)$$

Κατά τον προσδιορισμό των γλυκαντικών υλών λαμβάνεται υπόψη το βάρος των ολικών στερεών.

Η ποσότητα των συστατικών τυποποίησης του SNF προσδιορίζεται με τη χρήση της σχέσης 8.2:

$$\text{SNF} = (a - 0,09 \times \text{serum}) / (b - 0,09) \quad (8.2)$$

Όπου  $a$  = τα kg των ολικών SNF, στο 1 kg του μίγματος παγωτού (%SNF)

Και  $b$  = η περιεκτικότητα του συστατικού τυποποίησης SNF (π.χ. αν χρησιμοποιηθεί σκόνη αποβουτυρωμένου γάλακτος με περιεκτικότητα 97% σε SNF τότε  $b = 0,97$ ).

Η ποσότητα των συστατικών τυποποίησης του λίπους προσδιορίζεται με τη χρήση της σχέσης 8.3:

$$\text{Fat (kg)} = (c - d \cdot e) / (f - e) \quad (8.3)$$

Όπου  $c$  = τα kg του περιεχόμενου λίπους σε 1 kg μίγματος παγωτού.

$$d = [\text{serum}] \text{ (kg)} + [\text{λίπος}] \text{ (kg)} + [\text{SNF}] \text{ (kg)} \quad (8.4)$$

$e$  = η περιεκτικότητα του γάλακτος σε λιπαρά (π.χ. για γάλα περιεκτικότητας 1% σε λιπαρά, τότε  $e = 0,01$ )

και  $f$  = η περιεκτικότητα του συστατικού τυποποίησης του λίπους σε λιπαρά (π.χ. αν έχει χρησιμοποιηθεί κρέμα γάλακτος περιεκτικότητας 35% σε λιπαρά, τότε  $f = 0,35$ )

Τέλος, η απαιτούμενη ποσότητα γάλακτος είναι ίση με :

$$\text{Milk} = [d] \text{ (g)} - [\text{Fat}] \text{ (g)} \quad (8.5)$$

## Σχεδιασμός Προκαταρκτικών πειραμάτων

Όπως προαναφέρθηκε, στόχος της παρούσας διπλωματικής μεταξύ άλλων ήταν και ο προσδιορισμός της ακριβής ποσότητας γλυκαντικού με βάση τη Στέβια. Προκειμένου να επιτευχθεί ο στόχος αυτός χρειάστηκε να διενεργηθεί μια σειρά δοκιμαστικών πειραμάτων. Αυτό συνέβη διότι οι αναγραφόμενες αναλογίες στο εκάστοτε είδος γλυκαντικού με βάση τη Στέβια απέφεραν μη αποδεκτά οργανοληπτικά αποτελέσματα. Επίσης, από παλαιότερη διπλωματική εργασία επιλέχθηκε ο βέλτιστος σταθεροποιητής που ήταν η ξανθάνη. Ακολουθούν οι λεπτομέρειες των πειραμάτων αυτών που διενεργήθηκαν προκειμένου να υπολογιστεί η κατάλληλη ποσότητα γλυκαντικού με βάση τη Στέβια κάθε φορά. Κατά την περάτωση των πειραμάτων του πρώτου σταδίου, προσδιοτίστηκε το πείραμα (είδος και αναλογία σταθεροποιητή και γαλακτωματοποιητή, τρόπος ομογενοποίησης του μίγματος παγωτού) το οποίο οδήγησε στο καλύτερο αποτέλεσμα, σε ότι αφορά τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και χρησιμοποιήθηκε κατά την πραγματοποίηση των τελικών πειραμάτων. Τα στατιστικά αποτελέσματα καθώς επίσης και η καταγραφή των οργανοληπτικών και αντικειμενικών ιδιοτήτων των κάτωθι πειραμάτων χρησιμοποιήθηκε στην εξαγωγή αποτελεσμάτων.

	<b>Προβιοτικό 2% λιπαρά</b>	<b>Προβιοτικό 2% λιπαρά</b>
<b>Σκόνη γάλακτος (g)</b>	38,83	39,36
<b>Κρέμα γάλακτος (g)</b>	65,82	66,72
<b>Γάλα (g)</b>	623,08	631,62
<b>Ξανθάνη (g)</b>	3,00	3,00
<b>Μονογλυκερίδια (g)</b>	2,00	2,00
<b>Γιαούρτι (g)</b>	250,00	250,00
<b>Στέβια (g)</b>	16,00	6,00

Πίνακας 7.6 Δοκιμαστικά πειράματα για τον προσδιορισμό της ποσότητας της Στέβιας Assugrin.

	<b>Συμβατικό 2% λιπαρά</b>	<b>Προβιοτικό 2% λιπαρά</b>
<b>Σκόνη γάλακτος (g)</b>	39,53	39,53
<b>Κρέμα γάλακτος (g)</b>	67,00	67,00
<b>Γάλα (g)</b>	634,19	634,19
<b>Ξανθάνη (g)</b>	3,00	3,00
<b>Μονογλυκερίδια (g)</b>	2,00	2,00
<b>Γιαούρτι (g)</b>	250,00	250,00
<b>Στέβια (g)</b>	3,00	3,00

Πίνακας 7.7 Δοκιμαστικά πειράματα για τον προσδιορισμό της ποσότητας της κρυσταλλικής Στέβιας.

	<b>Συμβατικό 2% λιπαρά</b>	<b>Συμβατικό 4% λιπαρά</b>
<b>Σκόνη γάλακτος (g)</b>	39,67	42,25
<b>Κρέμα γάλακτος (g)</b>	67,25	120,96
<b>Γάλα (g)</b>	636,63	583,25
<b>Ξανθάνη (g)</b>	3,00	3,00
<b>Μονογλυκερίδια (g)</b>	2,00	2,00
<b>Γιαούρτι (g)</b>	250,00	250,00
<b>Στέβια (g)</b>	0,14	1,00

Πίνακας 7.8 Δοκιμαστικά πειράματα για τον προσδιορισμό της ποσότητας της Στέβιας με STG 92%.

	<b>Συμβατικό 4% λιπαρά</b>	<b>Συμβατικό 4% λιπαρά</b>
<b>Σκόνη γάλακτος (g)</b>	42,25	42,02
<b>Κρέμα γάλακτος (g)</b>	120,96	120,31
<b>Γάλα (g)</b>	583,25	580,10
<b>Ξανθάνη (g)</b>	3,00	3,00
<b>Μονογλυκερίδια (g)</b>	2,00	2,00
<b>Γιαούρτι (g)</b>	250,00	250,00
<b>Στέβια (g)</b>	1,00	5,00

Πίνακας 7.9 Δοκιμαστικά πειράματα για τον προσδιορισμό της ποσότητας της εγκλεισμένης Στέβιας.

## Σχεδιασμός Τελικών Πειραμάτων

Με βάση λοιπόν τη μέθοδο του ορού –serum mix– και τα δεδομένα που εξήχθησαν από τα προκαταρκτικά πειράματα προέκυψε ο σχεδιασμός που φαίνεται αναλυτικά στους επόμενους πίνακες για τα μίγματα με ζάχαρη αλλά και για καθένα από τα γλυκαντικά με βάση τη Στέβια.

	<b>Συμβατικό 2% λιπαρά</b>	<b>Συμβατικό 4% λιπαρά</b>	<b>Προβιοτικό 2% λιπαρά</b>	<b>Προβιοτικό 4%</b>
<b>Σκόνη γάλακτος (g)</b>	31,16	33,22	31,16	33,22
<b>Κρέμα γάλακτος (g)</b>	52,82	95,11	52,82	95,11
<b>Γάλα (g)</b>	500,00	458,60	500,00	458,60
<b>Ζάχαρη (g)</b>	160,00	160,00	160	160
<b>Ξανθάνη (g)</b>	3,00	3,00	3,00	3,00
<b>Μονογλυκερίδια (g)</b>	2,00	2,00	2,00	2,00
<b>Γιαούρτι (g)</b>	250,00	250,00	250,00	250,00

Πίνακας 7.1 Ποσότητες συστατικών για την παρασκευή δειγμάτων με ζάχαρη και με 25% γιαούρτι.



	<b>Συμβατικό 2% λιπαρά</b>	<b>Συμβατικό 4% λιπαρά</b>	<b>Προβιοτικό 2% λιπαρά</b>	<b>Προβιοτικό 4%</b>
<b>Σκόνη γάλακτος (g)</b>	39,42	42,02	39,42	42,02
<b>Κρέμα γάλακτος (g)</b>	66,81	120,31	66,81	120,31
<b>Γάλα (g)</b>	632,48	580,10	632,48	580,10
<b>Ξανθάνη (g)</b>	3,00	3,00	3,00	3,00
<b>Μονογλυκερίδια (g)</b>	2,00	2,00	2,00	2,00
<b>Γιαούρτι (g)</b>	250,00	250,00	250,00	250,00
<b>Στέβια (g)</b>	5,00	5,00	5,00	5,00

Πίνακας 7.2 Ποσότητες συστατικών για την παρασκευή δειγμάτων με στέβια Assugrin

	<b>Συμβατικό 2% λιπαρά</b>	<b>Συμβατικό 4% λιπαρά</b>	<b>Προβιοτικό 2% λιπαρά</b>	<b>Προβιοτικό 4%</b>
<b>Σκόνη γάλακτος (g)</b>	39,63	42,25	39,63	42,25
<b>Κρέμα γάλακτος (g)</b>	67,18	120,96	67,18	120,96
<b>Γάλα (g)</b>	635,90	583,25	635,90	583,25
<b>Ξανθάνη (g)</b>	3,00	3,00	3,00	3,00
<b>Μονογλυκερίδια (g)</b>	2,00	2,00	2,00	2,00
<b>Γιαούρτι (g)</b>	250,00	250,00	250,00	250,00
<b>Στέβια (g)</b>	1,00	1,00	1,00	1,00

Πίνακας 7.3 Ποσότητες συστατικών για την παρασκευή δειγμάτων με στέβια κρυσταλλική 12,5% καθαρότητας

	<b>Συμβατικό 2% λιπαρά</b>	<b>Συμβατικό 4% λιπαρά</b>	<b>Προβιοτικό 2% λιπαρά</b>	<b>Προβιοτικό 4%</b>
<b>Σκόνη γάλακτος (g)</b>	39,66	42,27	39,66	42,27
<b>Κρέμα γάλακτος (g)</b>	67,22	121,04	67,22	121,04
<b>Γάλα (g)</b>	636,32	583,64	636,32	583,64
<b>Ξανθάνη (g)</b>	3,00	3,00	3,00	3,00
<b>Μονογλυκερίδια (g)</b>	2,00	2,00	2,00	2,00
<b>Γιαούρτι (g)</b>	250,00	250,00	250,00	250,00
<b>Στέβια (g)</b>	0,50	0,50	0,50	0,50

Πίνακας 7.4 Ποσότητες συστατικών για την παρασκευή δειγμάτων με στέβια με STG 92%.

	<b>Συμβατικό 2% λιπαρά</b>	<b>Συμβατικό 4% λιπαρά</b>	<b>Προβιοτικό 2% λιπαρά</b>	<b>Προβιοτικό 4%</b>
<b>Σκόνη γάλακτος (g)</b>	39,15	41,74	39,15	41,74
<b>Κρέμα γάλακτος (g)</b>	66,36	119,50	66,36	119,50
<b>Γάλα (g)</b>	628,21	576,19	628,21	576,19
<b>Ξανθάνη (g)</b>	3,00	3,00	3,00	3,00
<b>Μονογλυκερίδια (g)</b>	2,00	2,00	2,00	2,00
<b>Γιαούρτι (g)</b>	250,00	250,00	250,00	250,00
<b>Στέβια (g)</b>	10,00	10,00	10,00	10,00

Πίνακας 7.5 Ποσότητες συστατικών για την παρασκευή δειγμάτων με εγκλεισμένη στέβια.

## 7.6 Ανάλυση δειγμάτων & Πειραματικές μετρήσεις

1. Ικανότητα Απόδαρσης (whippability): Η ικανότητα απόδαρσης αναφέρεται στην ικανότητα διόγκωσης του παγωτού κατά το χτύπημά του στο míxer. Αρχικά μετράται ο αρχικός όγκος του δείγματος και εισάγεται στο míxer. Ακολουθεί χτύπημα για 3 min και μετράται πάλι ο όγκος του. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται μέχρι να αναγνωρισθεί η τελική του διόγκωση (περίπου 3 επαναλήψεις). Η ικανότητα απόδαρσης υπολογίζεται ως εξής:

$$\text{Απόδαρση (Whippability) \%} = \frac{\text{Τελικός όγκος} - \text{Αρχικός όγκος}}{\text{Αρχικός όγκος}} \times 100$$

2. Μέτρηση pH: Μετά την ανάμιξη του μίγματος παγωτού με γιαούρτι μετράται το pH του δείγματος με πεχάμετρο.
3. Οξύτητα (γαλακτικό οξύ %): Στα δείγματα μετρήθηκε η ογκομετρούμενη οξύτητα των μιγμάτων παγωτού – γιαουρτιού. Η διαδικασία προσδιορισμού της οξύτητας βασίζεται στην τιτλοδότηση 10g μίγματος παγωτού – γιαουρτιού με διάλυμα NaOH 0,1N και δείκτη φαινολοφθαλεΐνη (2-3 σταγόνες). Το πέρας της τιτλοδότησης καθορίζεται κατά τη μεταβολή του χρώματος του δείκτη στο διάλυμα, από άχρωμο σε ροδαλό. Η οξύτητα των δειγμάτων εκφράστηκε ως η % περιεκτικότητά τους σε γαλακτικό οξύ (L.A.) σύμφωνα με τη σχέση:

$$\text{Οξύτητα (\% L.A.)} = \frac{\text{πλί 0.1N NaOH} \cdot \text{V}_{\text{tit}}}{10g} \times 100$$

4. Ιξώδες: Το ιξώδες των μιγμάτων παγωτού – γιαούρτι προσδιορίστηκε με τη χρήση ιξωδόμετρου BrookfieldTypeLV. Για τη λήψη των μετρήσεων, χρησιμοποιήθηκε το στέλεχος #3, ενώ η ταχύτητα περιστροφής των spindles ήταν 30 RPM. Το ιξώδες υπολογίστηκε πριν και μετά από την ωρίμανση (και κατά συνέπεια την προσθήκη του προβιοτικού γιαουρτιού / δύο μετρήσεις ανά δείγμα).

5. Αναλυτής Υφής: Η ανάλυση υφής πραγματοποιήθηκε στον αναλυτή υφής TextureAnalyserStableMicrosystemsLtd με τη χρήση του κυλινδρικού στελέχους. Η ταχύτητα καθόδου του στελέχους ρυθμίστηκε στα 3mm/s. Ο σκοπός αυτής της μέτρησης είναι η εύρεση των παραμέτρων αντικειμενικής σκληρότητας, συνεκτικότητας και προσκολλησιμότητας του παγωτού. Σε κάθε δείγμα έγιναν δύο διεισδύσεις.
6. Ρυθμός Τήξης: Ποσότητα κατεψυγμένου παγωτού τοποθετείται εντός μεταλλικού πλέγματος πάνω από υάλινα χωνιά και σε θερμοκρασία περιβάλλοντος (25-28 °C) αφήνεται να λιώσει. Κατά τη διάρκεια της πειραματικής μέτρησης μετράται ο χρόνος πτώσης πρώτης σταγόνας (firstdripping) και η μάζα του τηγμένου παγωτού ανά 10 min. Η μέτρηση σταματά 60 min μετά από την πτώση της πρώτης σταγόνας. Σκοπός αυτής της μέτρησης είναι η αντίσταση του παγωτού στην τήξη. Έπειτα, από τη μάζα του τηγμένου δείγματος και το χρόνο υπολογίζονται οι ρυθμοί τήξης από το γραμμικό τμήμα της καμπύλης. Το σημείο στο οποίο η καμπύλη τέμνει τον άξονα του χρόνου αποτελεί το χρόνο έναρξης τήξης του παγωτού.

## **7.7 Οργανοληπτικός Έλεγχος – Ποσοτική Περιγραφική Ανάλυση**

Η οργανοληπτική εξέταση των τροφίμων είναι απαραίτητη για τη συνολική εκτίμηση της ποιότητας των τροφίμων. Η εξέταση αυτή περιλαμβάνει την εκτίμηση/αξιολόγηση των τροφίμων με τις αισθήσεις (γεύση, οσμή, όραση, αφή και ακοή). Τα χαρακτηριστικά των τροφίμων που εκτιμούνται είναι με τη σειρά που γίνονται αντιληπτά: εμφάνιση (χρώμα, σχήμα, μέγεθος, ελαττώματα), υφή με το χέρι ή το κουτάλι/μαχαίρι (σκληρότητα κτλ.), οσμή, γεύση, ακουστικό αποτέλεσμα κατά το δάγκωμα-μάσημα (τραγανότητα), υφή στο στόμα κατά το δάγκωμα ή μάσημα (σκληρότητα, ελαστικότητα, λιπαρότητα, κτλ.), άρωμα (flavor-οσμή/γεύση) και μετάγευση. Ο οργανοληπτικός έλεγχος εφαρμόζεται στη βιομηχανία τροφίμων για τον έλεγχο της οργανοληπτικής ποιότητας ή στο τμήμα έρευνας και ανάπτυξης κατά το σχεδιασμό νέων προϊόντων. Η οργανοληπτική εξέταση, προκειμένου να δώσει αξιόπιστα αποτελέσματα, πρέπει να ικανοποιεί ορισμένες προϋποθέσεις όπως:

- οργανοληπτικό εργαστήριο ειδικό για τη διεξαγωγή των δοκιμών, το οποίο να διαθέτει χωριστούς θαλάμους δοκιμών και κατάλληλες συνθήκες υγρασίας, θερμοκρασίας, φωτισμού, αερισμού, απουσία οσμών θορύβων κτλ.
- εκπαιδευμένη ομάδα (panel) δοκιμαστών για τις δοκιμές, οι οποίοι θα πρέπει να λειτουργούν ως όργανα μέτρησης, και συνεπώς θα πρέπει να ικανοποιούν συνθήκες συμπεριφοράς (όχι κάπνισμα, όχι

κατανάλωση φαγητού πριν τις δοκιμές, ξέπλυμα στόματος με νερό πριν και μετά τις δοκιμές κτλ.)

- πρότυπες δοκιμές οργανοληπτικού ελέγχου για την εξέταση των τροφίμων
- κατάλληλα έντυπα για τους δοκιμαστές και
- αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των δοκιμών με κατάλληλη στατιστική επεξεργασία.

Οι ειδικές περιγραφικές δοκιμές, όπως χρησιμοποιήθηκαν εδώ παρέχουν αξιολόγηση και εκτίμηση των δειγμάτων σε κλίμακα ομοιότητας, σε γραφική κλίμακα (χαμογελαστού προσώπου) ή σε κλίμακα αποτελούμενη από σειρά αριθμών όπως στην παρούσα διπλωματική (κλίμακα αρεσκείας π.χ. 1-9, 0-10, 1-7, 0-5) που αντιστοιχεί σε περιοχή χαμηλής μέχρι υψηλής έντασης του χαρακτηριστικού ή σε κλίμακα κατηγοριών που αποτελούνται από περιγραφικές λέξεις (κατατομή-profile, περιγραφική ανάλυση) ή θέσεις που αντιπροσωπεύουν σωστά (επιτυχή) επίπεδα του χαρακτηριστικού (δοκιμές αναλογικών μεγεθών). Στις ειδικές περιγραφικές δοκιμές συνήθως τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά αξιολογούνται με τη σειρά που γίνονται αντιληπτά (εμφάνιση, υφή στο χέρι, οσμή, γεύση, υφή στο στόμα, άρωμα, μετάγευση) και καθένα από αυτά αναλύεται σε επί μέρους συνιστώσες ανάλογα με το τρόφιμο. Στη συγκεκριμένη περίπτωση για την αξιολόγηση των μιγμάτων παγωτού – γιαούρτι, χρησιμοποιήθηκε μια κλίμακα βαθμολόγησης 1-10, με υποδιαστήματα κλίμακας 0,5. Το 1 στην κλίμακα αρεσκείας ισοδυναμεί με «καθόλου» ή «μη αποδεκτή» ενώ το 10 με «πάρα πολύ» ή «άριστη».

Στην επόμενη σελίδα ακολουθεί το οργανοληπτικό έντυπο.

**ΕΝΤΥΠΟ ΟΡΓΑΝΟΛΗΠΤΙΚΗΣ ΕΞΕΤΑΣΗΣ ΠΑΓΩΤΟΥ - ΓΙΑΟΥΡΤΙ**

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΔΟΚΙΜΑΣΤΗ: Ημερομηνία:

Οργανοληπτικά Χαρακτηριστικά					
Χρώμα	Λευκό (κανονικό)				
	Αντίστοιχο των λιπαρών				
	Άλλο				
Εμφάνιση	Σχήμα				
	Διόγκωση				
	Αφρώδης/Λεπτή				
	Συμπαγής				
	Ελαττώματα				
Οσμή	Κανονική - Ευχάριστη				
	Γιαουρτιού				
	Παγωτού				
	Καμμένου				
	Άλλη				
Υφή (στο κουτάλι)	Λεπτή				
	Συνεκτική				
	Σκληρή				
	Τραχεία				
	Ελαστική				
	Κολλώδης				
	Κομμιώδης (στοκουτάλι)				
	Αφρώδης				
	Εύθριπτη				
	Υδαρής/Λασπώδης				
	Κοκκώδης				
	Παγοκρύσταλλοι				
Υφή (στο στόμα)	Λεπτή				
	Συνεκτική				
	Σκληρή				
	Τραχεία				
	Ελαστική				
	Κομμιώδης (στον ουρανίσκο)				
	Αφρώδης				
	Εύθριπτη				
	Λιπαρότητα				
	Υδαρής/Λασπώδης				
	Κοκκώδης				
	Παγοκρύσταλλοι				
Γεύση	Γλυκιά				
	Όξινη				
	Ευχάριστη				
	Μεταλλική/Χημική				
	Πικρή				
Άρωμα (οσμή/γεύση)	Ευχάριστο				
	Γιαουρτιού				
	Καμμένου				
	Ορού				
	Ταγγό				
	Αλλοιωμένο, ξένο				
Μετάγευση					
Τήξη					
Συνολική εκτίμηση					

Για κάθε μία ιδιότητα πρέπει να γνωρίζει κανείς τα εξής:

Ιδιότητες που αφορούν στο χρώμα:

Λευκό (κανονικό), Αντίστοιχο των λιπαρών: αναφέρεται στο βαθμό αποδοχής του χρώματος, αφού εξαχθεί το δείγμα από τον καταψύκτη, ως συνισταμένη της έντασης, της ομοιομορφίας και της ύπαρξης μη αποδεκτών – αφύσικων χρώσεων.

Ιδιότητες που αφορούν στην εμφάνιση:

Σχήμα, Διόγκωση, Αφρώδης/Λεπτή, Συμπαγής: αναφέρεται στο βαθμό αποδοχής της εξωτερικής εμφάνισης, αφού εξαχθεί το δείγμα από τον καταψύκτη ως συνισταμένη της ομοιομορφίας την οποία αντιλαμβάνεται κανείς με την όψη του προϊόντος.

Ιδιότητες που αφορούν στην οσμή:

Κανονική/Ευχάριστη, Γιαουρτιού, Παγωτού, Καμμένου: αφορά στο βαθμό αποδοχής του αρώματος του προϊόντος ως συνισταμένη της έντασης του αρώματος παγωτού, του αρώματος γιαουρτιού και της ύπαρξης μη αποδεκτής οσμής όπως για παράδειγμα του καμμένου.

Ιδιότητες υφής στο κουτάλι:

1. Λεπτή: παγωτό που έχει μία επιφάνεια απαλλαγμένη από τραχύτητα ή εξογκώματα ή προεξοχές ή ανωμαλίες.
2. Συνεκτική: περιγράφει τη συμπαγή δομή.
3. Σκληρή: περιγράφει την ευκολία ή τη δυσκολία τεμαχισμού του δείγματος με το κουτάλι.
4. Τραχεία: αναφέρεται στην ύπαρξη τραχύτητας που εντοπίζεται στο κουτάλι και που συνήθως οφείλεται στην ύπαρξη παγοκρυστάλλων στο δείγμα.
5. Ελαστική: αφορά στην ελαστική δομή.
6. Κολλώδης: αφορά στην ομοιότητα ως προς την υφή με κόλλα.
7. Κομμιώδης: αφορά την ανίχνευση μίας ελαστικής δομής (σαν τσίχλα) του δείγματος, όταν τεμαχίζεται με το κουτάλι.
8. Αφρώδης: αφορά στην απαλή και αφράτη δομή.
9. Εύθριπτη: χαρακτηρίζει τα δείγματα τα οποία θρυμματίζονται εύκολα στο κουτάλι.

10. Υδαρής/Λασπώδης: παγωτό που κατά την τήξη του στο κουτάλι γίνεται πολύ <<νερουλό >> και αραιό ή <<λασπερό>>.
11. Κοκκώδης: αφορά την ανίχνευση μίας ελαστικής δομής του δείγματος.
12. Παγοκρύσταλλοι: περιγράφουν την έντονη κρυστάλλωση.

#### Ιδιότητες υφής στο στόμα:

1. Λεπτή: αφορά στην απουσία της αίσθησης της τραχύτητας στο στόμα.
2. Συνεκτική: περιγράφει την συμπαγή υφή στο στόμα.
3. Σκληρή: περιγράφει την ευκολία ή τη δυσκολία τεμαχισμού του δείγματος με το κουτάλι.
4. Τραχεία: αναφέρεται στην ύπαρξη τραχύτητας που εντοπίζεται στο κουτάλι και που συνήθως οφείλεται στην ύπαρξη παγοκρυστάλλων στο δείγμα.
5. Ελαστική
6. Κομμιώδης: αφορά την ανίχνευση μίας ελαστικής δομής του δείγματος στο στόμα.
7. Αφρώδης: αναφέρεται στην <<αφρατότητα>> και την απαλότητα.
8. Εύθριπτη: χαρακτηρίζει τα δείγματα τα οποία θρυμματίζονται εύκολα στο κουτάλι.
9. Λιπαρότητα
10. Υδαρής/Λασπώδης: παγωτό που κατά την τήξη του στο στόμα γίνεται πολύ <<νερουλό >> και αραιό ή <<λασπερό>>.
11. Κοκκώδης: εντοπισμός κόκκων που θρυμματίζονται σταδιακά κατά τη μάσηση.
12. Παγοκρύσταλλοι: αναφέρεται στην έντονη κρυστάλλωση κατά τη μάσηση.

#### Ιδιότητες που αφορούν στη γεύση:

1. Γλυκιά: αφορά στην εκτίμηση της έντασης των γλυκαντικών υλών.
2. Ώξινη: αναφέρεται στην ξινή γεύση που μπορεί να εντοπισθεί λόγω της προσθήκης προβιοτικού γιαουρτιού.
3. Ευχάριστη: περιγράφει το πόσο αποδεκτή και θετική γεύση έχει το προϊόν.



4. Μεταλλική/Χημική: αναφέρεται στον εντοπισμό μη αποδεκτής – αφύσικης γεύσης.
5. Πικρή: αναφέρεται στον εντοπισμό πικρής γεύσης.

#### Ιδιότητες που αφορούν στο άρωμα (γεύση/οσμή)

Ευχάριστο: αφορά στο βαθμό αποδοχής του αρώματος ως συνισταμένη της γεύσης και της οσμής.

Γιαουριού: αφορά στην τυχόν έντονη γεύση γάλακτος.

Καμμένου: αναφέρεται σε τυχόν ενδείξεις παρατεταμένης θερμικής κατεργασίας.

Ορού: αφορά μόνο την ανίχνευση γεύσης τυρογάλακτος (δεν αφορά χαρακτηριστικά που οφείλονται στη λακτόζη).

Ταγγό: αναφέρεται στην ανίχνευση ταγγής γεύσης προερχόμενης από οξειδωμένες λιπαρές ουσίες.

Αλλοιωμένο, ξένο: αναφέρεται σε συνδυασμό αρώματος – γεύσης που δεν περιγράφεται από τα ανωτέρω.

#### Συνολικές ιδιότητες

Μετάγευση: η αίσθηση που δημιουργείται μετά την κατάποση.

Τήξη: αφορά στην ευκολία τήξης, τη συναίρεση, το υδαρές, τη δημιουργία αφρού και τη δημιουργία πήγματος

Συνολική εκτίμηση: μια γενική βαθμολογία του προϊόντος

Ο οργανοληπτικός έλεγχος πραγματοποιήθηκε βάσει της μεθοδολογίας που προτείνεται από τους Mashalletal., 2003, Hui, 1993 και τον ADSA. Για την εκτέλεση του επιλέχθηκαν τυχαία 4 άτομα με σκοπό να τηρηθεί η υποκειμενικότητα στην αξιολόγηση των δειγμάτων. Ο οργανοληπτικός έλεγχος έλαβε χώρα στη θερμοκρασία αποθήκευσης στον καταψύκτη (-25 °C).

## 7.8 Στατιστική επεξεργασία

Για τα δείγματα που παρασκευάστηκαν μετρήθηκαν ορισμένες αντικειμενικές και υποκειμενικές ιδιότητες όπως έχει ήδη αναφερθεί.

Πρωτεύων στόχος όμως προκειμένου στη συνέχεια να μελετηθούν οι προαναφερθείσες ιδιότητες ήταν να βρεθεί εν τέλει πειραματικά η σωστή ποσότητα σε κάθε είδος γλυκοζιτών στεβιόλης. Ξεκινώντας με την εμπορική Assugrin, η βιβλιογραφία συνιστούσε την αναλογία 1 προς 10 δηλαδή αντί για 160 g ζάχαρης 16 g Assugrin. Όμως το δείγμα αυτό ήταν μη αποδεκτό οργανοληπτικά. Παρουσίαζε μία υπέρ του δέοντος γλυκύτητα, πολύ πικρή μετάγευση καθώς επίσης εμφάνιζε και μεταλλική – χημική γεύση. Στη συνέχεια μειώθηκε η ποσότητα σε 6 g. Το αποτέλεσμα ήταν σαφώς καλύτερο όμως δεν είχε φτάσει το αποδεκτό. Τελικά η ποσότητα σταθεροποιήθηκε στα 5 g και προσαρμόστηκαν ανάλογα και τα υπόλοιπα συστατικά του μίγματος παγωτού.

Στη συνέχεια, όσον αφορά τους κρυσταλλικούς γλυκοζίτες στεβιόλης καθαρότητας 12,5% η βιβλιογραφία πρότεινε σε μίγμα παγωτού 1000 g την ποσότητα των 3 g όμως το προϊόν ήταν για άλλη μία φορά μη αποδεκτό οργανοληπτικά. Παρουσίαζε αλλοιωμένο άρωμα, κομμωδή υφή στον ουρανίσκο και πικρή μετάγευση. Η ποσότητα σταθεροποιήθηκε στο 1 g όπου και το προϊόν κρίθηκε αποδεκτό.

Έπειτα, στους γλυκοζίτες στεβιόλης με δείκτη STG 92% η βιβλιογραφία συνιστούσε σε μίγμα 1000 g μίγματος παγωτού ποσότητα γλυκοζιτών της τάξεως των 0,14 g. Και σε αυτή την περίπτωση το αποτέλεσμα ήταν μη αποδεκτό οργανοληπτικά, αφού είχε πολύ έντονη πικρή γεύση και κοκκώδη υφή στο στόμα. Στη συνέχεια η ποσότητα αυξήθηκε στο 1 g όμως το αποτέλεσμα δεν ήταν για ακόμη μία φορά αποδεκτό. Η γλυκύτητα αυξήθηκε εντυπωσιακά και η μετάγευση ήταν ιδιαίτερα πικρή. Εν τέλει η ποσότητα σταθεροποιήθηκε στα 0,5 g όπου και οι οργανοληπτικές ιδιότητες του προϊόντος έλαβαν όλες τιμές εντός των επιτρεπτών ορίων.

Τέλος, όσον αφορά τους εγκλεισμένους γλυκοζίτες στεβιόλης με βάση τα εργαστηριακά δεδομένα η συνιστώμενη ποσότητα ήταν 1 g. Όμως για ακόμα μία φορά το αποτέλεσμα δεν ήταν το αναμενόμενο. Το προϊόν εμφάνισε σχεδόν μηδενική γλυκύτητα, πολύ στυφή υφή στο στόμα και πικρή γεύση. Έπειτα η ποσότητα αυξήθηκε στα 5 g όμως πάλι η γλυκύτητα του προϊόντος δεν ήταν η επιθυμητή. Τελικά η ποσότητα σταθεροποιήθηκε στα 10 g όπου και τα συστατικά ισορρόπησαν οπότε και μετρήθηκαν οι αντικειμενικές και υποκειμενικές ιδιότητες του προϊόντος.

Αρχικά λοιπόν οι ιδιότητες του παγωτού γιαούρτι που μελετήθηκαν επεξεργάστηκαν στατιστικά με τη μέθοδο Anova, χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα Statistica. Για τις ιδιότητες που παρατηρήθηκε σημαντική επίδραση, είτε του είδους του γιαουρτιού (προβιοτικό ή συμβατικό), είτε του ποσοστού λιπαρών (2% ή 4%), είτε του είδους του γλυκαντικού μέσου (ζάχαρη ή διαφόρων ειδών γλυκοζιτών στεβιόλης), εφαρμόστηκε το κριτήριο Dunckan'stest για την ομαδοποίηση των δειγμάτων με βάση τη μέση τιμή τους στην εκάστοτε ιδιότητα. Μετά την επεξεργασία των τιμών των ιδιοτήτων του παγωτού με Anova εφαρμόστηκε η μέθοδος της ανάλυσης κύριων

συνιστωσών (PCA) με χρήση του προγράμματος στατιστικής επεξεργασίας δεδομένων Statistica. Η PCA εφαρμόστηκε για όλες τις παραμέτρους που αναφέρθηκαν για καλύτερη ομαδοποίηση των δειγμάτων με βάση όλες τις ιδιότητες που μελετήθηκαν. Επίσης, με την εφαρμογή του PCA ερευνήθηκε η συσχέτιση ορισμένων αντικειμενικών με ορισμένες υποκειμενικές ιδιότητες που προέκυψαν μέσω του οργανοληπτικού ελέγχου.

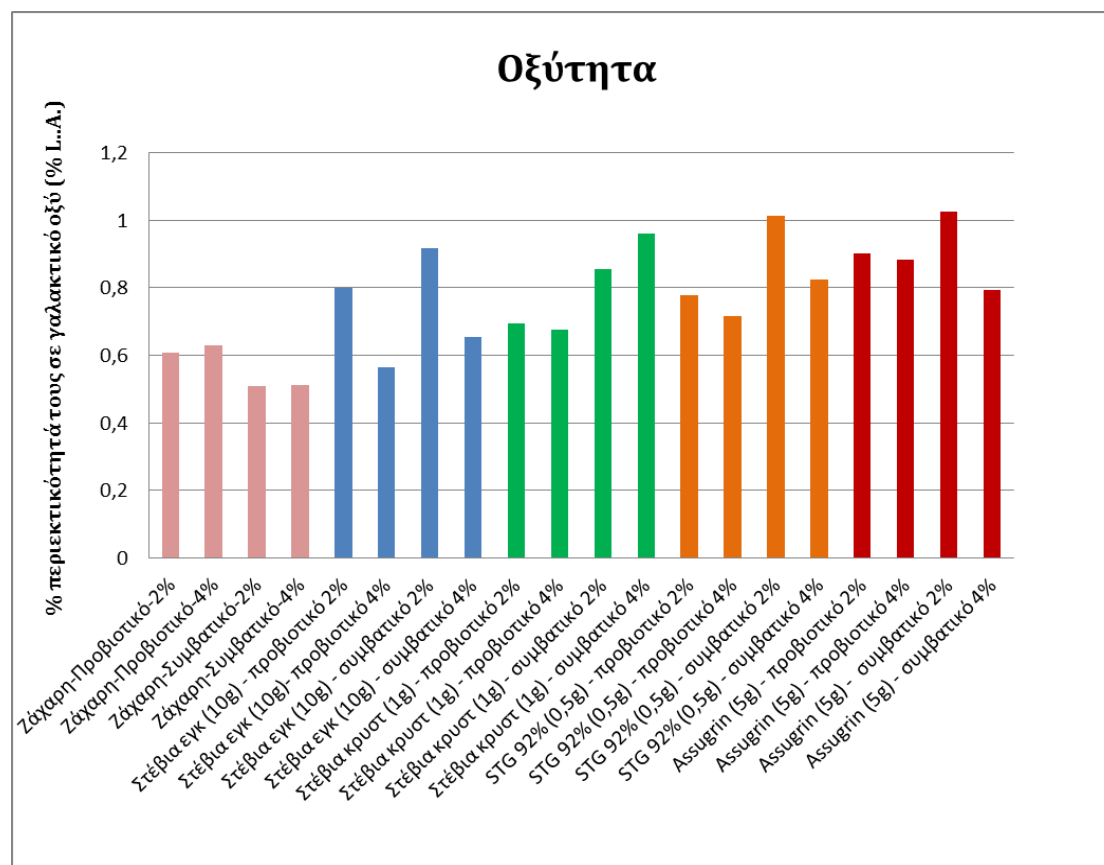
## 8. Αποτελέσματα – Συζήτηση

### Αντικειμενικές Ιδιότητες

#### 1. Οξύτητα μίγματος παγωτού γιαούρτι

Η οξύτητα του μίγματος επηρεάστηκε σημαντικά από το είδος του γλυκαντικού μέσου ( $P < 0,05$ ).

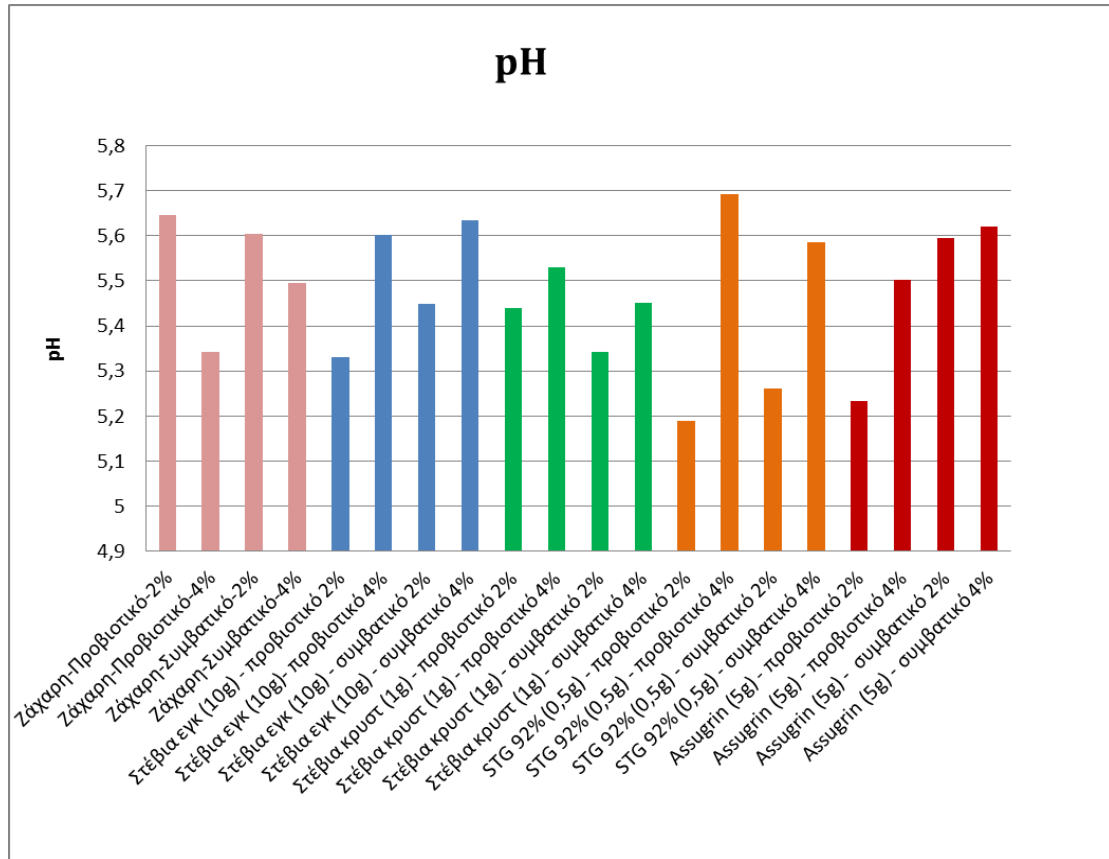
Χαμηλότερη οξύτητα εμφάνισαν τα δείγματα που περιείχαν ζάχαρη (μέση τιμή 0,57). Αμέσως μετά ακολουθούν τα δείγματα με εγκλεισμένους γλυκοζίτες στεβιόλης (μέση τιμή 0,73), στη συνέχεια τα δείγματα με κρυσταλλικούς γλυκοζίτες στεβιόλης (μέση τιμή 0,79), έπειτα τα δείγματα με γλυκοζίτες στεβιόλης με δείκτη STG 92% (μέση τιμή 0,84) και τέλος, μεγαλύτερη οξύτητα εμφάνισαν τα δείγματα με Assugrin (μέση τιμή 0,91).



Σχήμα 8.1 Απεικόνιση τιμών οξύτητας για κάθε δείγμα

## 2. pH μίγματος παγωτού γιαούρτι

Το pH των μιγμάτων δεν φάνηκε να επηρεάζεται σημαντικά από κανένα παράγοντα, γεγονός αναμενόμενο αφού οι παράγοντες που επηρεάζουν το pH δεν διαταράχθηκαν.



Σχήμα 8.2 Απεικόνιση τιμών pH για κάθε δείγμα.

## 3. Ικανότητα απόδρασης μίγματος παγωτού γιαούρτι (whippability)

Η ικανότητα απόδρασης φαίνεται να επηρεάστηκε και από τις τρεις εξεταζόμενες παραμέτρους.

Όσον αφορά στο είδος του γιαουρτιού ( $P < 0,01$ ) στα προβιοτικά δείγματα εμφανίστηκε απόδραση κατά μέσο όρο της τάξης του 30,56%, ενώ στα συμβατικά δείγματα εμφανίστηκε απόδραση μέσου όρου 43,66%.

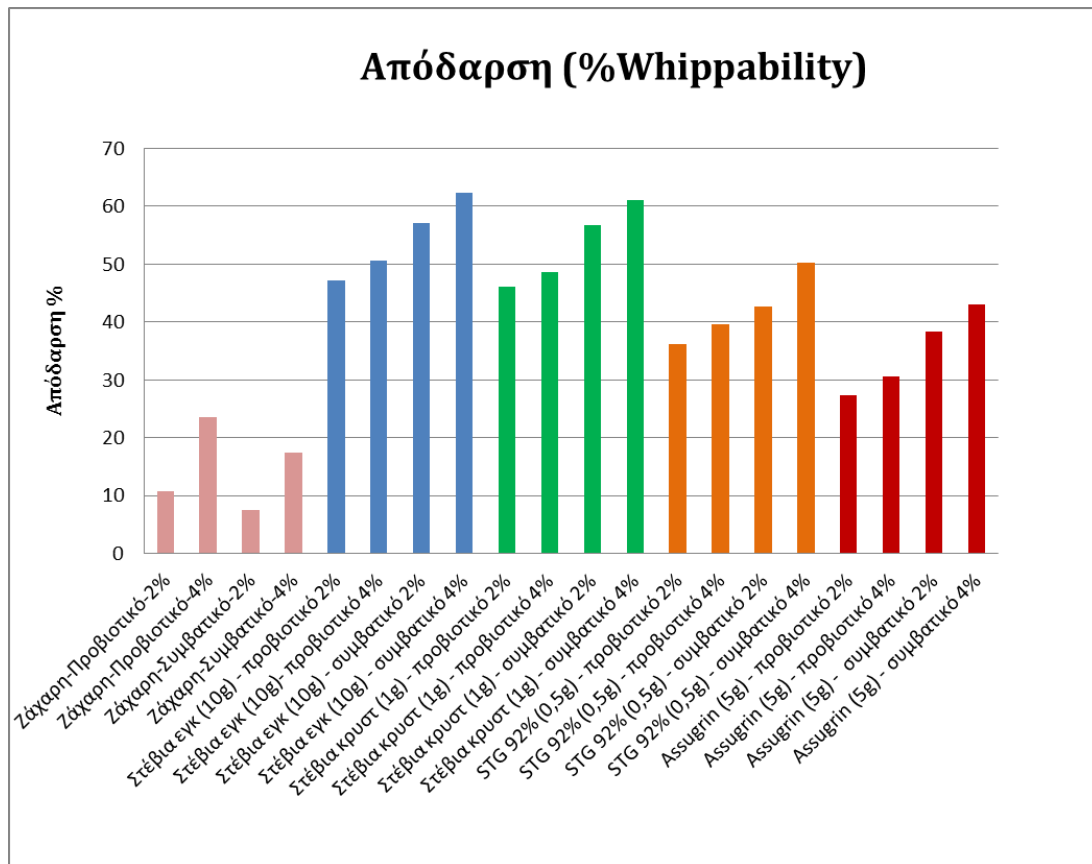
Σε σχέση με το ποσοστό λιπαρών ( $P < 0,05$ ) τα δείγματα με 2% λιπαρά εμφάνισαν απόδραση μέσου όρου 37%, ενώ τα δείγματα με 4% λιπαρά εμφάνισαν απόδραση μέσο όρο της τάξης του 42,72%.

Τέλος, όσον αφορά στο είδος του γλυκαντικού μέσου που χρησιμοποιήθηκε ( $P < 0,01$ ) η απόδραση έλαβε τους εξής μέσους όρους κατά αύξουσα σειρά:

14,81% < 34,83% < 42,19% < 53,15% < 54,32%

και αφορά αντίστοιχα στα δείγματα με:

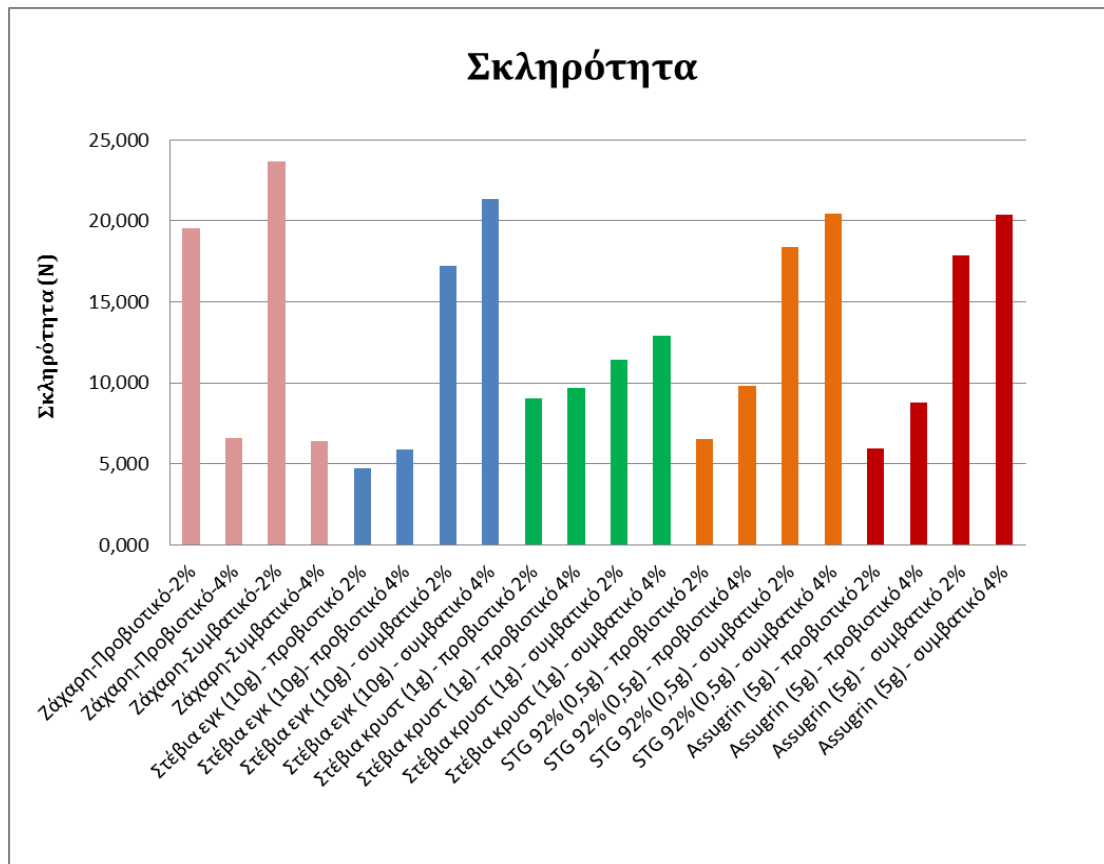
Zάχαρη < Assugrin < Stevia με STG 92% < Κρυσταλλική Stevia < Εγκλεισμ. Stevia.



Σχήμα 8.3 Απεικόνιση τιμών απόδοσης για κάθε δείγμα

#### 4. Σκληρότητα στον αναλυτή υψής παγωτού γιαούρτι

Η σκληρότητα όπως αυτή μετρήθηκε στον αναλυτή υψής φαίνεται να επηρεάζεται και μάλιστα έντονα ( $P < 0,05$ ) από το είδος του γιαουρτιού. Τα δείγματα με προβιοτικό γιαούρτι έδωσαν μία σκληρότητα της τάξης των 8,65 N, ενώ τα δείγματα με συμβατικό γιαούρτι έδωσαν σκληρότητα κατά μέσο όρο ίση με 17,00 N.



Σχήμα 8.4 Απεικόνιση τιμών σκληρότητας για κάθε δείγμα.

#### 5. Προσκολλησιμότητα στον αναλυτή υψής παγωτού γιαούρτι

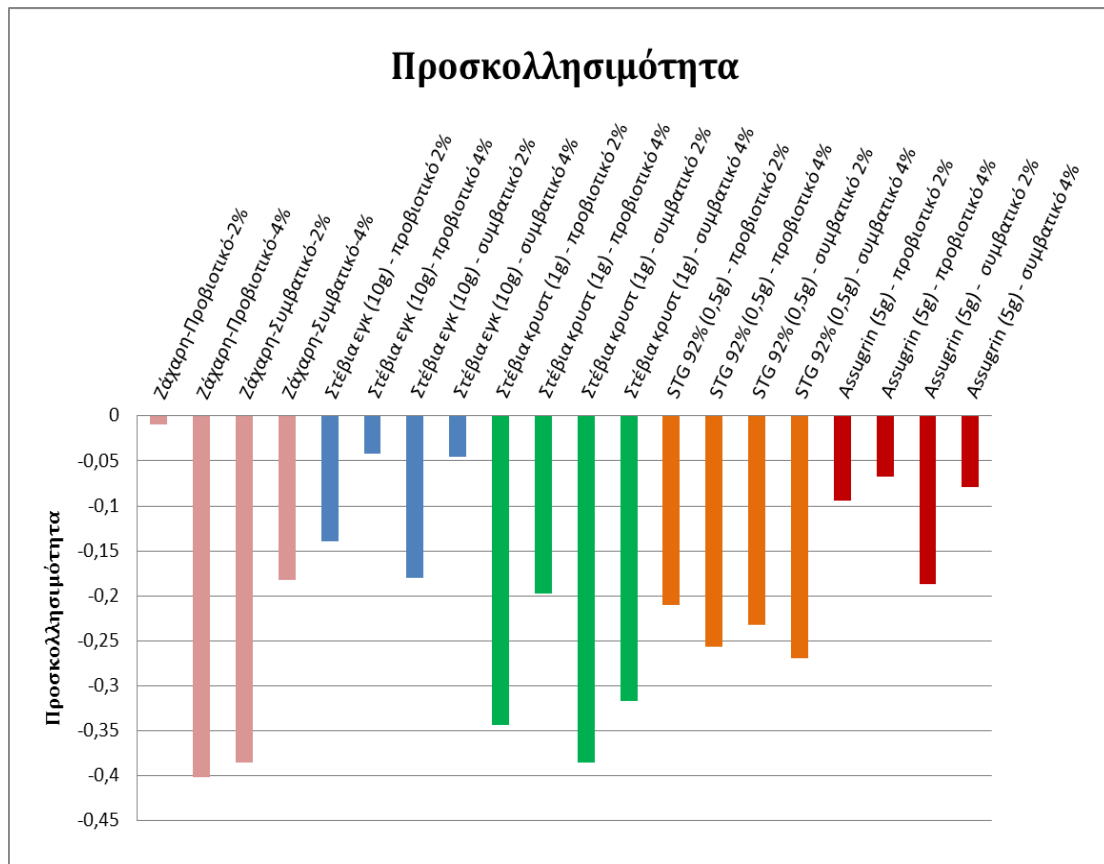
Η προσκολλησιμότητα όπως αυτή μετρήθηκε στον αναλυτή υψής φαίνεται να επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό ( $P < 0,05$ ) από το είδος των γλυκαντικών.

Η προσκολλησιμότητα που εμφανίστηκε με αύξουσα σειρά είναι η εξής:

$$-0,31 < -0,25 < -0,24 < -0,11 < -0,10$$

και τα δείγματα που αφορούν αντίστοιχα:

Κρυσταλλική Stevia < Zάχαρη < Stevia με STG 92% < Assugrin < Εγκλεισμένη Stevia.



Σχήμα 8.5 Απεικόνιση τιμών προσκολλησιμότητας για κάθε δείγμα.

#### 6. Συνεκτικότητα στον αναλυτή υφής

Η συνεκτικότητα όπως αυτή μετρήθηκε στον αναλυτή υφής φαίνεται να επηρεάζεται πολύ ( $P < 0,01$ ) από το είδος των γλυκαντικών.

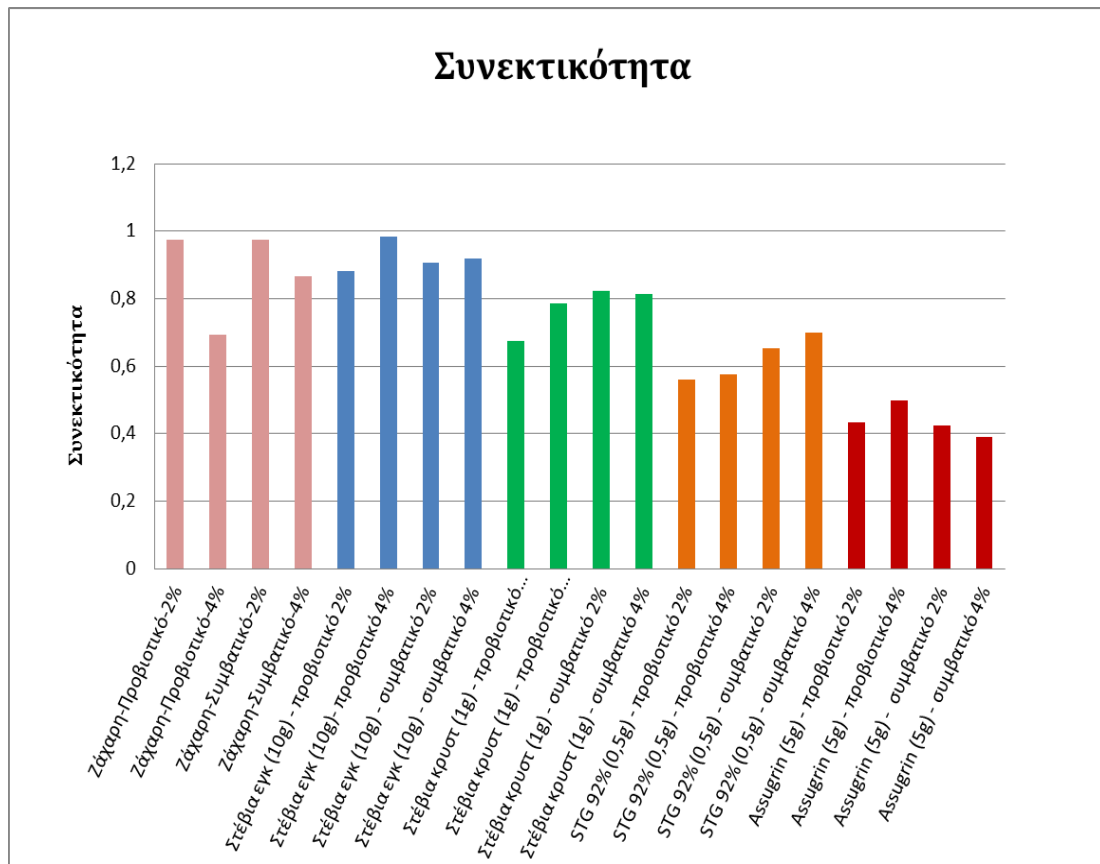
Η συνεκτικότητα που εμφανίστηκε με αύξουσα σειρά είναι η εξής:

$$0,44 < 0,62 < 0,78 < 0,88 < 0,92$$

και τα δείγματα που αφορούν αντίστοιχα:

Assugrin < Stevia με STG 92% < Κρυσταλλική Stevia < Ζάχαρη < Εγκλεισμένη Stevia.

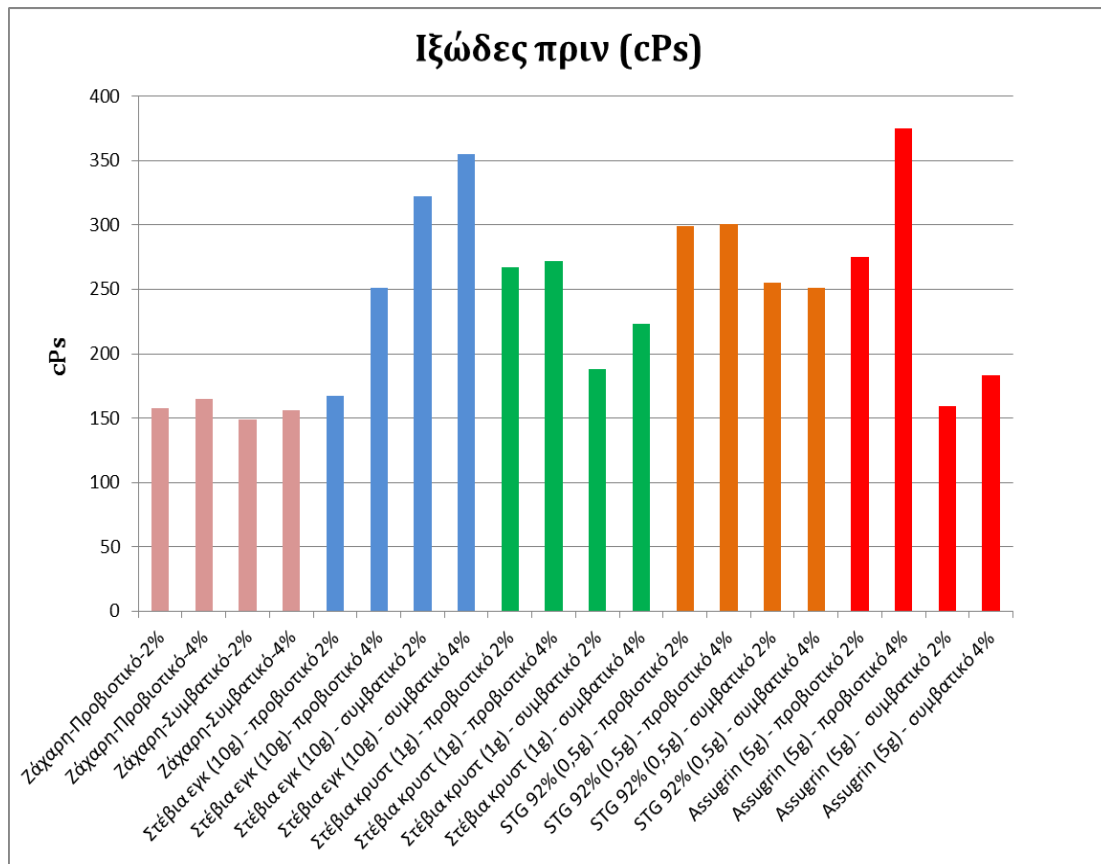




Σχήμα 8.6 Απεικόνιση τιμών συνεκτικότητας για κάθε δείγμα.

## 7. Ιξώδες μίγματος πριν από την ανάμιξη με το γιαούρτι

Το ιξώδες, όπως μετρήθηκε μετά την ωρίμανση του μίγματος παγωτού και πριν από την ανάμιξη με το γιαούρτι, φαίνεται να μην επηρεάζεται από καμία παράμετρο. Το αποτέλεσμα αυτό οφείλεται στα φαινόμενα ενυδάτωσης του υδροκολλοειδούς (ξανθάνη) και των πρωτεϊνών (έχουν την ικανότητα συγκράτησης υγρασίας) καθώς και στη μερική κρυστάλλωση των λιπαρών.



Σχήμα 8.7 Απεικόνιση τιμών ιξώδους πριν την ανάμιξη για κάθε δείγμα.

## 8. Ιξώδες μίγματος μετά την ανάμιξη με το γιαούρτι

Το ιξώδες του μίγματος του παγωτού γιαούρτι φαίνεται ότι επηρεάστηκε και από τις τρεις παραμέτρους.

Αρχικά, όσον αφορά στο ποσοστό των λιπαρών ( $P < 0,05$ ) τα δείγματα με 2% λιπαρά εμφάνισαν ιξώδες κατά μέσο όρο 550 cPs, ενώ τα δείγματα με 4% λιπαρά εμφάνισαν ιξώδες κατά μέσο όρο 670 cPs. Η ανάλογη σχέση μεταξύ λιπαρών και ιξώδους έχει επιβεβαιωθεί και από προηγούμενες μελέτες, όπου περιεκτικότητες σε λιπαρά 4-10% εμφανίζουν σημαντικά μεγαλύτερα ιξώδη από χαμηλότερες περιεκτικότητες σε λιπαρά δηλαδή της τάξης των 0,5-2%.

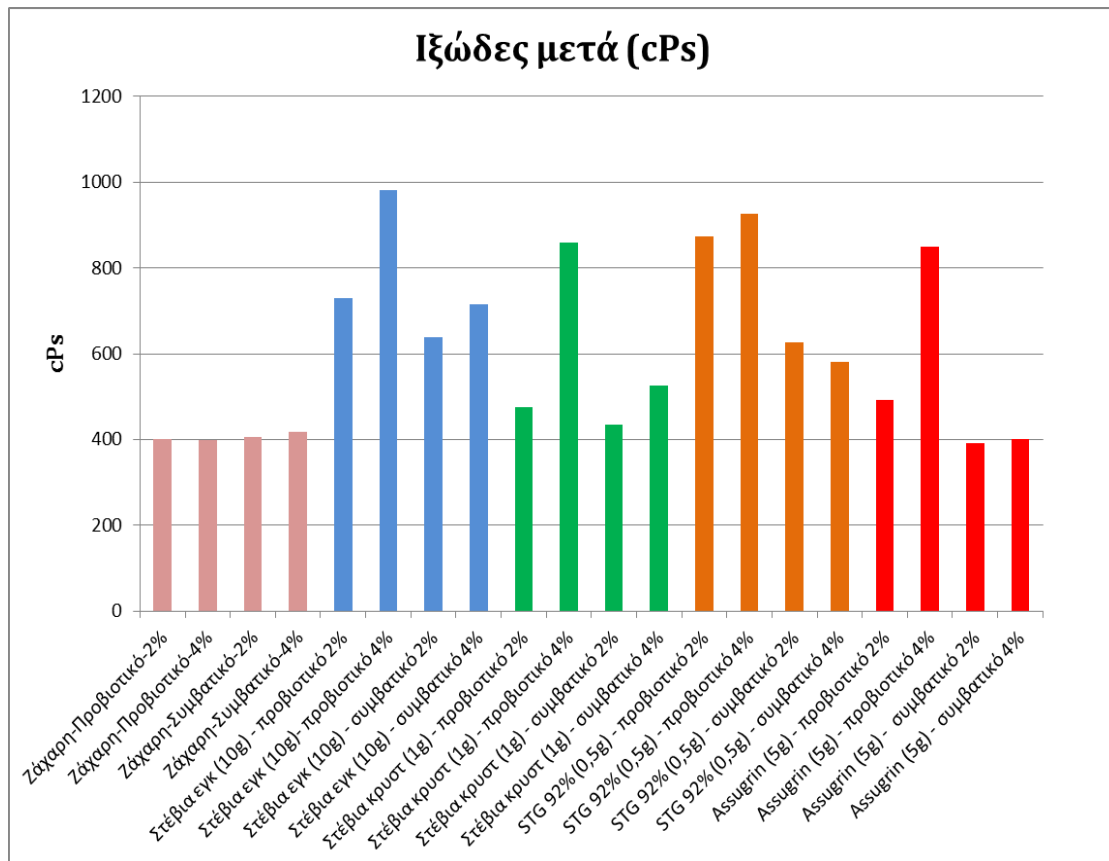
Στη συνέχεια, σε ότι αφορά στο είδος γιαουρτιού ( $P < 0,05$ ) παρατηρήθηκε το εξής: τα μεν προβιοτικά δείγματα εμφάνισαν μέση τιμή ιξώδους 700 cPs, τα δε συμβατικά δείγματα εμφάνισαν μέση τιμή ιξώδους 500 cPs.

Τέλος, σε σχέση με το είδος του γλυκαντικού μέσου ( $P < 0,05$ ) παρατηρήθηκαν τα κάτωθι. Τα ιξώδη που μετρήθηκαν ήταν με αύξουσα σειρά τα εξής:

$$410 < 530 < 580 < 750 < 770$$

και αντιστοιχούν στη:

Ζάχαρη < Assugrin < Κρυσταλλική Stevia < Stevia με STG 92% < Εγκλεισμένη Stevia.



Σχήμα 8.8 Απεικόνιση τιμών ιξώδους μετά την ανάμιξη για κάθε δείγμα.

### 9. Χρόνος πτώσης πρώτης σταγόνας κατεψυγμένου παγωτού γιαούρτι

Ο χρόνος πτώσης της πρώτης σταγόνας με βάση την ανάλυση Anova επηρεάστηκε από το είδος του γιαουρτιού και από το είδος του γλυκαντικού.

Όσον αφορά στο γλυκαντικό μέσο ( $P < 0,05$ ) οι χρόνοι (min) που καταγράφηκαν ήταν με αύξουσα σειρά οι εξής:

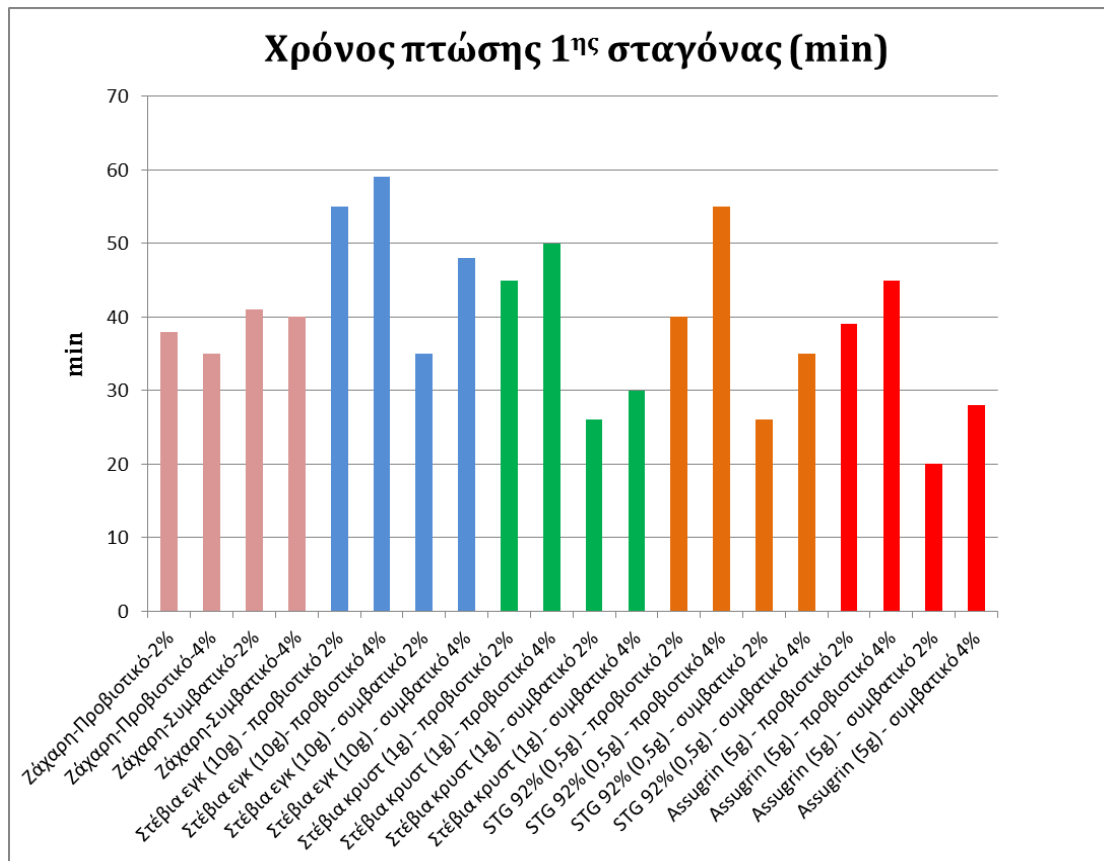
$$33 < 37,75 < 38,5 < 39 < 49,25$$

και αντιστοιχούν στην:

Assugrin < Κρυσταλλική Stevia < Ζάχαρη < Stevia με STG 92 % < Εγκλεισμένη Stevia.

Ενώ σχετικά με το είδος του γιαουρτιού ( $P < 0,01$ ) ο μέσος όρος χρόνου πτώσης πρώτης σταγόνας που εμφανίστηκε στα δείγματα με συμβατικό γιαούρτι ήταν 32,9 min ενώ στα δείγματα με προβιοτικό γιαούρτι ο μέσος όρος χρόνου πτώσης πρώτης σταγόνας που εμφανίστηκε ήταν 54,5 min.

Συνδιαστικά λοιπόν τα δείγματα με προβιοτικό γιαούρτι και εγκλεισμένους γλυκοζίτες στεβιόλης με οποιοδήποτε ποσοστό λιπαρών τήκονται πιο αργά από όλα τα υπόλοιπα.



Σχήμα 8.9 Απεικόνιση χρόνου πτώσης πρώτης σταγόνας για κάθε δείγμα.

#### 10. Ρυθμός τήξης κατεψυγμένου παγωτού γιαούρτι

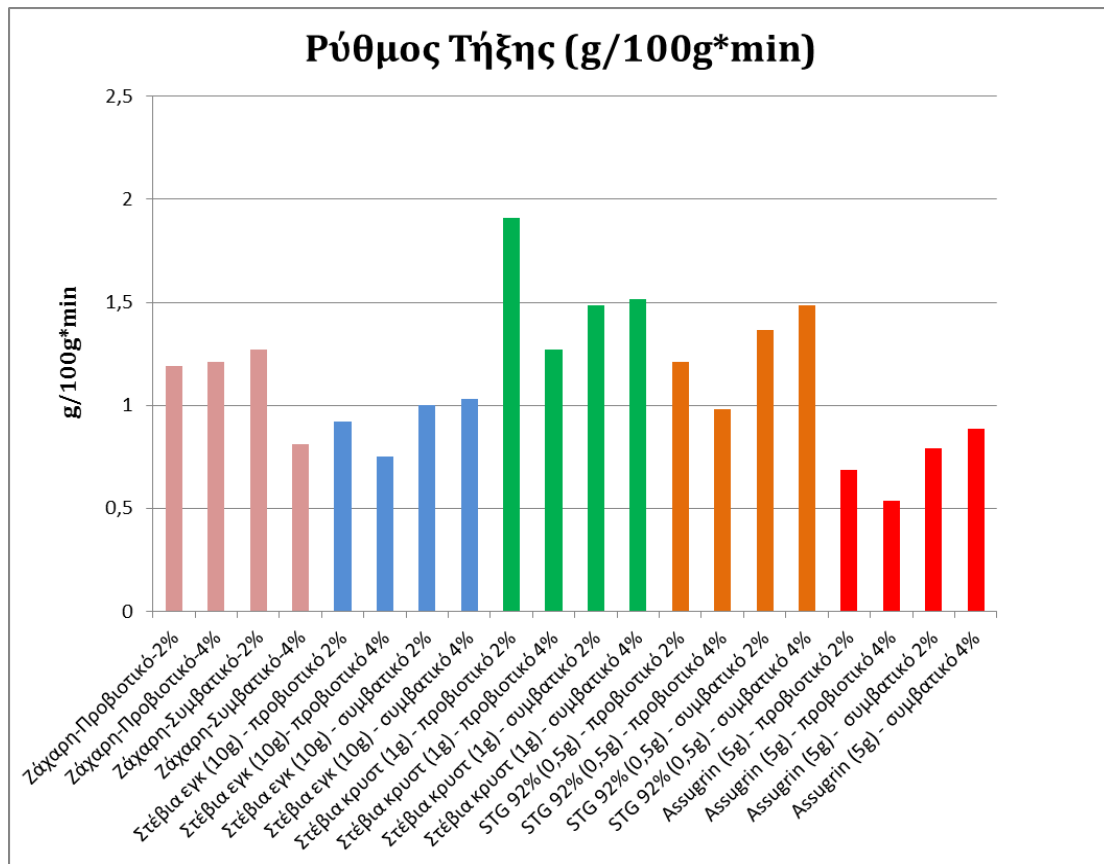
Ο ρυθμός τήξης του παγωτού γιαούρτι φαίνεται να επηρεάζεται αυστηρά και μόνο από το είδος του γλυκαντικού ( $P < 0,01$ ).

Οι ρυθμοί τήξης που υπολογίστηκαν ήταν με αύξουσα σειρά οι εξής:

$$0,72 < 0,93 < 1,12 < 1,26 < 1,55$$

και αντιστοιχούν στα δείγματα με :

Assugrin < Εγκλεισμένη Stevia < Ζάχαρη < Stevia με STG 92 % < Κρυσταλλική Stevia.



Σχήμα 8.10 Απεικόνιση τιμών ρυθμού τήξης για κάθε δείγμα.

## Οργανοληπτικές (υποκειμενικές) ιδιότητες κατεψυγμένου παγωτού γιαούρτι

### 11. Χρώμα – Λευκό (κανονικό)

Το λευκό (κανονικό) χρώμα όπως προσδιορίστηκε στο πλαίσιο του οργανοληπτικού ελέγχου, φαίνεται να επηρεάζεται από το ποσοστό λιπαρών ( $P < 0,05$ ) και από το είδος του γλυκαντικού ( $P < 0,01$ ).

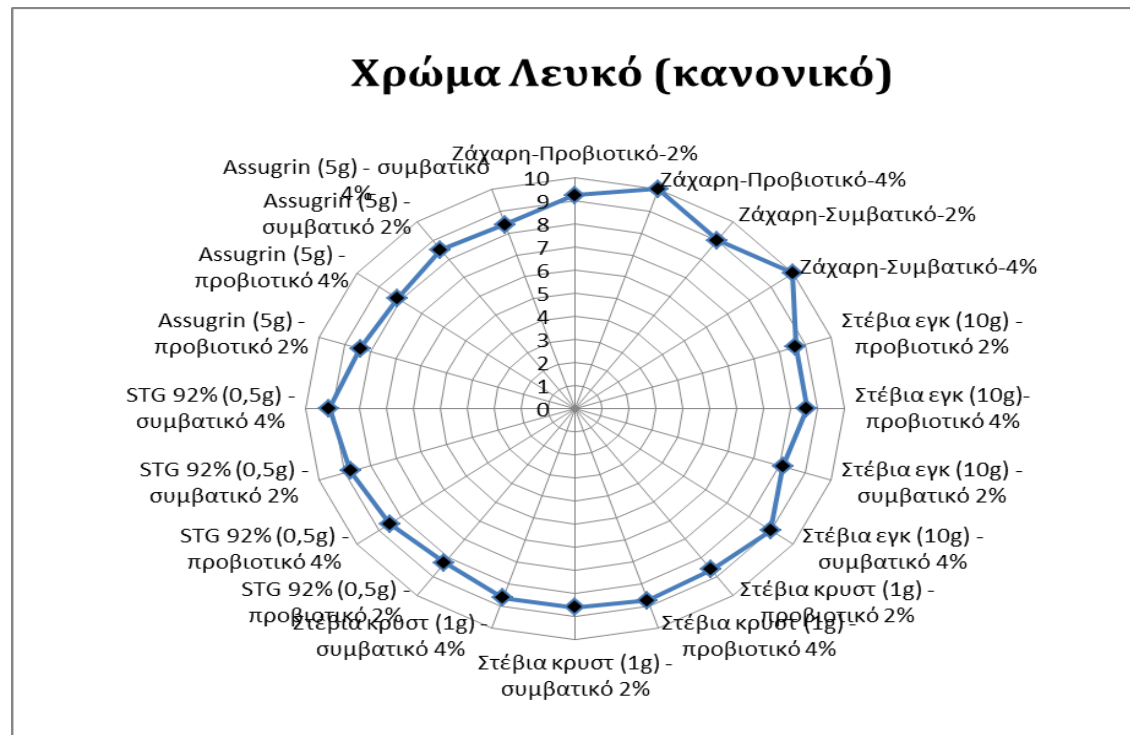
Τα δείγματα με 2% λιπαρά εκτιμήθηκαν όσον αφορά το λευκό (κανονικό) χρώμα με μέσο όρο 8,6/10 ενώ τα δείγματα με 4% λιπαρά με μέσο όρο 8,9/10.

Όσον αφορά στα γλυκαντικά μέσα το λευκό (κανονικό) χρώμα βαθμολογήθηκε με μέσο όρο με αύξουσα σειρά ως εξής:

$$8,34 < 8,59 < 8,66 = 8,66 < 9,56$$

και αντιστοιχεί στα δείγματα με:

Assugrin < Εγκλεισμ. Stevia < Stevia με STG 92% = Κρυσταλλική Stevia < Ζάχαρη.



Σχήμα 8.11 Απεικόνιση εκτίμησης λευκού (κανονικού) χρώματος για κάθε δείγμα.

### 12. Χρώμα – Αντίστοιχο των λιπαρών

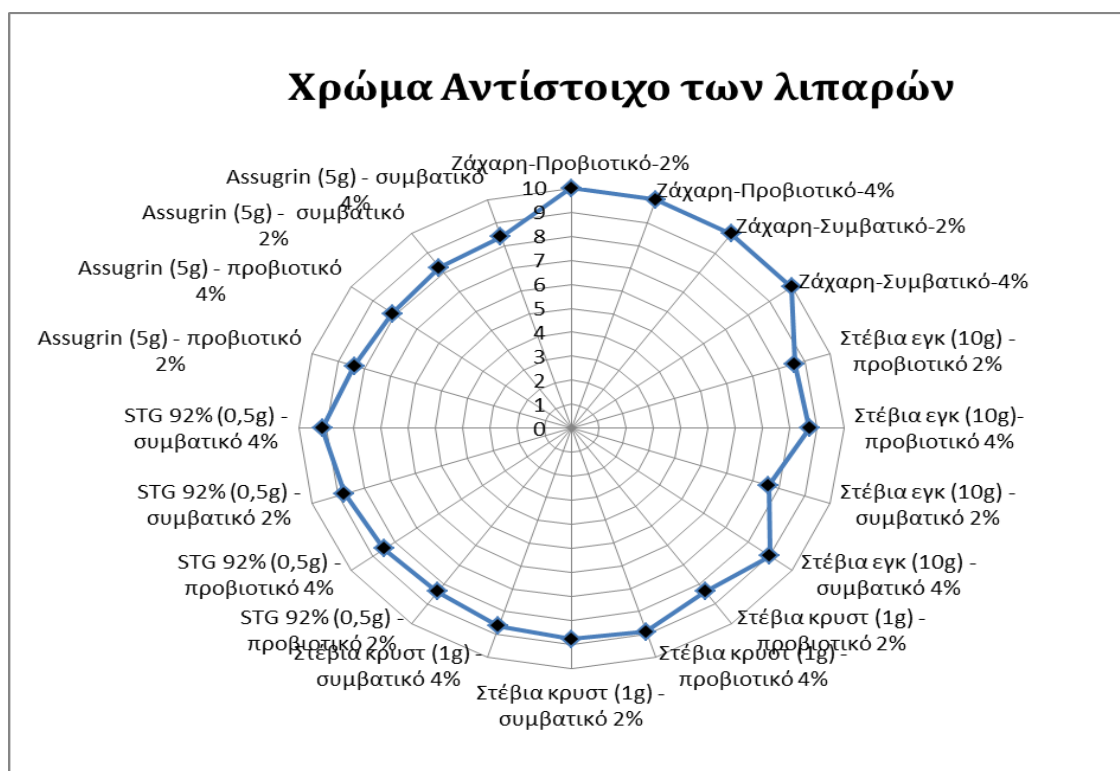
Το αντίστοιχο των λιπαρών χρώμα όπως προσδιορίστηκε στο πλαίσιο του οργανοληπτικού ελέγχου, φαίνεται να μην επηρεάζεται από το ποσοστό λιπαρών, αλλά μόνο από το είδος του γλυκαντικού ( $P < 0,01$ ).

Το αντίστοιχο των λιπαρών χρώμα βαθμολογήθηκε με μέσο όρο με αύξουσα σειρά ως εξής:

$$8,3 < 8,5 < 8,7 < 8,8 < 10$$

και αντιστοιχεί στα δείγματα με:

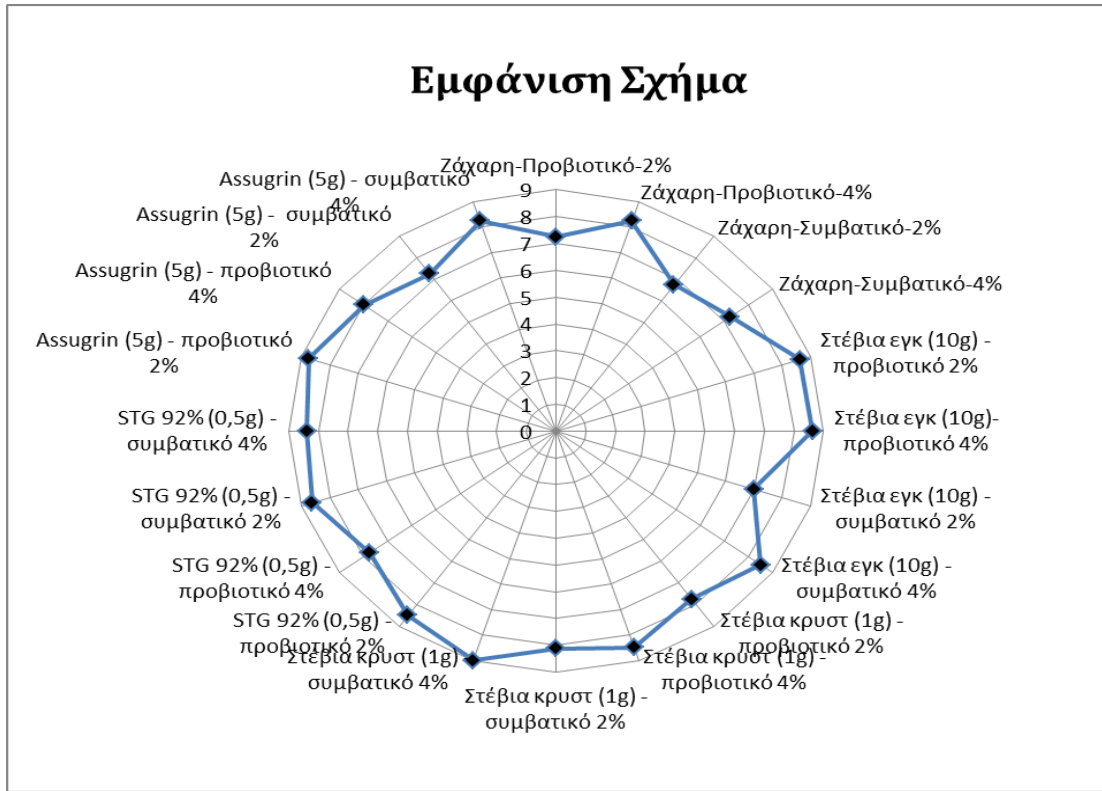
Assugrin < Εγκλεισμ. Stevia < Κρυσταλλική Stevia < Stevia με STG92% < Ζάχαρη.



Σχήμα 8.12 Απεικόνιση εκτίμησης χρώματος αντίστοιχο των λιπαρών για κάθε δείγμα.

### 13. Εμφάνιση : Σχήμα – Διόγκωση – Αφρώδης/Λεπτή – Συμπαγής

Οι ανωτέρω ιδιότητες που αφορούν στην εμφάνιση δεν φάνηκε να επηρεάζονται σημαντικά από κανέναν από τους τρεις εξεταζόμενους παράγοντες.



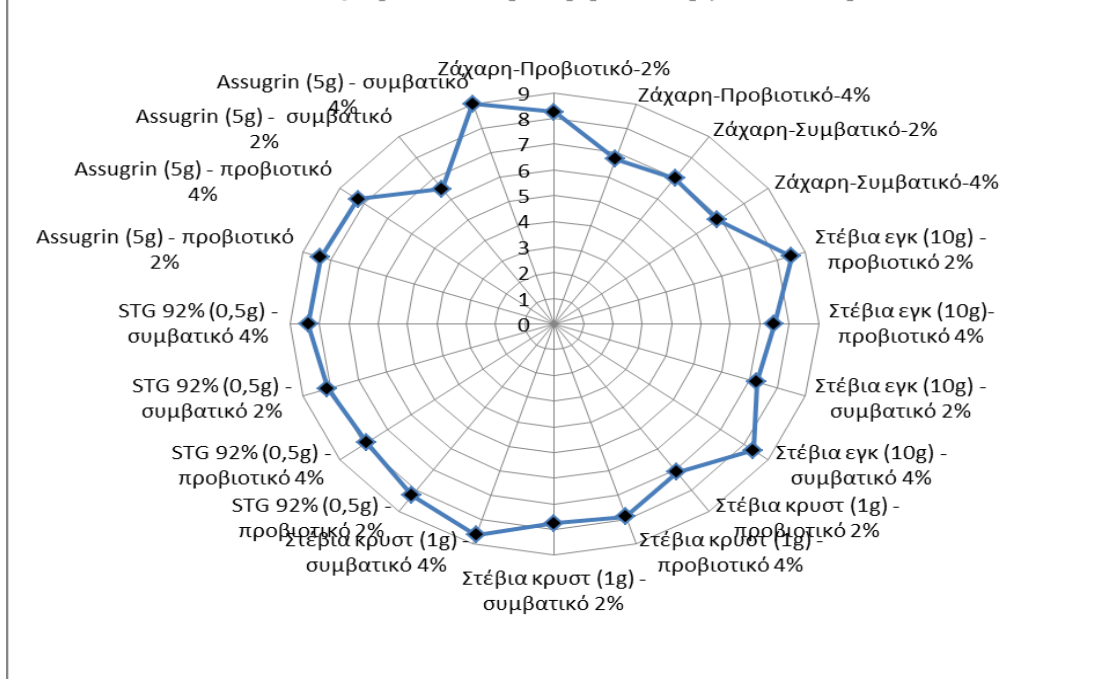
Σχήμα 8.13 Απεικόνιση εκτίμησης σχήματος για κάθε δείγμα.



Σχήμα 8.14 Απεικόνιση εκτίμησης διόγκωσης για κάθε δείγμα.

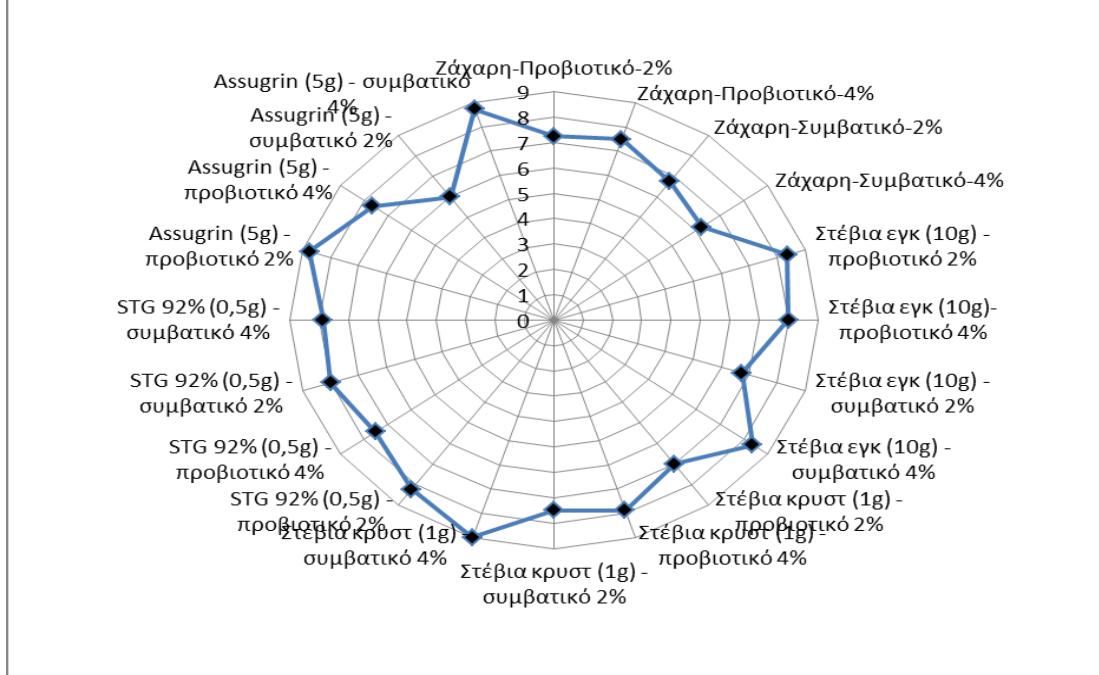


### Εμφάνιση αφρώδης-λεπτή



Σχήμα 8.15 Απεικόνιση εκτίμησης αφρώδους/λεπτής εμφάνισης για κάθε δείγμα.

### Εμφάνιση Συμπαγής



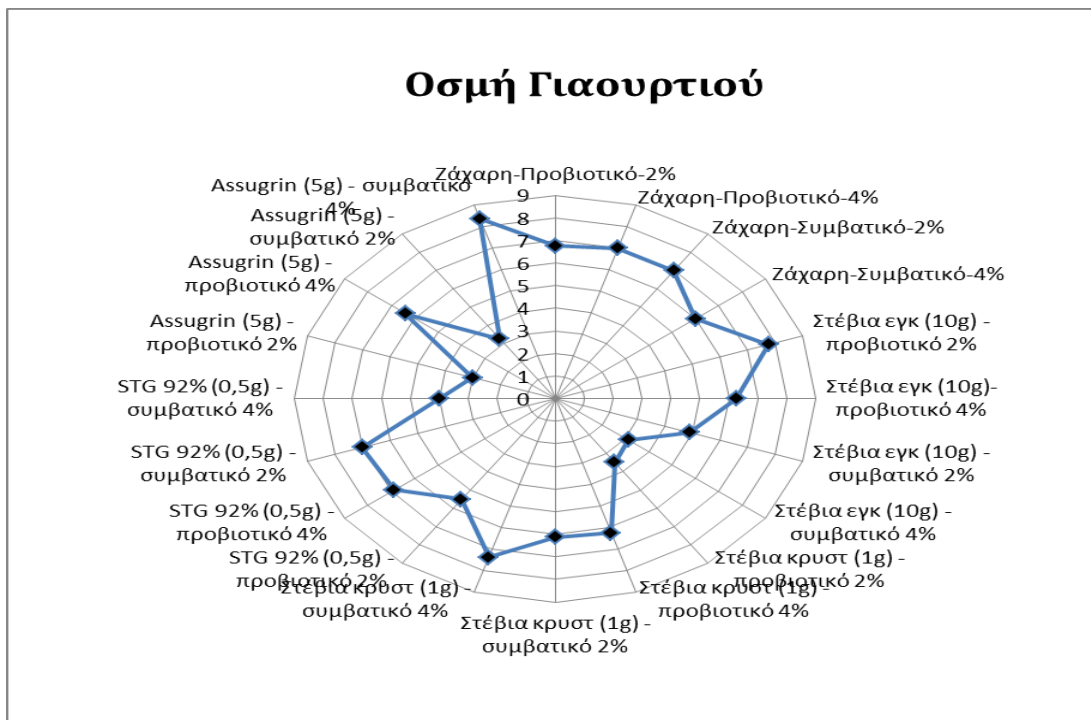
Σχήμα 8.16 Απεικόνιση εκτίμησης συμπαγούς εμφάνισης για κάθε δείγμα.

#### 14. Οσμή: Κανονική/Ευχάριστη – Γιαουρτιού

Και αυτές οι δύο ιδιότητες φάνηκε να μην επηρεάζονται από καμία από τις τρεις εξεταζόμενες παραμέτρους.



Σχήμα 8.17 Απεικόνιση εκτίμησης κανονικής/ευχάριστης οσμής για κάθε δείγμα.



Σχήμα 8.18 Απεικόνιση εκτίμησης οσμής γιαουρτιού για κάθε δείγμα.

### 15. Οσμή: Παγωτού

Η οσμή παγωτού όπως αυτή προσδιορίστηκε από τον οργανοληπτικό έλεγχο φάνηκε να επηρεάζεται έντονα από το ποσοστό των λιπαρών ( $P < 0,05$ ) στα δείγματα.

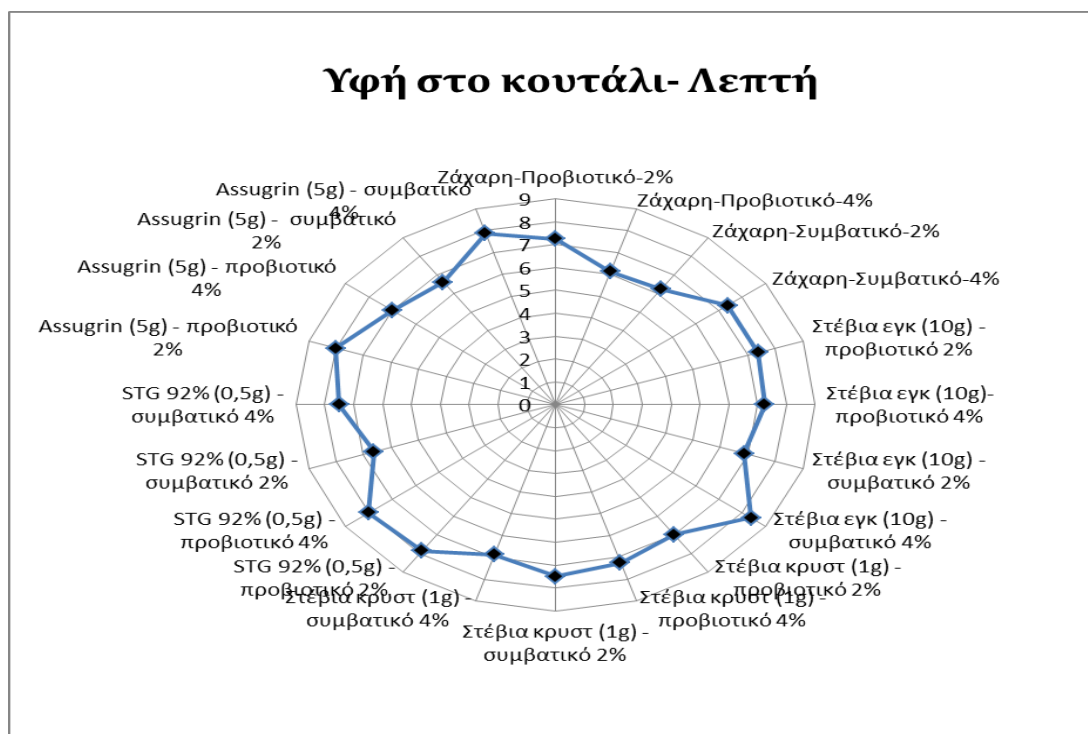
Στα δείγματα με ποσοστό λιπαρών 2% η οσμή παγωτού βαθμολογήθηκε με μέσο όρο 6,7/10, ενώ στα δείγματα με ποσοστό λιπαρών 4% βαθμολογήθηκε με μέσο όρο 7,6/10.



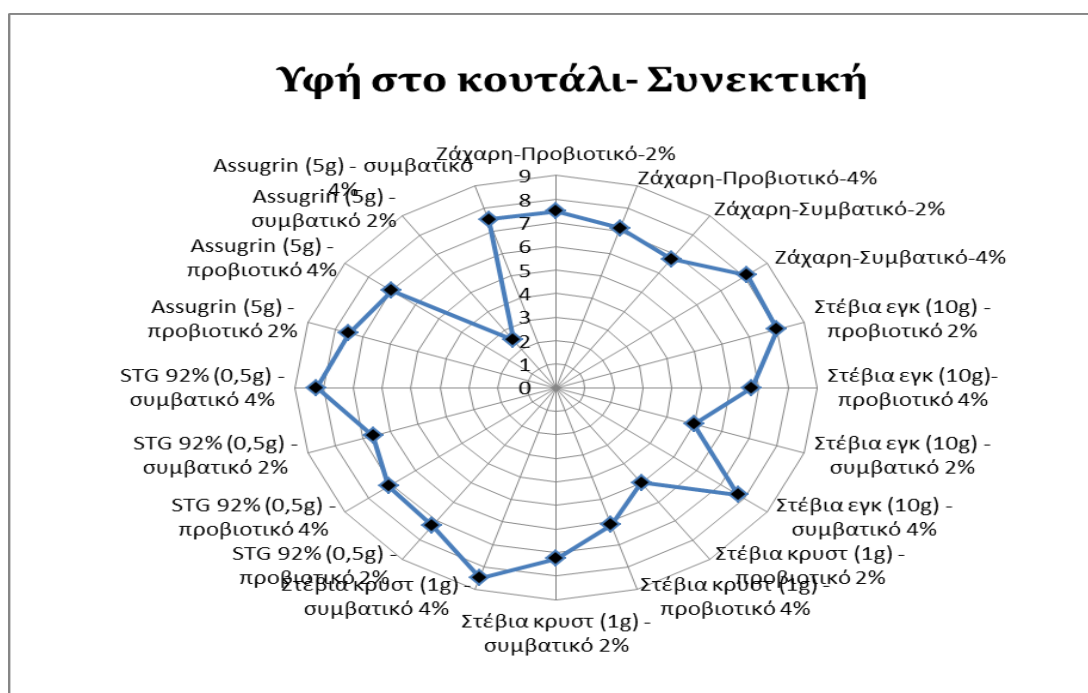
Σχήμα 8.19 Απεικόνιση εκτίμησης οσμής παγωτού για κάθε δείγμα.

## 16. Υφή στο κουτάλι: Λεπτή – Συνεκτική

Αυτές οι δύο ιδιότητες με βάση την επεξεργασία που έγινε, δεν φάνηκε να επηρεάζονται από καμία από τις τρεις εξεταζόμενες παραμέτρους.



Σχήμα 8.20 Απεικόνιση εκτίμησης λεπτής υφής στο κουτάλι για κάθε δείγμα.



Σχήμα 8.21 Απεικόνιση εκτίμησης συνεκτικής υφής στο κουτάλι για κάθε δείγμα.

### 17. Υφή στο κουτάλι: Σκληρή

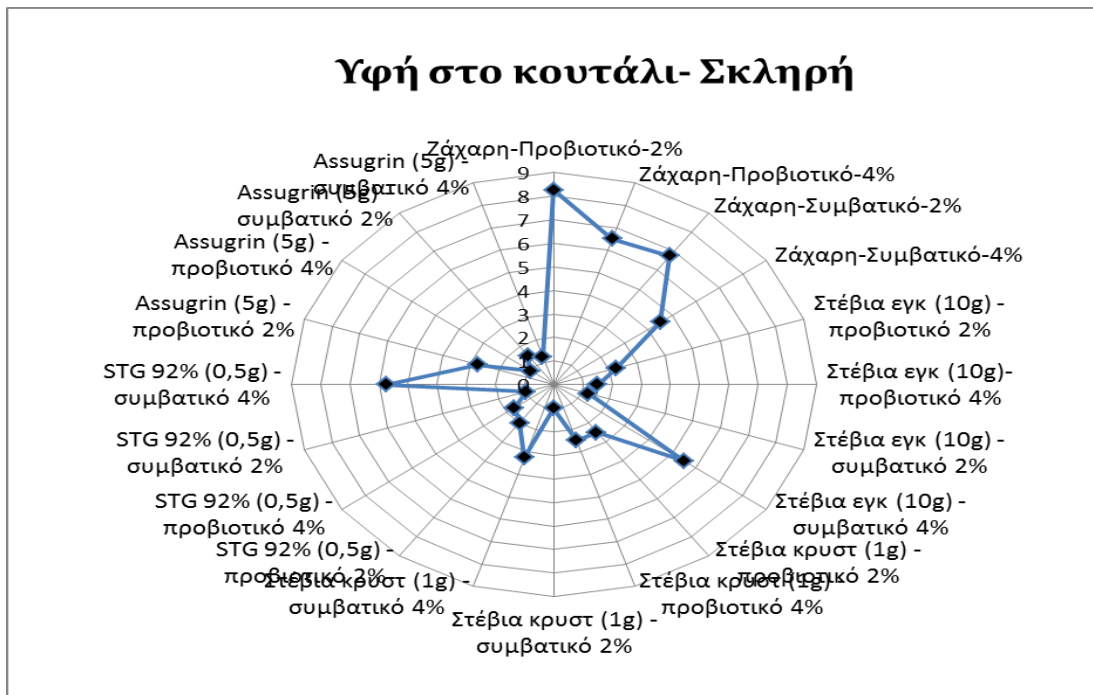
Η σκληρή υφή στο κουτάλι φάνηκε να επηρεάζεται από το είδος του γλυκαντικού (P<0,01).

Η σκληρή υφή βαθμολογήθηκε με μέσο όρο και αύξουσα σειρά ως εξής:

$$1,6 < 2,3 < 2,6 = 2,6 < 6,5$$

και αντιστοιχεί στα δείγματα με:

Assugrin<Κρυσταλλική Stevia<Stevia με STG92%=Eγκλεισμ.Stevia<Ζάχαρη.



Σχήμα 8.22 Απεικόνιση εκτίμησης σκληρής υφής στο κουτάλι για κάθε δείγμα.

### 18. Υφή στο κουτάλι: Τραχεία

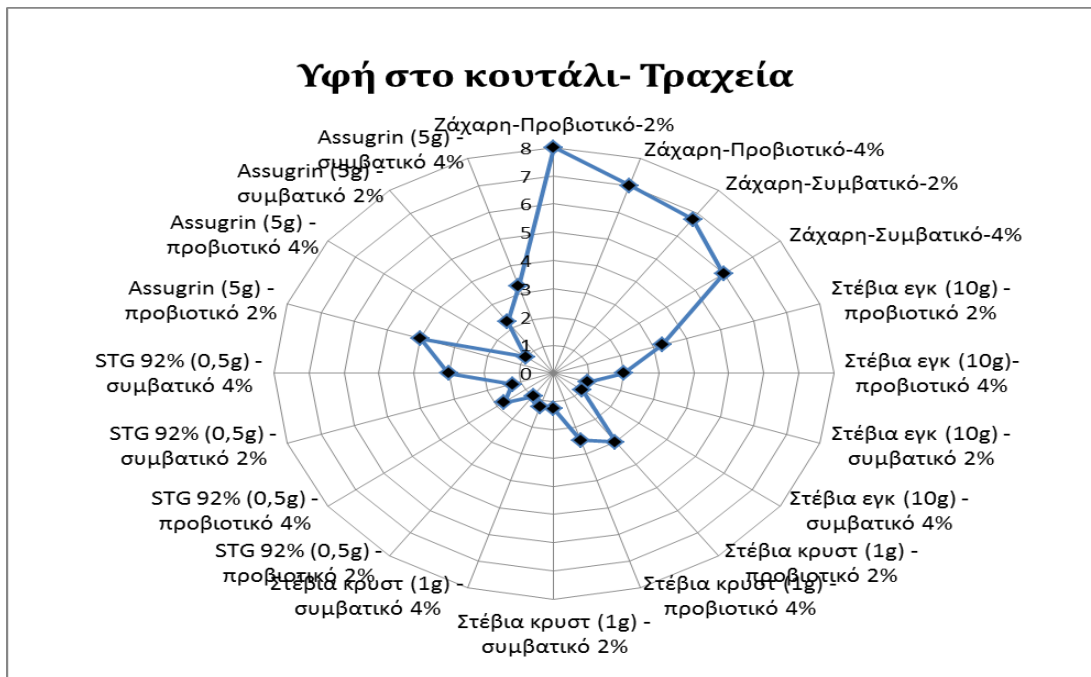
Η τραχεία υφή στο κουτάλι φάνηκε να επηρεάστηκε από το είδος του γλυκαντικού (P<0,01).

Η τραχύτητα στο κουτάλι βαθμολογήθηκε με μέσο όρο και αύξουσα σειρά ως εξής:

$$1,7 < 1,8 < 2 < 2,6 < 6,9$$

και αντιστοιχεί στα δείγματα με:

Stevia με STG92%<Eγκλεισμ.Stevia<Κρυσταλλική Stevia<Assugrin<Ζάχαρη.



Σχήμα 8.23 Απεικόνιση εκτίμησης τραχείας υφής στο κουτάλι για κάθε δείγμα.

### 19. Υφή στο κουτάλι: Αφρώδης – Εύθριπτη – Παγοκρύσταλλοι

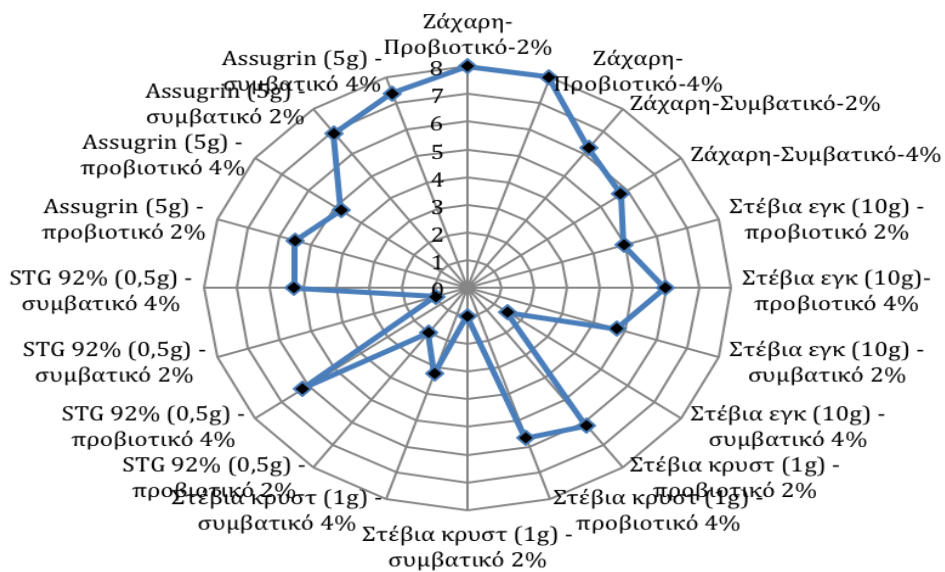
Οι τρεις αυτές ιδιότητες δεν επηρεάστηκαν σημαντικά από καμία από τις τρεις μελετώμενες παραμέτρους.



Σχήμα 8.24 Απεικόνιση εκτίμησης αφρώδους υφής στο κουτάλι για κάθε δείγμα.

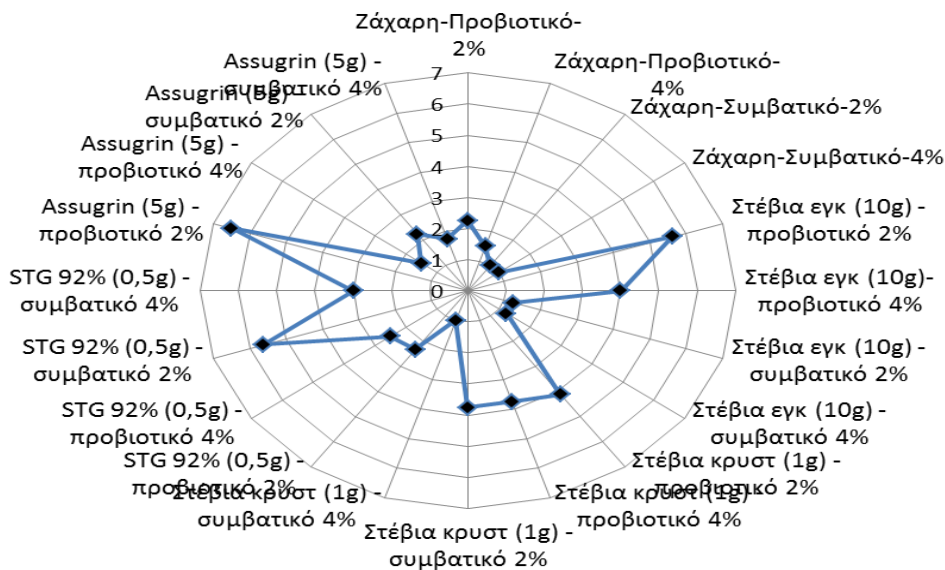


## Υφή στο κουτάλι- Εύθριπτη



Σχήμα 8.25 Απεικόνιση εκτίμησης εύθριπτης υφής στο κουτάλι για κάθε δείγμα.

## Υφή στο κουτάλι- Παγοκρύσταλλοι



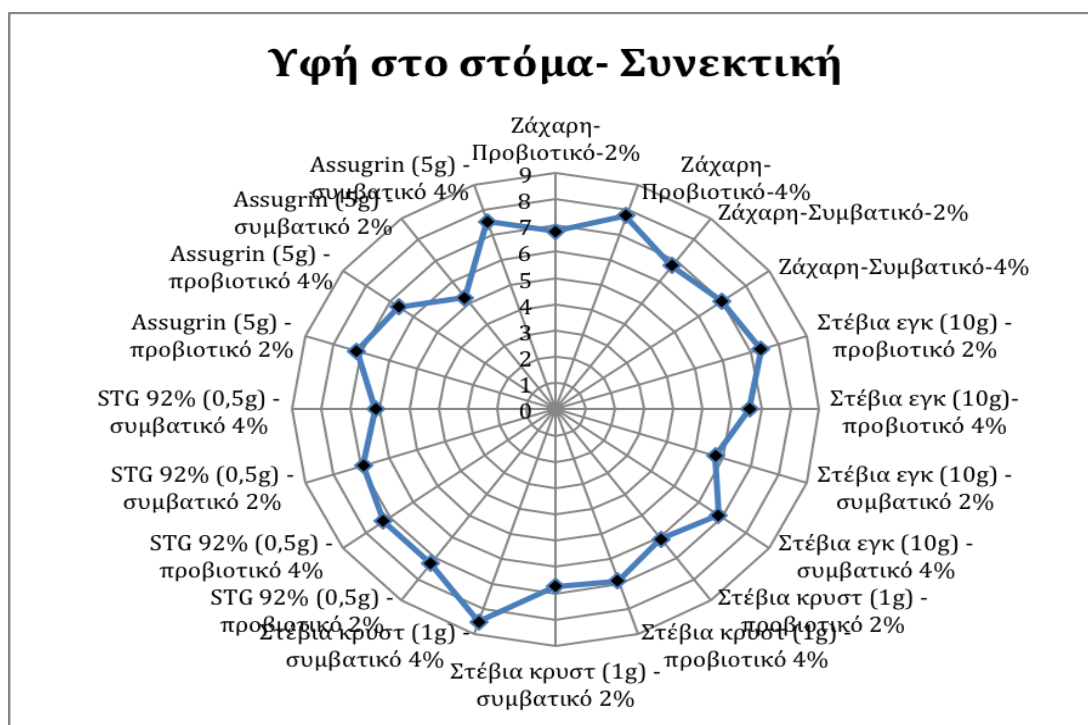
Σχήμα 8.26 Απεικόνιση εκτίμησης παγοκρυστάλλων σε σχέση με την υφή στο κουτάλι για κάθε δείγμα.

## 20. Υφή στο στόμα: Λεπτή – Συνεκτική

Και αυτές οι δυο οργανοληπτικές ιδιότητες δεν επηρεάστηκαν σημαντικά από καμία από τις τρεις παραμέτρους.



Σχήμα 8.27 Απεικόνιση εκτίμησης λεπτής υφής στο στόμα για κάθε δείγμα.



Σχήμα 8.28 Απεικόνιση εκτίμησης συνεκτικής υφής στο στόμα για κάθε δείγμα.



## 21. Υφή στο στόμα: Σκληρή

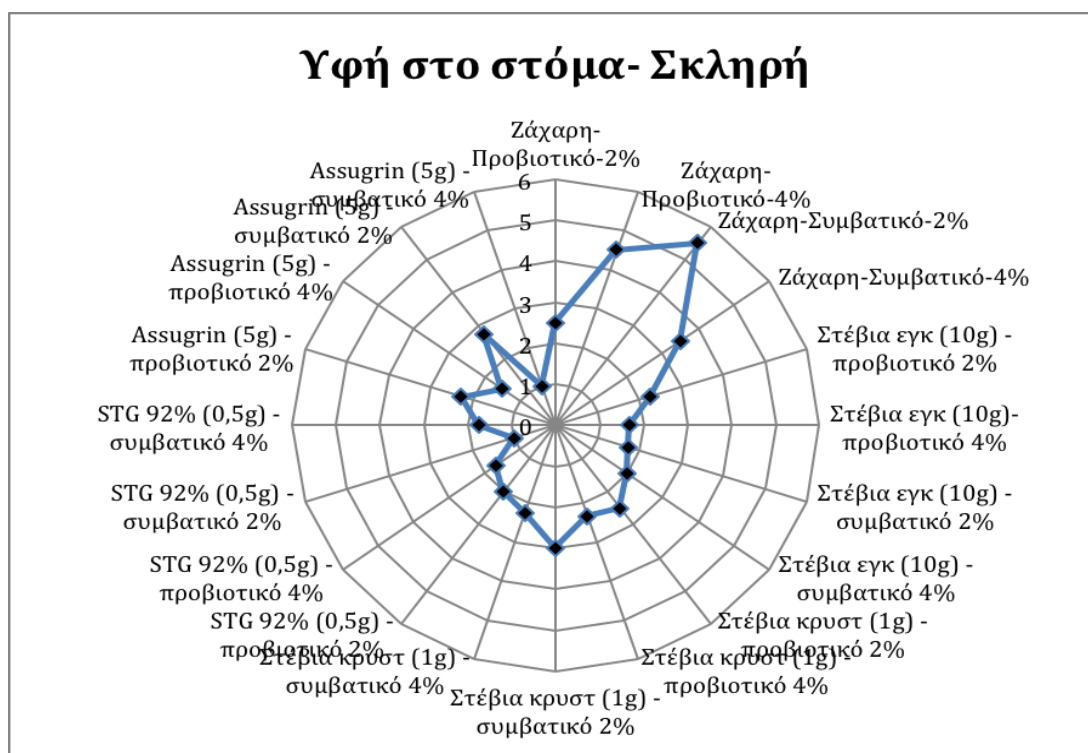
Η σκληρότητα στο στόμα, όπως αυτή προσδιορίστηκε μέσω του οργανοληπτικού ελέγχου, φαίνεται να επηρεάστηκε μόνο από το είδος του γλυκαντικού μέσου ( $P < 0,05$ ) που χρησιμοποιήθηκε.

Η σκληρότητα βαθμολογήθηκε με μέσο όρο και αύξουσα σειρά ως εξής:

$$1,6 < 1,8 < 1,9 < 2,5 < 4$$

και αντιστοιχεί στα δείγματα με:

Steviamε STG92% < Assugrin < Εγκλεισμ.Stevia < Κρυσταλλική Stevia < Ζάχαρη.



Σχήμα 8.29 Απεικόνιση εκτίμησης σκληρής υφής στο στόμα για κάθε δείγμα.

## 22. Υφή στο στόμα: Τραχεία

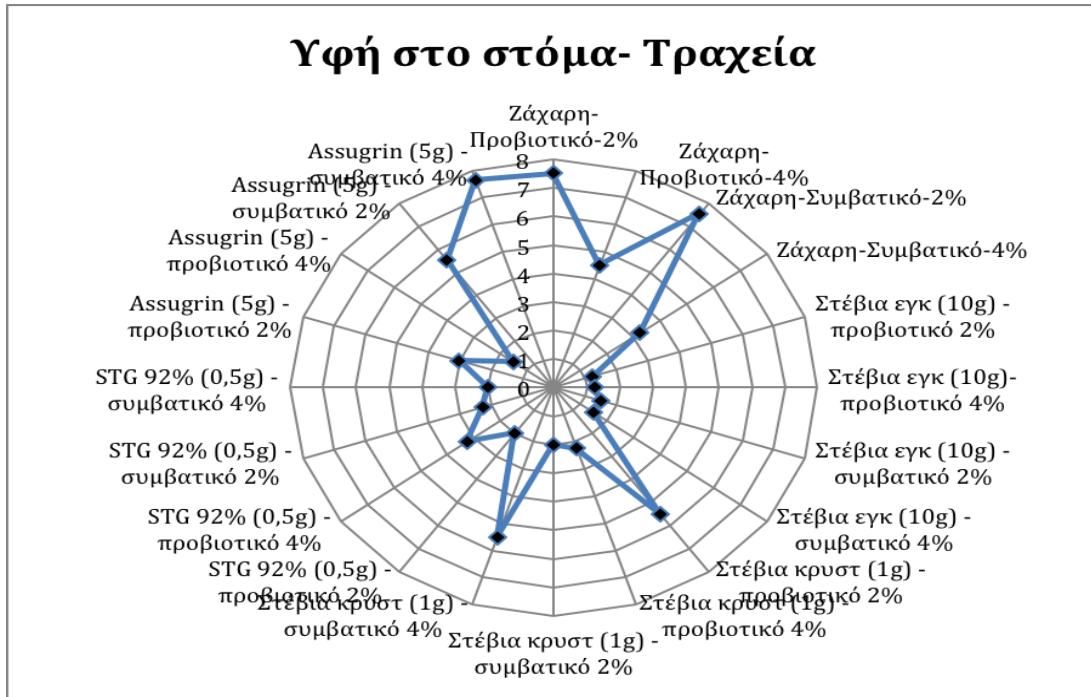
Η τραχύτητα στο στόμα όπως προσδιορίστηκε μέσω του οργανοληπτικού ελέγχου φάνηκε να επηρεάστηκε και αυτή από το είδος του γλυκαντικού μέσου ( $P < 0,01$ ) που χρησιμοποιήθηκε στα δείγματα.

Η τραχύτητα βαθμολογήθηκε με μέσο όρο και αύξουσα σειρά ως εξής:

$$1,4 < 2,4 < 3,8 < 4,4 < 5,7$$

και αντιστοιχεί στα δείγματα με:

Εγκλεισμ.Stevia < Steviamε STG92% < Κρυσταλλική Stevia < Assugrin < Ζάχαρη.



Σχήμα 8.30 Απεικόνιση εκτίμησης τραχείας υφής στο στόμα για κάθε δείγμα.

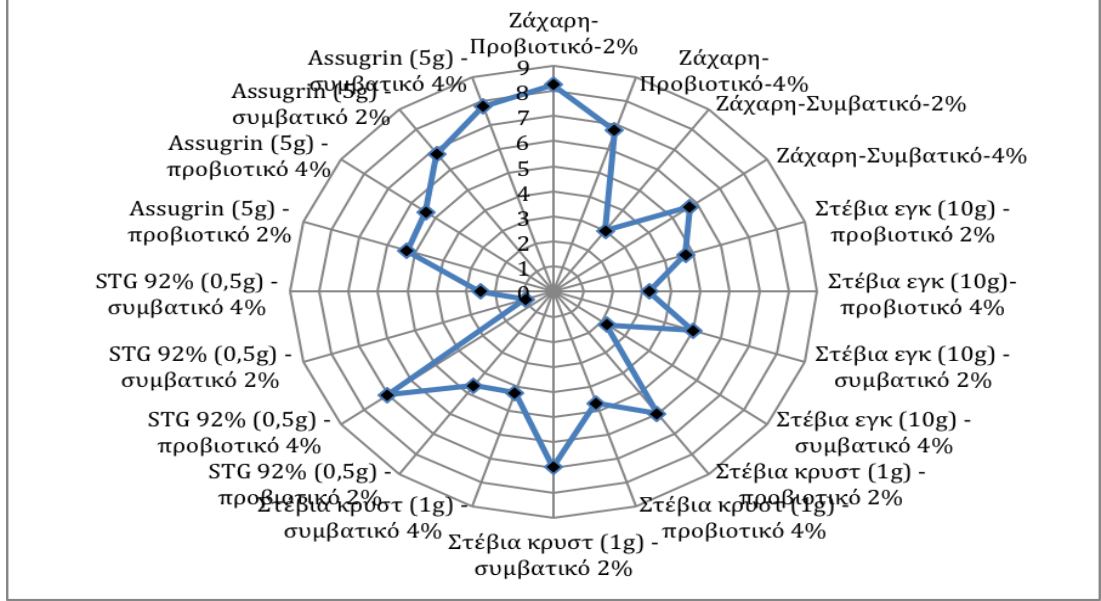
### 23. Υφή στο στόμα: Αφρώδης / Εύθριπτη / Παγοκρύσταλλοι

Αυτές οι τρεις υποκειμενικές ιδιότητες που προσδιορίστηκαν και αυτές οργανοληπτικά δεν φάνηκε να επηρεάζονται από καμία από τις τρεις παραμέτρους.



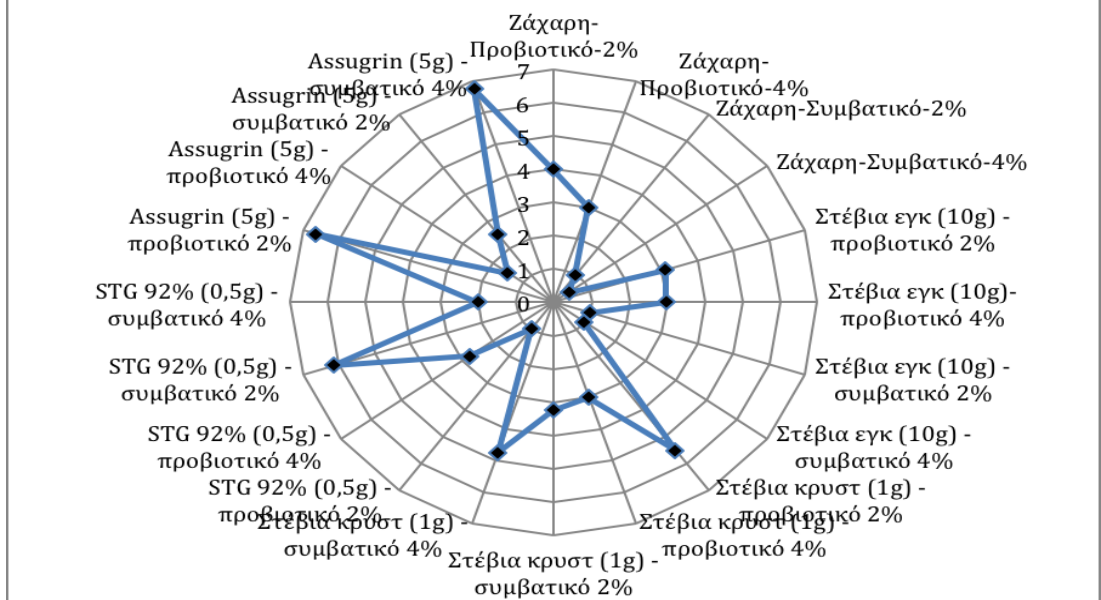
Σχήμα 8.31 Απεικόνιση εκτίμησης αφρώδους υφής στο στόμα για κάθε δείγμα.

### Υφή στο στόμα- Εύθριπτη



Σχήμα 8.32 Απεικόνιση εκτίμησης εύθριπτης υφής στο στόμα για κάθε δείγμα.

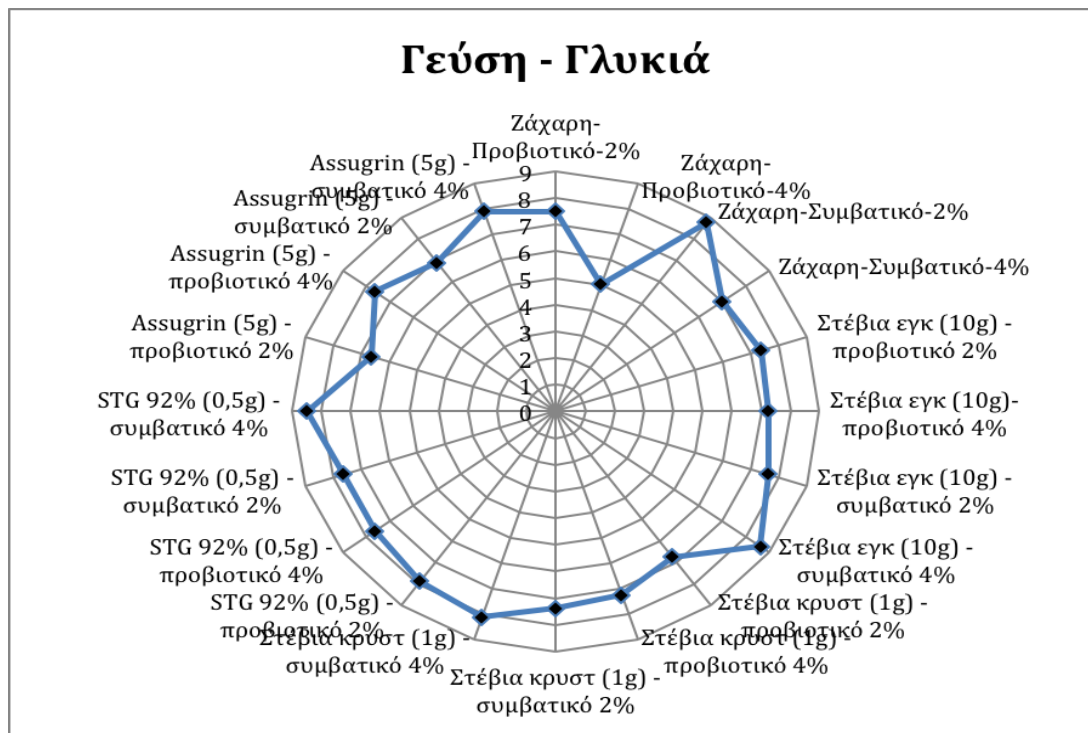
### Υφή στο στόμα- Παγοκρυστάλλοι



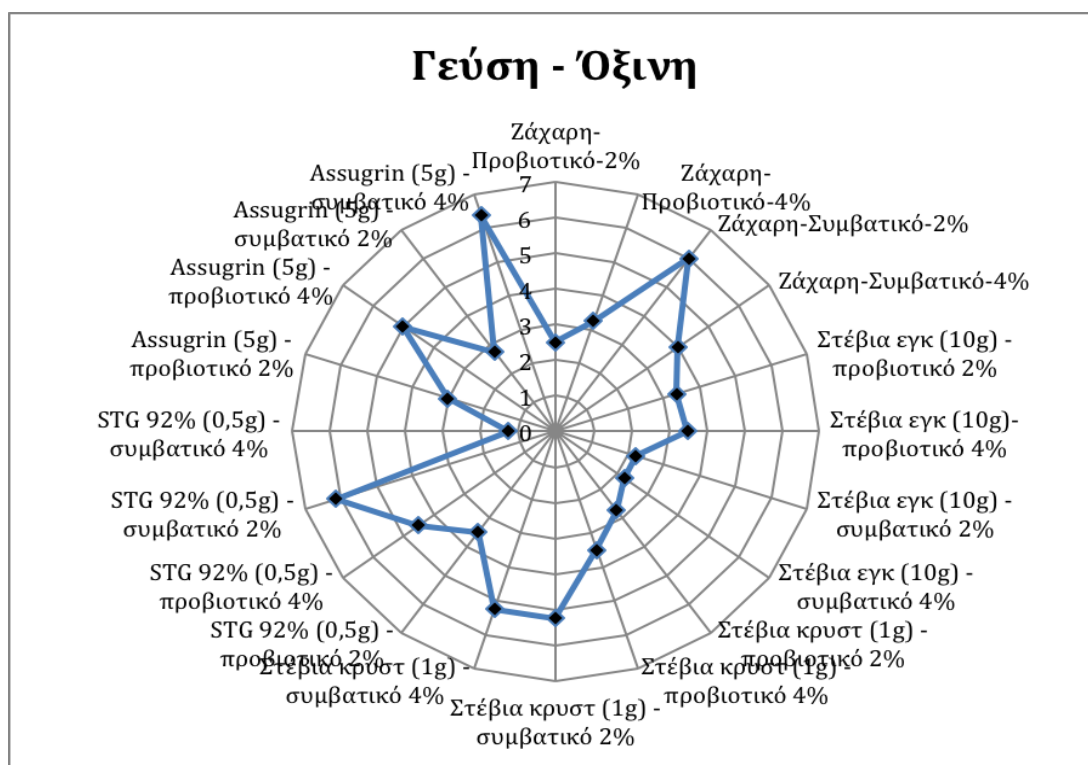
Σχήμα 8.33 Απεικόνιση εκτίμησης παγοκρυστάλλων σε σχέση με την υφή στο στόμαγια κάθε δείγμα.

## 24. Γεύση: Γλυκιά – Όξινη

Η γλυκιά και η όξινη γεύση δεν φάνηκαν να επηρεάζονται ούτε από το είδος του γιαουρτιού, ούτε από το ποσοστό των λιπαρών, αλλά ούτε και από το γλυκαντικό μέσο που χρησιμοποιήθηκε στα δείγματα.



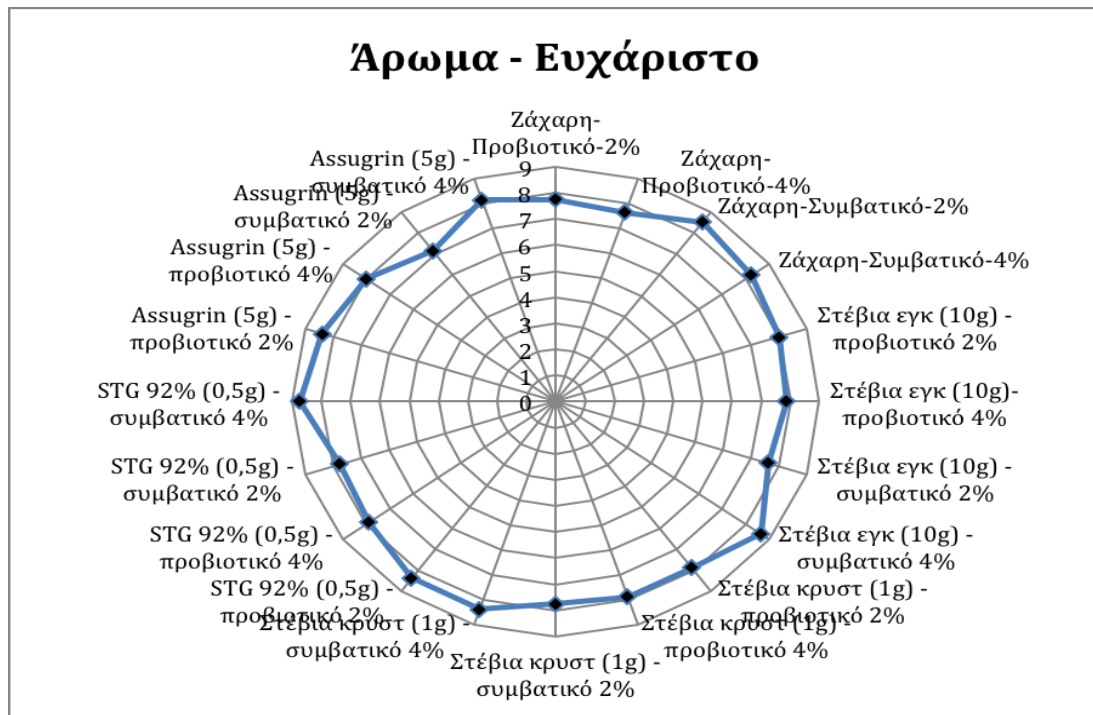
Σχήμα 8.34 Απεικόνιση εκτίμησης γλυκιάς γεύσης για κάθε δείγμα.



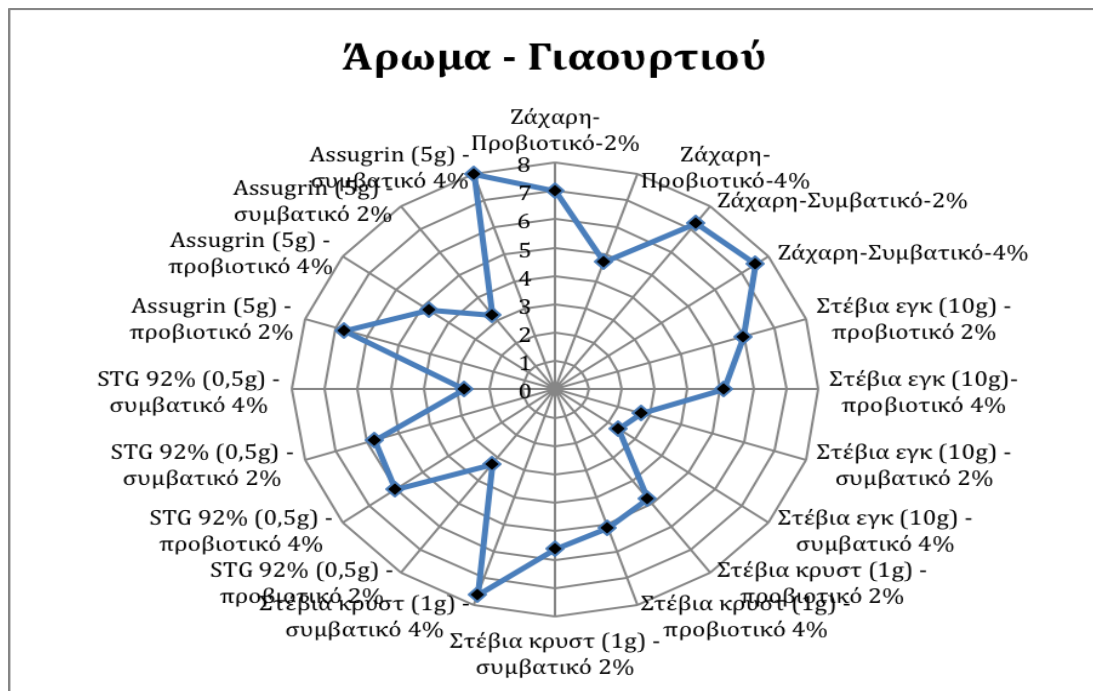
Σχήμα 8.35 Απεικόνιση εκτίμησης όξινης γεύσης για κάθε δείγμα.

## 25. Άρωμα: Ευχάριστο – Γιαουρτιού

Το ευχάριστο άρωμα καθώς και το άρωμα γιαουρτιού δεν φάνηκε να επηρεάζονται από κανέναν από τους τρεις εξεταζόμενους παράγοντες.



Σχήμα 8.36 Απεικόνιση εκτίμησης ευχάριστου αρώματος για κάθε δείγμα.

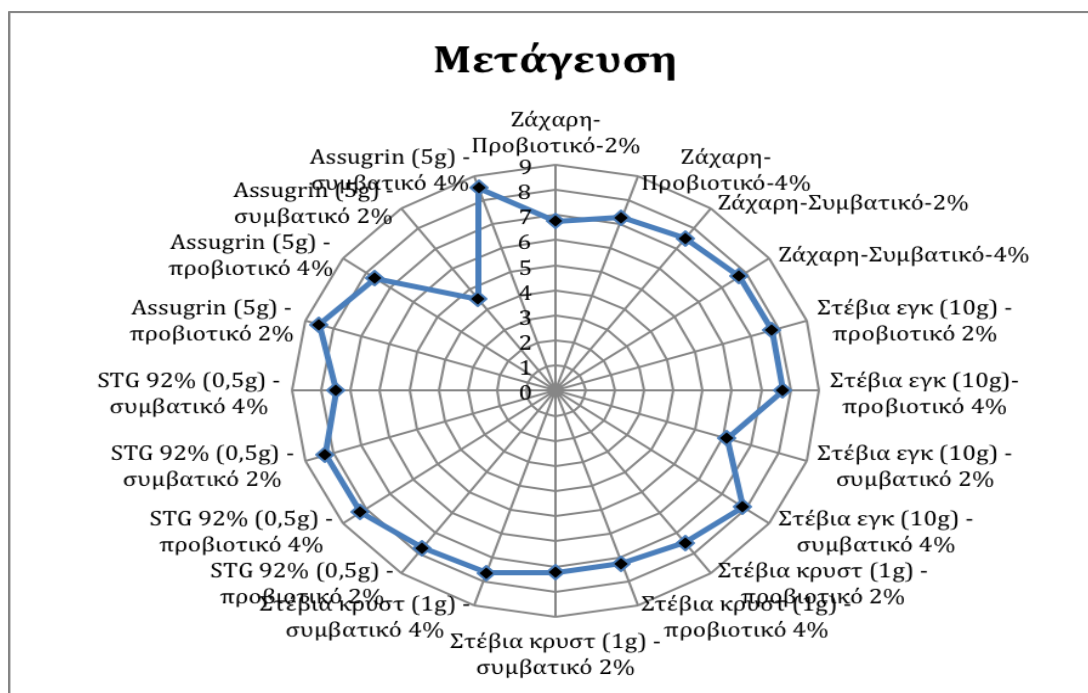


Σχήμα 8.37 Απεικόνιση εκτίμησης αρώματος γιαουρτιού για κάθε δείγμα.



## 26. Μετάγευση

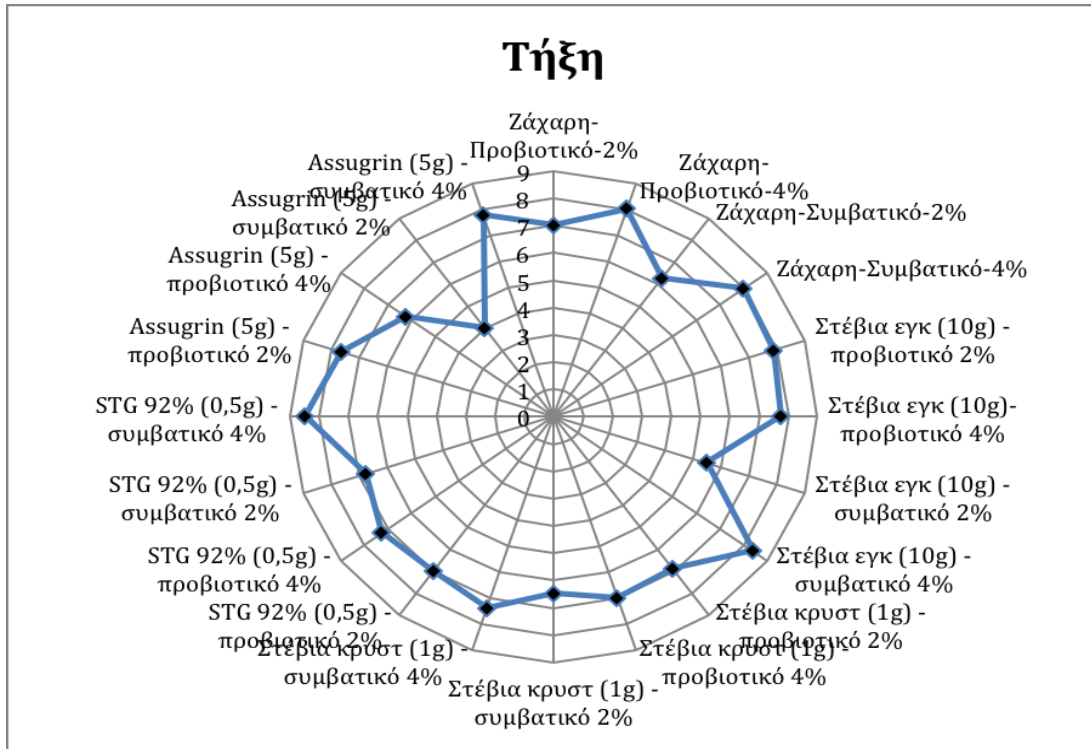
Η μετάγευση των δειγμάτων παγωτού γιαούρτι δεν φάνηκε να επηρεάζεται ούτε από το είδος του γιαουρτιού, ούτε από το ποσοστό των λιπαρών, αλλά ούτε και από το είδος του γλυκαντικού μέσου, γεγονός που παραξενεύει, γιατί οι γλυκοζίτες στεβιόλης έχουν αρκετά πικρή μετάγευση ενώ η κρυσταλλική ζάχαρη όχι.



Σχήμα 8.38 Απεικόνιση εκτίμησης μετάγευσης για κάθε δείγμα.

## 27. Τήξη

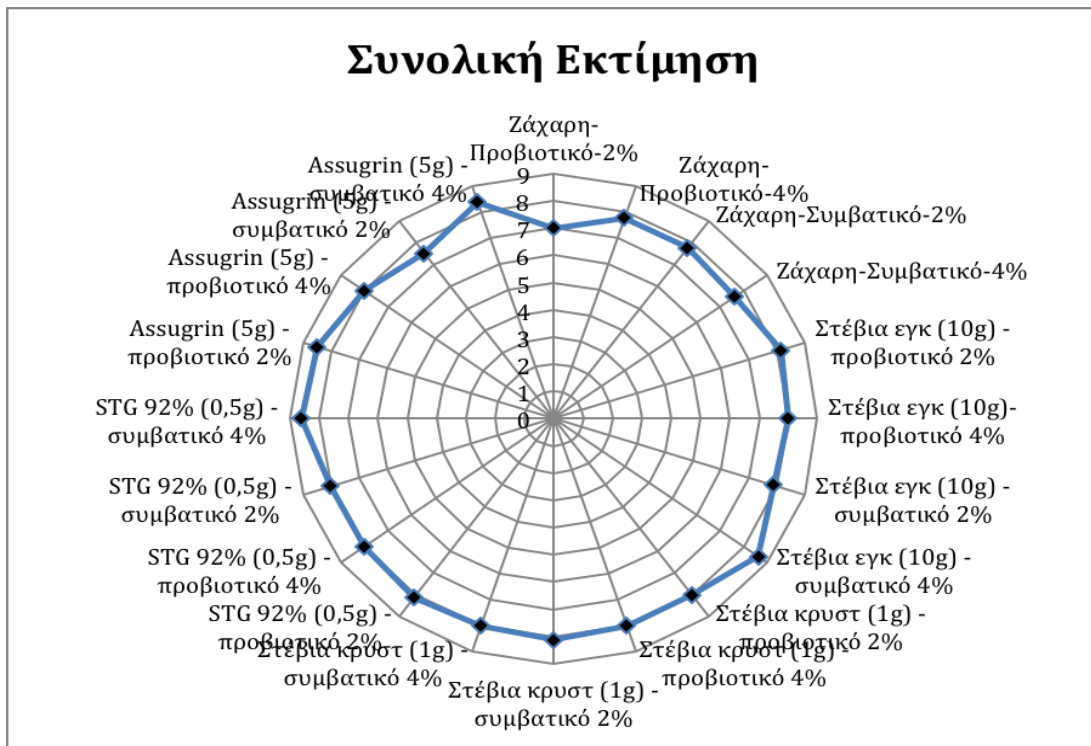
Η τήξη των δειγμάτων παγωτού γιαούρτι φάνηκε να επηρεάζεται από το ποσοστό των λιπαρών ( $P < 0,05$ ) στα δείγματα παγωτού γιαούρτι. Έτσι μικρότερη τήξη δίνουν τα δείγματα με 2% λιπαρά (6,5/10), ενώ τα δείγματα με 4% λιπαρά δίνουν κατά μία μονάδα και κάτι μεγαλύτερη (7,6/10). Το γεγονός αυτό είναι αναμενόμενο καθώς η αύξηση των λιπαρών στο παγωτό γιαούρτι έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση των στερεών και επομένως την αύξηση των κρυσταλλωμένων λιπαρών.



Σχήμα 8.39 Απεικόνιση εκτίμησης τήξης για κάθε δείγμα.

## 28. Συνολική Εκτίμηση

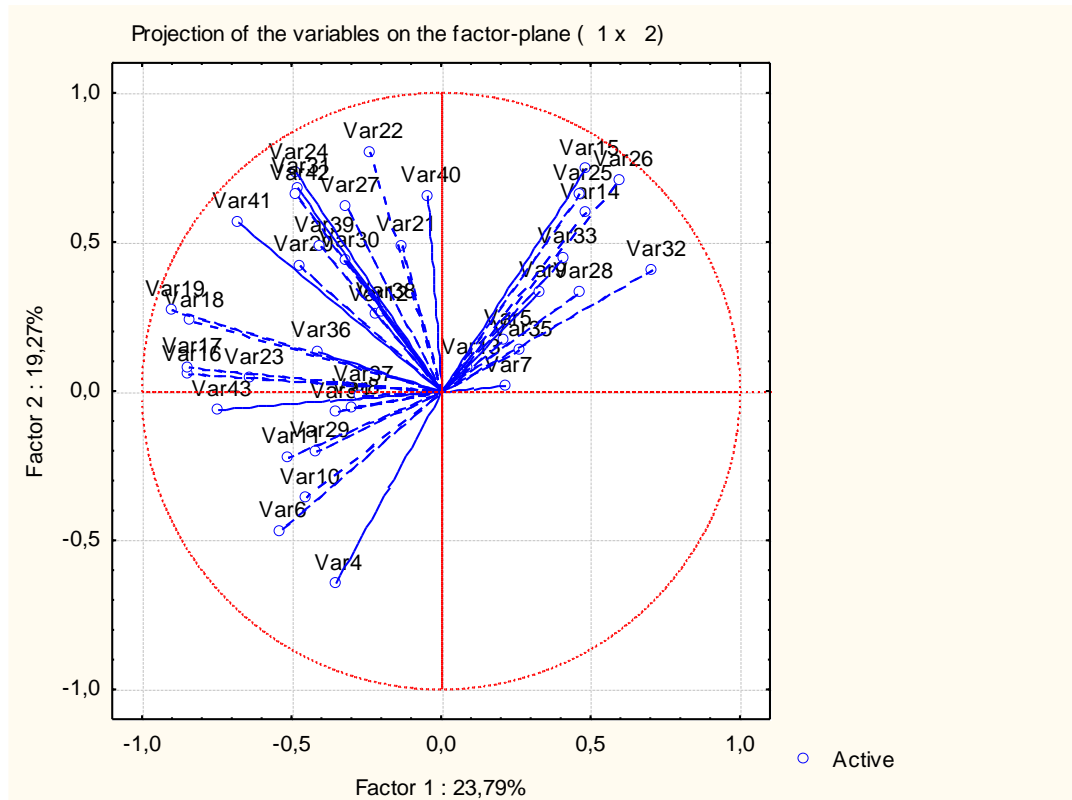
Η συνολική εκτίμηση των δειγμάτων παγωτού γιαούρτι δεν επηρεάστηκε από καμία από τις μελετώμενες παραμέτρους.



Σχήμα 8.40 Απεικόνιση της συνολικής εκτίμησης για κάθε δείγμα.

## Ανάλυση κύριων συνιστωσών

Στο σχήμα 8.41 φαίνεται η γραφική παράσταση των συντελεστών συσχέτισης των δύο πρώτων κύριων συνιστωσών με τις μεταβλητές. Οι δύο πρώτες συνιστώσες εξηγούν το 43,06% της συνολικής διακύμανσης.



Σχήμα 8.41 Γραφική παράσταση συντελεστών συσχέτισης των δύο πρώτων κύριων συνιστωσών με τις μεταβλητές.



Η αντιστοιχία με τις ιδιότητες φαίνεται στον κάτωθι πίνακα.

Var 4	Οξύτητα
Var 5	pH
Var 6	Απόδοση
Var 7	Σκληρότητα
Var 8	Προσκολλησιμότητα
Var 9	Συνεκτικότητα
Var 10	Ιξώδες πριν
Var 11	Ιξώδες μετά
Var 12	Χρόνος πτώσης 1 <sup>ης</sup> σταγόνας
Var 13	Ρυθμός τήξης
Var 14	Χρώμα – Λευκό (κανονικό)
Var 15	Χρώμα – Αντίστοιχο των λιπαρών
Var 16	Εμφάνιση – Σχήμα
Var 17	Εμφάνιση –Διόγκωση
Var 18	Εμφάνιση –Αφρώδης / Λεπτή
Var 19	Εμφάνιση –Συμπαγής
Var 20	Οσμή – Κανονική / Ευχάριστη
Var 21	Οσμή – Γιαουρτιού
Var 22	Οσμή – Παγωτου
Var 23	Υφή στο κουτάλι – Λεπτή
Var 24	Υφή στο κουτάλι –Συνεκτική
Var 25	Υφή στο κουτάλι –Σκληρή
Var 26	Υφή στο κουτάλι –Τραχεία
Var 27	Υφή στο κουτάλι –Αφρώδης
Var 28	Υφή στο κουτάλι –Εύθριπτη
Var 29	Υφή στο κουτάλι –Παγοκρύσταλοι
Var 30	Υφή στο στόμα – Λεπτή
Var 31	Υφή στο στόμα–Συνεκτική
Var 32	Υφή στο στόμα–Σκληρή
Var 33	Υφή στο στόμα–Τραχεία
Var 34	Υφή στο στόμα–Αφρώδης
Var 35	Υφή στο στόμα–Εύθριπτη
Var 36	Υφή στο στόμα–Παγοκρύσταλοι
Var 37	Γεύση – Γλυκιά
Var 38	Γεύση – Όξινη
Var 39	Άρωμα – Ευχάριστο
Var 40	Άρωμα – Γιαουρτιού
Var 41	Μετάγευση
Var 42	Τήξη
Var 43	Συνολική Εκτίμηση

Πίνακας 8.1 Αντιστοίχιση των Variables στις Αντικειμενικές και Υποκειμενικές Ιδιότητες

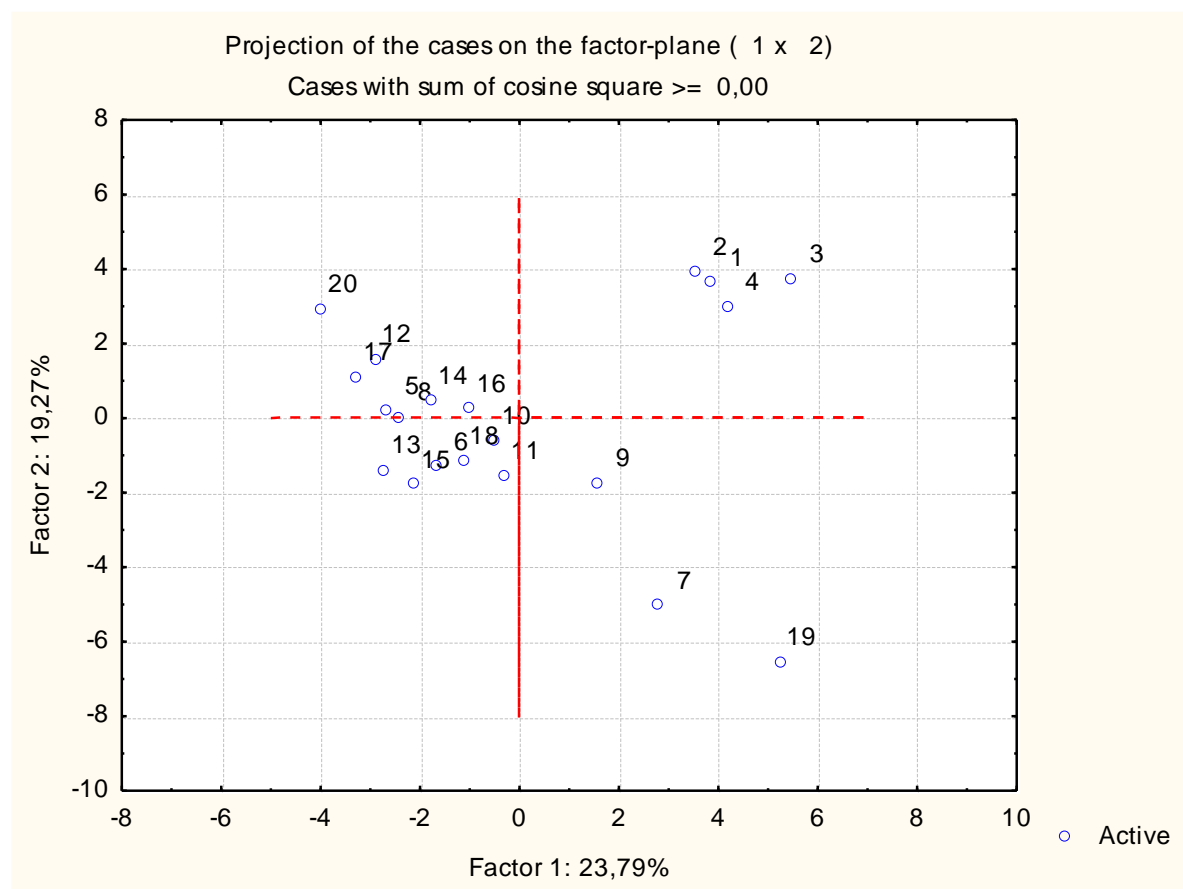
Παρατηρώντας το διάγραμμα λοιπόν διεξάγονται τα παρακάτω συμπεράσματα:

- Η ικανότητα απόδρασης δείχνει να έχει θετική συσχέτιση με το ιξώδες πριν την ανάμιξη με το γιαούρτι. Ταυτόχρονα όμως παρατηρείται ότι η ικανότητα απόδρασης εμφανίζει τελείως αντίθετη σχέση με την τραχύτητα (και στο κουτάλι και στο στόμα), επιβεβαιώνοντας έτσι τον τρόπο σύνδεσης του ιξώδους με την τραχύτητα. Τα δείγματα που εμφανίζουν μεγάλους βαθμούς τραχύτητας μαρτυρούν την ανάπτυξη υψηλού ποσοστού παγοκρυστάλλων.
- Η τραχεία υφή στο στόμα σχετίζεται θετικά με τη συνεκτικότητα. Εν αντιθέσει η τραχεία υφή στο κουτάλι σχετίζεται θετικά με το λευκό / κανονικό χρώμα.
- Θετικά συσχετίζονται το pH και η αντικειμενική σκληρότητα με το ρυθμό τήξης, καθώς τα διανύσματα τους εμφανίζονται στο διάγραμμα πολύ κοντά το ένα με το άλλο.
- Θετική σχέση επίσης παρατηρείται μεταξύ της γλυκιάς γεύσης και της συνολικής εκτίμησης. Η συνολική εκτίμηση αποτελεί μία οργανοληπτική ιδιότητα που προκύπτει από το συνδυασμό πολλών άλλων ιδιοτήτων. Στη συγκεκριμένη μελέτη όμως φαίνεται ότι δείχνει μεγάλη εξάρτηση από τη γλυκιά γεύση, δείχνοντας έτσι τη σημασία της γλυκιάς γεύσης ως προδιάθεση του καταναλωτή να βαθμολογήσει αρκετά υψηλά το προϊόν ή αντίθετα μια μη αποδεκτή γλυκύτητα (ή μη αναμενόμενη λόγω των γλυκοζιτών στεβιόλης) θα προκαλούσε αντίστοιχα τη μη αποδοχή του προϊόντος.
- Επιπλέον φαίνεται άκρως λογική η αρνητική συσχέτιση που έχουν η αντικειμενική σκληρότητα με τη συνολική εκτίμηση, δείχνοντας έτσι ότι ένα αρκετά σκληρό και εύθρυπτο προϊόν δεν μπορεί να είναι αρεστό στον καταναλωτή. Το ίδιο ισχύει και με τη σκληρή και εύθρυπτη υφή στο στόμα που εμφανίζονται σχεδόν αντιδιαμετρικά από τη συνολική εκτίμηση.
- Το χρώμα φαίνεται να έχει αρνητική συσχέτιση με τους παγοκρυστάλλους από την υφή στο κουτάλι. Μία ερμηνεία αυτής της σχέσης θα μπορούσε να αποδοθεί στα φαινόμενα σκέδασης τα οποία λαμβάνουν χώρα λόγω των παγοκρυστάλλων και αλλοιώνουν το χρώμα του προϊόντος.
- Διακρίνεται επίσης μία θετική συσχέτιση όλων των οργανοληπτικών ιδιοτήτων που αφορούν στην εμφάνιση. Συγκεκριμένα συσχετίζονται το σχήμα, η διόγκωση, η αφρώδης / λεπτή εμφάνιση και η συμπαγής εμφάνιση των δειγμάτων. Επίσης, θετική συσχέτιση με το σχήμα και τη διόγκωση φαίνεται να έχει η λεπτή υφή στο κουτάλι. Παράλληλα το ίδιο παρατηρείται ανάμεσα στην αφρώδη / λεπτή εμφάνιση, στη συμπαγή εμφάνιση και την υφή παγοκρυστάλλων στο στόμα.
- Μία άλλη θετική σχέση που προκύπτει από το διάγραμμα είναι αυτή μεταξύ της αντικειμενικής ιδιότητας «προσκολλησιμότητα» με την υποκειμενική ιδιότητα «αφρώδης υφή στο στόμα».
- Αξιοσημείωτη είναι και η συσχέτιση μεταξύ της οσμής γιαουρτιού και της οσμής παγωτού. Παρόλα αυτά η οσμή παγωτού βαθμολογήθηκε αισθητά υψηλότερα από την οσμή γιαουρτιού.
- Εμφανής θετική συσχέτιση παρουσιάστηκε μεταξύ της κανονικής / ευχάριστης οσμής και της μετάγευσης. Το στοιχείο αυτό παρόλο που δεν θεωρήθηκε αναμενόμενο, αποτιμάται θετικά, καθώς οι γλυκοζίτες στεβιόλης έχουν πικρή μετάγευση. Φάνηκε λοιπόν ότι η υψηλή βαθμολογία στην

κανονική / ευχάριστη οσμή επηρεάζει τον καταναλωτή και διαμορφώνει μια καλή βαθμολογία και στη μετάγευση.

- Αναμενόμενη είναι η θετική συσχέτιση μεταξύ της συνεκτικής υφής (και στο κουτάλι και στο στόμα) με την τήξη. Τα διανύσματα τους όπως φαίνεται στο διάγραμμα σχεδόν ταυτίζονται.
- Μη συσχετίσιμες ιδιότητες βάσει του διαγράμματος 7.41 φαίνονται να είναι η οξύτητα με την αφρώδη και την εύθρυπτη υφή στο κουτάλι καθώς επίσης και με το Άρωμα Γιαουρτιού.

Στο σχήμα 8.42 παρουσιάζεται η γραφική παράσταση των δύο πρώτων κύριων συνιστωσών για τα δείγματα που μελετήθηκαν.



Σχήμα 8.42 Γραφική παράσταση των δύο πρώτων κύριων συνιστωσών για τα δείγματα που μελετήθηκαν.

Η αντιστοιχία αριθμών – δειγμάτων φαίνεται στον κάτωθι πίνακα:

1	Ζάχαρη-Προβιοτικό-2%
2	Ζάχαρη-Προβιοτικό-4%
3	Ζάχαρη-Συμβατικό-2%
4	Ζάχαρη-Συμβατικό-4%
5	Εγκλεισμένοι γλυκοζίτες στεβιόλης - προβιοτικό 2%
6	Εγκλεισμένοι γλυκοζίτες στεβιόλης - προβιοτικό 4%
7	Εγκλεισμένοι γλυκοζίτες στεβιόλης - συμβατικό 2%
8	Εγκλεισμένοι γλυκοζίτες στεβιόλης - συμβατικό 4%
9	Κρυσταλλικοί γλυκοζίτες στεβιόλης - προβιοτικό 2%
10	Κρυσταλλικοί γλυκοζίτες στεβιόλης - προβιοτικό 4%
11	Κρυσταλλικοί γλυκοζίτες στεβιόλης - συμβατικό 2%
12	Κρυσταλλικοί γλυκοζίτες στεβιόλης - συμβατικό 4%
13	Γλυκοζίτες στεβιόλης με δείκτη STG 92% - προβιοτικό 2%
14	Γλυκοζίτες στεβιόλης με δείκτη STG 92% - προβιοτικό 4%
15	Γλυκοζίτες στεβιόλης με δείκτη STG 92% - συμβατικό 2%
16	Γλυκοζίτες στεβιόλης με δείκτη STG 92% - συμβατικό 4%
17	Assugrin- προβιοτικό 2%
18	Assugrin -προβιοτικό 4%
19	Assugrin-συμβατικό 2%
20	Assugrin -συμβατικό 4%

Παρατηρώντας προσεκτικά το διάγραμμα στο σχήμα 7.42 φαίνεται ότι τα δείγματα που έχουν παρασκευαστεί με ζάχαρη (και με συμβατικό αλλά και με προβιοτικό γιαούρτι) είναι συσσωρευμένα στο πρώτο τεταρτημόριο που σημαίνει ότι παίρνουν θετικές τιμές και στον παράγοντα 1 αλλά και στον παράγοντα 2.

Δεν παρατηρείται κάποιος άλλος διαχωρισμός των δειγμάτων σε σχέση με τους άξονες των κύριων συνιστωσών 1 και 2. Ειδικότερα, πλην των δειγμάτων που παρασκευάστηκαν με ζάχαρη, τα υπόλοιπα δεν συσσωρεύτηκαν ούτε με βάση το ποσοστό των λιπαρών, ούτε με βάση το είδος του γιαουρτιού αλλά ούτε και με βάση το είδος της γλυκαντικής ουσίας. Βάσει λοιπόν του παραπάνω διαγράμματος αυτού (7.42) μπορεί να γίνει χαρακτηρισμός των δειγμάτων σε σχέση με τις επιθυμητές οργανοληπτικές και αντικειμενικές μετρήσεις. Προτού όμως καταλήξει κανείς στα βέλτιστα δείγματα έχει σημασία να αναφερθεί ότι τα δείγματα που εμφανίζονται στα δεξιά του διαγράμματος (θετικά του οριζόντιου άξονα) είναι τα πιο υψηλά βαθμολογούμενα στην ολική αποδοχή αλλά και στο κανονικό – λευκό χρώμα δεδομένου ότι οι ιδιότητες αυτές εμφανίζουν θετικές επιδράσεις στον παράγοντα 1. Αντίστοιχα στα αρνητικά του άξονα βρίσκονται τα πιο πικρά δείγματα καθώς και αυτά που εμφανίζουν περισσότερη τραχύτητα. Επομένως, βάσει αυτών των ιδιοτήτων είναι φανερό ότι τα καλύτερα δείγματα βρίσκονται στα δεξιά του διαγράμματος και τα χειρότερα στα αριστερά. Τα καλύτερα δείγματα αναδείχθηκαν τα τέσσερα δείγματα με ζάχαρη, γεγονός το οποίο δεν ήταν το ζητούμενο καθώς χρησιμοποιήθηκαν ως «τυφλά» δείγματα και δείγματα αναφοράς, και τα δείγματα με συμβατικό γιαούρτι εγκλεισμένους γλυκοζίτες στεβιόλης και λιπαρά 2%, με προβιοτικό γιαούρτι κρυσταλλικούς γλυκοζίτες στεβιόλης και λιπαρά 2% και τέλος το δείγμα με συμβατικό γιαούρτι Assugrin και λιπαρά 2%.

## 9. Συμπεράσματα – Προτάσεις

### 9.1 Συμπεράσματα

Συμπερασματικά, με βάση τις μεταβλητές που μελετήθηκαν στην παρούσα διπλωματική, παρά τις δυσκολίες που παρουσιάστηκαν στην διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής στάθηκε εφικτό να οδηγηθούμε σε ορισμένα συμπεράσματα για τον τελικό χαρακτηρισμό των ειδών των γλυκοζιτών στεβιόλης.

Το μόνο είδος που δεν εμφανίστηκε στα καλύτερα δείγματα ήταν οι γλυκοζίτες στεβιόλης με δείκτη STG 92%. Όμως ένα από τα καλύτερα δείγματα εμφανίστηκε αυτό με τους εγκλεισμένους γλυκοζίτες στεβιόλης. Το γεγονός αυτό ήταν αρκετά αναμενόμενο καθότι ο εγκλεισμός εξασθενεί την πικρή γεύση των γλυκοζιτών στεβιόλης, ειδικά όταν οι παράγοντες εγκλεισμού είναι η μαλτοδεξτρίνη (MD-19DE) και η ινουλίνη (IN). Η επιλογή ενός κατάλληλου παράγοντα εγκλεισμού είναι μεγάλης σημασίας για μια αποτελεσματική διαδικασία εγκλεισμού.

Επίσης, ως προς το είδος του γιαουρτιού τόσο τα δείγματα με συμβατικό αλλά και με προβιοτικό γιαούρτι εμφανίστηκαν εξίσου στα καλύτερα δείγματα. Όμως, αφού τα προβιοτικά ως μικροοργανισμοί βοηθούν στη διατήρηση της καλής υγείας, έχει μεγάλη σημασία ότι τα παγωτά γιαούρτι με προβιοτικό γιαούρτι στο μίγμα εμφανίστηκαν ανάμεσα στα καλύτερα δείγματα

Τέλος, απ' όλα τα δείγματα – εκτός από αυτά με τη ζάχαρη που όλα ανήκουν στα καλύτερα – μόνο εκείνα με 2% λιπαρά και γλυκοζίτες στεβιόλης εμφανίστηκαν ως καλύτερα. Το γεγονός αυτό δεν ήταν αναμενόμενο. Η αύξηση των λιπαρών από 2% σε 4% δεν οδήγησε σε καλύτερα χαρακτηριστικά υφής, καθώς η διαφορά μεταξύ 2 και 4% είναι πολύ μικρή για να δείξει σημαντικές διαφοροποιήσεις. Σύμφωνα και με έρευνες για την εξάρτηση των οργανοληπτικών και χαρακτηριστικών υφής από τα λιπαρά τέτοιου είδους διακυμάνσεις στα λιπαρά (από 0,1% - 7%) δεν επιδρούν στη γλυκιά γεύση, στο ρυθμό τήξης και στην αντικειμενική σκληρότητα. Έτσι, η διατήρηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών του προϊόντος με μείωση των λιπαρών δείχνει ότι θα ήταν ευνοϊκή η παραγωγή ενός προϊόντος με λιγότερα λιπαρά, δηλαδή ενός προϊόντος περισσότερο υγιεινού και εμπορικού με καλά χαρακτηριστικά υφής.

Η εξέταση των αποτελεσμάτων που έδωσε η ανάλυση κύριων συνιστωσών έδωσε ικανοποιητικές συσχετίσεις μεταξύ διαφόρων οργανοληπτικών χαρακτηριστικών μεταξύ τους, αλλά και με τις αντικειμενικά προσδιορισθείσες ιδιότητες.

Τελικά όμως, τον υψηλότερο βαθμό στη συνολική εκτίμηση έλαβε το δείγμα με τους εγκλεισμένους γλυκοζίτες στεβιόλης, το συμβατικό γιαούρτι και τα το ποσοστό λιπαρών 4%.

## **9.2 Προτάσεις**

Ο σχεδιασμός της παρούσας διπλωματικής βασίστηκε στην παρασκευή παγωτού γιαούρτι με απλή ανάμιξη συμβατικού και προβιοτικού γιαουρτιού και μίγματος παγωτού το οποίο θα περιείχε γλυκοζίτες στεβιόλης. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής το είδος της γλυκαντικής ουσίας επηρέασε σε μεγάλο βαθμό σχεδόν όλες τις οργανοληπτικές και αντικειμενικές ιδιότητες του προϊόντος. Προτείνοντας ένα εξ ολοκλήρου φυσικό προϊόν, το παγωτό γιαούρτι θα μπορούσε επίσης να παρασκευαστεί με πρώτη ύλη το γάλα, είτε παρασκευάζοντας εργαστηριακά το γιαούρτι που θα προστεθεί στο μίγμα παγωτού, είτε εμβολιάζοντας απευθείας με προβιοτική καλλιέργεια το μίγμα παγωτού. Η εφαρμογή ζύμωσης στο μίγμα παγωτού αποτελεί μάλιστα προτεινόμενη μέθοδο από τις βιομηχανίες τροφίμων.

Εκτός όμως από τις εναλλακτικές μεθόδους παρασκευής του προϊόντος, σημαντικά αποτελέσματα θα προέκυπταν και από την εφαρμογή άλλων γλυκοζιτών στεβιόλης. Συγκεκριμένα η μελέτη των επιδράσεων γλυκοζιτών στεβιόλης παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Οι γλυκοζίτες στεβιόλης βρίσκουν σήμερα μεγάλη εφαρμογή στις βιομηχανίες και θα αποτελούσαν ένα ενδιαφέρον αντικείμενο μελέτης στα παγωμένα επιδόρπια καθώς η χρήση τους στο παγωτό γιαούρτι για παράδειγμα χρήζει περαιτέρω έρευνας. Μία άλλη μελέτη που θα μπορούσε να διεξαχθεί είναι τι επίδραση έχουν οι γλυκοζίτες στεβιόλης στην επί μακρόν κατάψυξη των παγωμένων επιδορπίων.

Τέλος, ιδιαίτερη σημασία πρέπει να δοθεί στον ορισμό λειτουργικό προϊόν. Στην προσπάθεια βελτίωσης και προώθησης λειτουργικών προϊόντων και μάλιστα προβιοτικών κρίνεται απαραίτητος ο έλεγχος βιωσιμότητας των βακτηρίων σε προϊόντα όπως είναι το παγωτό γιαούρτι. Προτείνεται λοιπόν πέρα από τη βελτιστοποίηση ενός προϊόντος πλήρως αποδεκτού από τους καταναλωτές, και η εξασφάλιση των θετικών του επιδράσεων στην υγεία.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Miyazaki, K., and Matsuzaki, T., Health properties of milk fermented with *Lactobacillus casei* Shirota. Handbook of Fermented Functional Foods, 2<sup>nd</sup> ed., Farnworth, E.R., Ed., CRC Press, Boca Raton, FL, 165–208, 2008
2. Matsumoto, K., Takada, T., Shimizu, K., Kado, Y., Kawakami, K., Makino, I., Yamaoka, Y., Hirano, K., Nishimura, A., Kajimoto, O., and Nomoto, K., The effects of a probiotic milk product containing *Lactobacillus casei* strain Shirota on the defecation frequency and the intestinal microflora of sub-optimal health state volunteers. *Biosci. Microflora*, 25, 39–48, 2006.
3. Ελένη Τσώλη, Προβιοτικά Τρόφιμα (διπλωματική εργασία), ΕΜΠ, σελ. 1-141, Αθήνα 2004.
4. Άννα Κάντα, Προβιοτικό Παγωτό γιαούρτι (διπλωματική εργασία), ΕΜΠ, σελ. 4-90, Αθήνα 2008.
5. Tuohy, K.M., Pinart-Gilberga, M., Jones, M., Hoyles, L., McCartney, A.L., and Gibson, G.R., Survivability of a probiotic *Lactobacillus casei* in the gastrointestinal tract of healthy human volunteers and its impact on the faecal microflora. *J. Appl. Microbiol.*, 102, 1026–1032, 2007.
6. Spanhaak, S., Havenaar, R., and Schaafsma, G., The effect of consumption of milk fermented by *Lactobacillus casei* strain Shirota on the intestinal microflora and immune parameters in humans. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 52, 899–907, 1998.
7. Shioiri, T., Yahagai, K., Nakayama, S., Asahara, T., Yuki, N., Kawakami, K., Yamaoka, Y., Sakai, Y., Nomoto, K., and Totani, M., The effects of a symbiotic fermented milk beverage containing *Lactobacillus casei* Shirota and transgalatosylated oligosaccharides on defecation frequency, intestinal microflora, organic acid concentrations, and putrefactive metabolites of sub optimal health state volunteers: A randomized placebocontrolled cross-over study. *Biosci. Microflora*, 25, 137–146, 2006.
8. De Preter, V., Geboes, K., Verbrugghe, K., De Vuyst, L., Vanhoutte, T., Huys, G., Swings, J., Pot, B., and Verbeke, K., The in vivo use of the stable isotope-labeled biomarkers lactose- [15N]ureide and [2H4]tyrosine to assess the effects of pro- and prebiotics on the intestinal flora of healthy human volunteers. *Br. J. Nutr.*, 92, 439–446, 2004.
9. Koebnick, C., Wagner, I., Leitzmann, P., Stern, U., and Zunft, H.J.F., Probiotic beverage containing *Lactobacillus casei* Shirota improves gastrointestinal symptoms in patients with chronic constipation. *Can. J. Gastroenterol.*, 17, 655–659, 2003.
10. Imai, K., Matsuyama, S., Miyake, S., Suga, K., and Nakachi, K., Natural cytotoxic activity of peripheral-blood lymphocytes and cancer incidence: An 11-year follow-up study of a general population. *Lancet*, 356, 1795–1799, 2000.
11. Takeda, K., and Okumura, K., Effects of a fermented milk drink containing *Lactobacillus casei* strain Shirota on the human NK-cell activity. *J. Nutr.*, 137, 791–793, 2007.
12. Morimoto, K., Takeshita, T., Nanno, M., Tokutome, N., and Nakayama, K., Modulation of natural killer cell activity by supplementation of fermented milk containing *Lactobacillus casei* in habitual smokers. *Prev. Med.*, 40, 589–594, 2005.
13. Kusaka, Y., Kondou, H., and Morimoto, K., Healthy lifestyles and are

- associated with higher natural killer activity. *Prev. Med.*, 21, 602–615, 1992.
14. Ivory, K., Chambers, S.J., Pin, C., Prieto, E., Argus, J.L., and Nicoletti C., Oral delivery of *Lactobacillus casei* Shirota modifies allergen-induced immune responses in allergic rhinitis. *Clin. Exp. Allergy*, 38, 1282–1289, 2008.
  15. Tamura, M., Shikina, T., Morihana, T., Hayama, M., Kajimoto, O., Sakamoto, A., Kajimoto, Y., Watanabe, O., Nonaka, C., Shida, K., and Nanno, M., Effects of probiotics on allergic rhinitis induced by Japanese cedar pollen: Randomized double-blind, placebo-controlled clinical trial. *Int. Arch. Allergy Immunol*, 143, 75–82, 2007.
  16. Aso, Y., Akaza, H., and the BLP study group, Prophylactic effect of a *Lactobacillus casei* preparation on the recurrence of superficial bladder cancer. *Urol. Int.*, 49, 125–129, 1992.
  17. Aso, Y., Akaza, H., Tsukamoto, T., Imai, K., Naito, S., and the BLP study group, Prevention effect of a *Lactobacillus casei* preparation on the recurrence of superficial bladder cancer in a double-blind trial. *Eur. Urol.*, 27, 104–109, 1995.
  18. Ohashi, Y., Nakai, S., Tsukamoto, T., Masunori, N., Akaza, H., Miyanaga, N., Kitamura, T., Kawabe, K., Kotake, T., Kuroda, M., Naito, S., Koga, H., Saito, Y., Nomata, K., Kitagawa, M., and Aso, Y., Habitual intake of lactic acid bacteria and risk reduction of bladder cancer. *Urol. Int.*, 68, 273–280, 2002.
  19. Ishikawa, H., Akedo, I., Otani, T., Suzuki, T., Nakamura, T., Takeyama, I., Ishiguro, S., Miyaoka, E., Sobue, T., and Kakizoe, T., Randomized trial of dietary fiber and *Lactobacillus casei* administration for prevention of colorectal tumors. *Int. J. Cancer*, 116, 762–767, 2005.
  20. Barrett, J.S., Canale, K.E.K., Gearry, R.B., Irving, P.M., and Gibson, P.R., Probiotic effects on intestinal fermentation patterns in patients with irritable bowel syndrome. *World J. Gastroenterol.*, 14, 5020–5024, 2008.
  21. Lin, H.C., Small intestinal bacterial overgrowth: A framework for understanding irritable bowel syndrome. *JAMA*, 292, 852–858, 2004.
  22. Candy, D.C.A., Densham, L., Lamont, L.S., Greig, M., Lewis, J., Bennett, H., and Griffiths, M., Effect of administration of *Lactobacillus casei* Shirota on sodium balance in an infant with short bowel syndrome. *J. Pediatr. Gastroenterol. Nutr.*, 32, 506–508, 2001.
  23. Matsuzaki, T., Saito, M., Usuku, K., Nose, H., Izumo, S., Arimura, K., and Osame, M., A prospective uncontrolled trial of fermented milk drink containing viable *Lactobacillus casei* strain Shirota in the treatment of HTLV-1 associated myelopathy/tropical spastic paraparesis. *J. Neurol. Sci.*, 237, 75–81, 2005.
  24. Nakagawa, M., Izumo, S., Ijichi, S., Kubota, H., Arimura, K., Kawabata, M., and Osame, M., HTLV-1-associated myelopathy: Analysis of 213 patients based on clinical features and laboratory findings. *J. Neurovirol.*, 1, 50–61, 1995.
  25. Naito, S., Koga, H., Yamaguchi, A., Fujimoto, N., Hasui, Y., Kuramoto, H., Iguchi, A., Kinukawa, N., and Kushi Univ. Urol. Oncol. Group. Prevention of recurrence with epirubicin and *Lactobacillus casei* after transurethral resection of bladder cancer. *J. Urol.*, 179, 489–490, 2008.
  26. Roberfroid, M., Inulin: A fructan, in *Inulin-Type Fructans-Functional Food Ingredients*, Roberfroid, M. Ed., CRC Series in Modern Nutrition, CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 39–60, 2005.
  27. Leach J., The role of prebiotics in the ancient human diet and implications for modern diets, *Active Food Scientific Monitor*, 15, 1–3, 2006.



28. R.Chadwick, *Functional Foods*, edition Springer, ch 1,6, Berlin, 2003
29. I.D.Vuyst, L.Avants, L.Makras, *Functional Foods, ageing and degenerative*, edited by Taylor and Francis Group LLC, ch. 17, 27, New York 2004.
30. Campbell, J.R. and Marshall, R.T., *The Science of Providing Milk for Man*, McGraw-Hill, New York, pp, 1–24, 1975.
31. Bogart, R., *Scientific Farm Animal Production*, Burgess Publishing Company, Minneapolis, Minnesota, pp. 1–19, 1977.
32. de Beer, H., Observations on the history of Dutch physical stature from the late-Middle Ages to the present. *Econ. Hum. Biol.* 2 (1), 45–55, 2004.
33. Reay Tannahill., *Food in History*, Three Rivers Press, New York, pp. 27–29, 1988.
34. Kas.garlı and Mahmud., *Divanü Lügati't-Türk*, First published in Bagdat, 1074 A.D., 725 pages, ISBN: 9759970130, Translated by Serap Tuğ̃ba Yurtsever. Kabalcı Publishing Company, Istanbul, 2005.
35. Yusuf Has hacip., *Kutadgu Bilig*, First published in Balasagun, Central Asia in 1070 A.D., 1285pp., ISBN: 9759970651, Translated by Res.it Rahmeti Arat. Kabalcı Publishing Company, Istanbul, April 2006.
36. Maguelonne Toussaint-Samat, *History of Food*, translated by Anthea Bell. Barnes & Noble Books, New York, pp. 119–20, 1992.
37. Ilya Ilyich Metchnikoff; *The Prolongation of Life: Optimistic Studies*, Springer, New York, NY, p. 360, 2004.
38. Bruce Moore (Ed.), *Yoghurt n*, *The Australian Oxford Dictionary*, 2<sup>nd</sup> edition, Oxford University Press, Oxford, 2004. Oxford Reference Online. Accessed on January 14, 2009.
39. Peters, Pam, *The Cambridge Guide to English Usage*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 587–588, 2004.
40. Yogurt., In *Merriam-Webster Online Dictionary*, Retrieved January 14, 2009, from <http://www.merriam-webster.com/dictionary/yogurt>.
41. Robinson, R.K. and Tamime, A.Y., Recent developments in yoghurt manufacture, in *Modern Dairy Technology*, B.J.F. Hudson, Ed., Elsevier Applied Science Publishers, London, pp. 1–36, 1986.
42. Ramesh C. Chandan (Ed.), Charles H. White (Associate Ed.), Arun Kilara (Associate Ed.), Hui, Y.H. (Associate Ed.), *Manufacturing Yogurt and Fermented Milks*, Wiley-Blackwell Publishers, New York, p. 364, 2006.
43. Robinson, R.K., *Manufacturing yogurt and fermented milks*, *Int. J. Dairy Technol.* (Blackwell Publishing), 60 (3), 237–237, 2007,
44. Ke.eli, T., Robinson, R.K., and Gordon, M.H. The role of olive oil in the preservation of yogurt cheese (labneh anbaris), *Int. J. Dairy Technol.*, 52 (2), 68–72, 1999.
45. Crawford, R.J.M. (Ed.), *The technology of traditional milk products in developing countries*, *FAO Animal Production and Health Papers No. 85, T0251/E*, 333pp., FAO Publication, 1990.
46. Prakash, S. and Urbanska, A.M., *Fermented milk products and use thereof*, *World Intellectual Property Organization*, WO/2007/140613. Publication date: 13712/2007.
47. Sieber, R., Collomb, M., Aeschlimann, A., Jelen, P., and Eyer, H., Impact of microbial cultures on conjugated linoleic acid in dairy products—a review, *Int. Dairy J.*, 14, 1–15, 2004.
48. Tamime, A.Y., *Yoghurt Science and Technology*, 3rd edition, CRC Press/Taylor & Francis, London, UK, 791pp., 2007.
49. Coudeyras, S., Marchandin, H., Fajon, C., and Forestier, C., Taxonomic and strainspecific identification of the probiotic strain lactobacillus

- rhamnosus 35 within the lactobacillus casei group, *Appl. Environ. Microbiol.*, 74, 2679–2689, 2008.
50. Agrawal, A., Houghton, L.A., Morris, J., Reilly, B., Guyonnet, D.N., Schlumberger, A., Jakob, S., and Whorwell, P.J., Clinical trial: The effects of a fermented milk product containing *Bifidobacterium lactis* DN-173 010 on abdominal distension and gastrointestinal transit in irritable bowel syndrome with constipation, *Alimen. Pharmacol. Ther.*, 29 (1), 104–114, 2009.
  51. Vinderola, C.G., Mocchiutti, P., and Reinheimer, J.A., Interactions among lactic acid starter and probiotic bacteria used for fermented dairy products, *J. Dairy Sci. (American Dairy Science Association)*, 85 (4), 721–729, 2002.
  52. Walstra, P., Wouters, J.T.M., and Geurts, T.J., *Dairy Science and Technology*, 2<sup>nd</sup> edition, CRC Press, USA, 2005.
  53. Gregory, D.M., Jarvis, J.K., and Mcbean, L.D., *Handbook of Dairy Foods and Nutrition*, 3rd edition, National Dairy Council, USA, 432pp., 2006.
  54. Walstra, P., Geurts, T.J., Nooman, A., Jellema, A., and van Boekel, M.A.J.S., *Dairy Technology: Principles of Milk Properties and Processes*, Marcel Dekker, New York, pp. 181–185, 1999.
  55. Varnam, A.H. and Sutherland, J.P., *Milk and Milk Products: Technology, Chemistry and Microbiology*, Chapman & Hall, London, p. 451, 1994.
  56. Mitic, S., Jakimov, N., Otenhajmer, I., Milenkovic, D., Bubanja, N., Grubac, D., and Markovic, D., Influence of somatic cell count on growth of *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus bulgaricus* strains used in yoghurt manufacture, in *Proc. XXI Int. Dairy Congr.*, Vol. 1, pp. 275–276, 1982.
  57. Oliveira, C.A.F., Fernandes, A.M., Cunha Neto, O.C., Fonseca, L.F.L., Silva, E.O.T., and Balian, S.C., Composition and sensory evaluation of whole yoghurt produced from milk with different somatic cell counts, *Aus. J. Dairy Technol.*, 57, 192–196, 2002.
  58. Tamime, A.Y. and Robinson, R.K., *Yoghurt Science and Technology*, 3<sup>rd</sup> edition, Woodhead Publishing, Cambridge, p. 808, 2007.
  59. Metin, M., *Sut Teknolojisi*, 1st edition, E.U. Muhendislik Fakultesi Yayinlari, Izmir, p. 786, 1999.
  60. .zer, B.H., *Yogurt Bilimi ve Teknolojisi*, Sidas Yayıncılık, Izmir, p. 496, 2006.
  61. Aslim, B., Yücel, N., and Beyatli, Y., Effect of a bacteriocin-like substances (BLS) produced by *Streptococcus thermophilus* strains on *Listeria* spp., *J. Food Procces. Preserv.*, 28, 241–250, 2004.
  62. Griffi ths, M.W., Phillips, J.D., and Muir, D.D., Effect of low temperature storage on the bacteriological quality of raw milk, *Food Microbiol.*, 4, 285–291, 1987.
  63. Gueimonde, M., Alonso, L., Delgado, T., Bada-Gancedo, J.C., and Reyes Gavilan, C.G., Quality of plain yogurt made from refrigerated and CO<sub>2</sub>-treated milk, *Food Res. Int.*, 36, 43–48, 2003.
  64. Dixon, N.M. and Kell, D.B., The inhibition by carbon dioxide of the growth and metabolism of microorganisms, *J. Appl. Bacteriol.*, 67, 109–136, 1989.
  65. Haas, G.J., Prescott, H.E., Dudley, E., Jr., Dik, R., Hintlian, C., and Keane, L., Inactivation of microorganisms by carbon dioxide under pressure, *J. Food Saf.*, 9, 253–265, 1989.
  66. Calvo, M.M., Montilla, A., and Cobos, A., Lactic acid production and rheological properties of yogurt made from milk acidifi ed with carbon dioxide, *J. Sci. Food Agric.*, 79, 1208–1212, 1999.

67. King, J.S. and Mabbitt, L.A., Preservation of raw milk by the addition of carbon dioxide, *J. Dairy Res.*, 49, 439–447, 1982.
68. Vinderola, C.G., Gueimonde, M., Delgado, T., Reinheimer, J.A., and Reyes-Gavilan, C.G., Characteristics of carbonated fermented milk and survival of probiotic bacteria, *Int. Dairy J.*, 10, 213–220, 2000.
69. Ma, Y., Barbarno, D.M., Hotchkiss, J.H., Murphy, S., and Lynch, J.M., Impact of CO<sub>2</sub> addition to milk on selected analytical testing methods, *J. Dairy Sci.*, 84, 1959–1968, 2001.
70. Ma, Y. and Barbarno, D.M., Impact of temperature of CO<sub>2</sub> addition on the pH and FP of milks and creams, *J. Dairy Sci.*, 86, 1578–1589, 2003.
71. .zer, B.H., Kırım, B., and Atamer, M., Effect of hydrogen peroxide treatment on the quality of raw cream, *Int. J. Dairy Technol.*, 53, 83–86, 2000.
72. Kamau, D.V., Doores, S., and Pruitt, K.M., Antibacterial activity of the lactoperoxidase system against *Listeria monocytogenes* and *Staphylococcus aureus* in milk, *J. Food Protect.*, 53, 1010–1014, 1990.
73. .zer, B.H., Grandison, A.S., Robinson, R.K., and Atamer, M., Effects of lactoperoxidase and hydrogen peroxide on the rheological properties of yoghurt, *J. Dairy Res.*, 70, 227–232, 2003.
74. Nakada, M., Dosako, S., Hirano, R., Ooka, M., and Nakajima, I., Lactoperoxidase suppresses acid production in yoghurt during storage under refrigeration, *Int. Dairy J.*, 6, 33–42, 1996.
75. Hirano, R., Hirano, M., Ooka, M., and Hatanaka, K., Effects of lactoperoxidase on gelation properties of yoghurt, *Food Res. Int.*, 31, 1–6, 1998.
76. Hirano, R., Hirano, M., Ooka, M., Dosako, S., Nakajima, I., and Igoshi, K., Lactoperoxidase effects on rheological properties of yoghurt, *J. Food Sci.*, 63, 35–38, 1998.
77. Bylund, G., *Dairy Processing Handbook*, Tetra Pak Processing Systems A/B, Lund, Sweden, 1995.
78. Π.Π.Παναγιωτίδης, *Μελέτη Ποιοτικών Παραμέτρων Γιαουρτιού*, Αθήνα, 1996.
79. Lankes, H., .zer, B.H., and Robinson, R.K., The effect of elevated milk solids and incubation temperature on the physical properties of natural yoghurt, *Milchwissenschaft*, 53, 510–513, 1998.
80. McKenna, A.B., Examination of whole milk powder by confocal laser scanning microscopy, *J. Dairy Res.*, 64, 423–432, 1997.
81. Thomopoulous, C., Tzia, C., and Milkas, D., Influence of processing of solids-fortified milk on coagulation time and quality properties of yogurt, *Milchwissenschaft*, 48, 426–430, 1993.
82. Kiesecker, F.G. and Healey, D., Protein-adjusted non-fat milk powders, *Aus. J. Dairy Technol.*, 51, 101–126, 1996.
83. Mistry, V.V., Hassan, H.N., and Robinson, D.J., Effect of lactose and protein on the microstructure of dried milk, *Food Struct.*, 11, 73–82, 1992.
84. Aguilar, C.A. and Ziegler, G.R., Physical and microscopic characterization of dry whole milk with altered lactose content. 1. Effect of lactose concentration, *J. Dairy Sci.*, 77, 1198–1204, 1994.
85. Harnett, M. and Mueller, B., Ingredients made from milk for yoghurt products, *Deutsche Milchwirt.*, 45, 841–842, 1994.
86. Augustin, M.A., Cheng, L.J., Glagovskaia, O., Clarke, P.T., and Lawrence, A., Use of blends of skim milk and sweet whey protein concentrates in reconstituted yoghurt, *Aus. J. Dairy Technol.*, 58, 30–35, 2003.
87. Guler, Z., Sezgin, M., and Atamer, M., Yayikalti tozunun yogurt

- uretinde kullanim olanaklarinin arastirilmesi, *Gida*, 21, 317–322, 1996.
88. Guinee, T.P., Mullins, C.G., and Cotter, M.P., Physical properties of stirred-curd unsweetened yoghurts stabilised with different dairy ingredients, *Milchwissenschaft*, 50, 196–200, 1995.
  89. Trachoo, N. and Mistry, V.V., Application of ultrafiltered sweet buttermilk and sweet buttermilk powder in the manufacture of nonfat and low fat yoghurts, *J. Dairy Sci.*, 81, 3163–3171, 1998.
  90. Corredig, M., Roesch, R.R., and Dalgleish, D.G., Production of a novel ingredient from buttermilk, *J. Dairy Sci.*, 86, 2744–2750, 2003.
  91. Rohm, H. and Schmidt, W., Influence of dry matter fortification on flow properties of yoghurt. I. Evaluation of flow curves, *Milchwissenschaft*, 48, 556–560, 1993.
  92. Dave R.I. and Shah, N.P., The influence of ingredient supplementation on the textural characteristics of yoghurt, *Aus. J. Dairy Technol.*, 53, 180–184, 1998.
  93. Bozanic, R., Tratnik, L., and Maric, O., The influence of whey protein concentrate addition on the viscosity and microbiological quality of yoghurt during storage, *Mljekarstvo*, 50, 15–24, 2000.
  94. Zedan, M.A., Zedan, A.N., Kebary, K.M.K., and Mahmoud, S.F., Effects of fortification of cows milk with acetylated whey protein concentrates on the quality of set yoghurt, *Egypt. J. Dairy Sci.*, 29, 285–297, 2001.
  95. Kailasapathy, K., Supriadi, D., and Hourigan, J.A., Effect of partially replacing skim milk powder with whey protein concentrate on buffering capacity of yoghurt, *Aus. J. Dairy Technol.*, 51, 89–93, 1996.
  96. Lucey, J.A. and Singh, H., Formation and physical properties of acid milk gels: A review, *Food Res. Int.*, 30, 529–542, 1997.
  97. Puvanenthiran, A., Williams, R.P.W., and Augustin, M.A., Structure and viscoelastic properties of set yoghurt with altered casein to whey protein ratio, *Int. Dairy J.*, 12, 383–391, 2005.
  98. Antunes, A.E.C., Antunes, A.J., and Cardello, M.A.B., Chemical, physical, microstructural and sensory properties of set fat-free yogurts stabilized with whey protein concentrate, *Milchwissenschaft*, 59, 161–165, 2004.
  99. Tamime, A.Y., Saarela, M., Korslund Sondergaard, A., Mistry, V.V., and Shah, N.P., Production and maintenance of viability of probiotic microorganisms in dairy products, in *Probiotic Dairy Products*, A.Y. Tamime, Ed., Blackwell Publishing, Oxford, pp. 39–72, 2005.
  100. Amatayakul, T., Zisu, B., Sherkat, F., and Shah, N.P., Physical characteristics of set yogurts as affected by co-culturing with non-EPS and EPS starter cultures and supplementation with WPC, *Aus. J. Dairy Technol.*, 60, 238–243, 2005.
  101. Tamime A.Y., Robinson R.K., *Yoghurt: Science and technology*, Cambridge, 1999.
  102. Wilcox, C.P. and Swaisgood, H.E., Modification of the rheological properties of whey protein isolate through the use of an immobilized microbial transglutaminase, *J. Agric. Food Chem.*, 50, 5546–5551, 2002.
  103. Sodini, I., Lucas, A., Oliviera, M.N., Remeuf, F., and Corrieu, G., Effect of milk base and starter culture on acidification, texture, and probiotic cell counts in fermented milk processing, *J. Dairy Sci.*, 85, 2479–2488, 2002.
  104. Greef-Trial, N. and Queguiner, C., French Patent Application, WO/2003/070011, 2003.
  105. Antunes, A.E.C., Cazetto, F.L., and Bolini, H.M.A., Viability of probiotic microorganisms during storage, postacidification and sensory analysis

- of fat-free yogurts with added whey protein concentrate, *Int. J. Dairy Technol.*, 58, 169–173, 2005.
106. Renner, E. and Abd-El Salam, M.H., *Application of Ultrafiltration in the Dairy Industry*, Elsevier Applied Science, London, p. 132, 1991.
  107. Brazuelo, A., Suarez, E., Riera, F.A., Alvarez, R., Iglesia, J.R., and Granada, J., Protein enriched yoghurt by ultrafiltration of skim milk, *J. Sci. Food Agric.*, 69, 283–290, 1995.
  108. Nakazawa, Y., Furusawa, M., Hohno, H., and Shida, T., Manufacture and proteolytic properties of yoghurt from milk concentrated by ultrafiltration, *Lebensmit. Wiss. Technol.*, 24, 491–494, 1991.
  109. Alvarez, F., Arguello, M., Cabero, M., Riera, F.A., Alvarez, R., Iglesias, J.R., and Granada, J., Fermentation of concentrated skim-milk. Effects of different protein/ lactose ratios obtained by ultrafiltration-diafiltration, *J. Sci. Food Agric.*, 76, 10–16, 1998.
  110. Mistry, V.V., Manufacture and application of high milk protein powder, *Le Lait*, 82, 515–522, 2002.
  111. de Castro-Morel, M. and Harper, W.J., Effect of retentate heat treatment and spray dryer inlet temperature on the properties of milk protein concentrates (MPCs), *Milchwissenschaft*, 58, 13–15, 2003.
  112. Zer, B.H. and Robinson, R.K., The behaviour of starter cultures in concentrated yoghurt (labneh) produced by different techniques, *Lebensmit. Wiss. Technol.*, 32, 391–395, 1999.
  113. Romero, C., Goicoechea, A., and Jimenez Perez, S., Production of yoghurt from ultrafiltered milk, *Deut. Molk. Ztg*, 109, 1706–1709, 1988.
  114. Tamime, A.Y., Davies, G., Chehade, A., and Mahdi, H.A., The production of 'labneh' by ultrafiltration: A new technology, *J. Soc. Dairy Technol.*, 42, 35–39, 1989.
  115. El-Samragy, Y.A., El-Sayed, M.M., and Abd-Rabou, N.S., Nutritive value of labneh as affected by processing method, *Egypt. J. Dairy Sci.*, 25, 85–97, 1997.
  116. White, C.H., Manufacture of high quality yogurt, *Cult. Dairy Prod. J.*, 30, 18–26, 1995.
  117. Guilbert, S. and Gontard, N., Edible and biodegradable food packaging, in *Foods and Packaging Materials-Chemical Interactions*, P. Ackermann, M. Jagerstad, and T. Ohlsson, Eds, The Royal Society of Chemistry, London, pp. 159–168, 1995.
  118. Cuq, B., Gontard, N., and Guilbert, S., Edible films and coatings as active layers, in *Active Food Packaging*, M.L. Rooney, Ed., Blackie Academic and Professional, London, pp. 111–142, 1995.
  119. Frederiksen, C.S., Haugard, K.V., Poll, L., and Becker, M.E., Light induced quality changes in plain yoghurt packed in polylactate and polystyrene, *Eur. Food Res. Technol.*, 217, 61–69, 2003.
  120. Bastioli, C., Global status of the production of biobased packaging materials. in *Proc. Food Biopack Conf.*, C. Weber, Ed., Copenhagen, Denmark, p. 2, 2000.
  121. Ucuncu, M., *Gidalarin Ambalajlanmasi*, Ege Universitesi Basimevi, Izmir, p. 689, 2000.
  122. Thomsen, S.B. and Stenaar, D., Migration of monomers and additives from food packaging materials to foods, *Maelkeritidende*, 98, 10–13, 1985.
  123. Hinrichs, J. and Fertsch, B., Pretreatments of yogurt with hydrostatic pressure, *Deutsche Milchwirt.*, 50, 875, 2000.
  124. Huppertz, T., Fox, P.F., and Kelly, A.L., High pressure treatment of bovine milk: Effects on casein micelles and whey proteins, *Int. Dairy J.*, 71, 97–106, 2004.

125. de Ancos, B., Pilar-Cano, M., and Gomez, R., Characteristics of stirred low-fat yogurt as affected by high pressure, *Int. Dairy J.*, 10, 105–111, 2000.
126. .zer, B.H., Kirmacı, H.A., .ztekin, S., Hayalog˘lu, A., and Atamer, M., Incorporation of microbial transglutaminase into non-fat yogurt production, *Int. Dairy J.*, 17, 199–207, 2007.
127. Labropoulous, A.E., Collins, W.F., and Stone, W.K., Effect of UHT treatment and vat processes on heat-induced rheological properties of yoghurt, *J. Dairy Sci.*, 67, 405–409, 1984.
128. Krasaekoopt, W., Bhandari, B., and Deeth, C.H., Yoghurt from UHT milk: A review, *Aus. J. Dairy Technol.*, 58, 26–29, 2003.
129. Krasaekoopt, W., Bhandari, B., and Deeth, C.H., Comparison of texture of yogurt made from conventionally treated milk and UHT milk fortified with low-heat skim milk powder, *J. Food Sci.*, 69, 276–280, 2004.
130. Parnell-Cluiness, E.M., Kakuda, Y., and Smith, A.K., Microstructure of yoghurt as affected by heat treatment of milk, *Milchwissenschaft*, 42, 413–417, 1987.
131. Anonymous, *Dairy Processing, Handbook*, 2nd revision, Tetra Pak Processing Systems AB, Lund, Sweden, 2003.
132. Robinson, R.K. and Tamime, A.Y., Manufacture of yoghurt and other fermented milks, in *Modern Dairy Technology*, R.K. Robinson, Ed., Elsevier Applied Science, London, p. 1, 1993.
133. Robinson, R.K., Lucey, J.A., and Tamime, A.Y., Manufacture of yoghurt, in *Fermented Milks*, A.Y. Tamime, Ed., Blackwell Publishing, London, pp. 53–75, 2006.
134. Lucey, J.A., Formation and physical properties of milk protein gels, *J. Dairy Sci.*, 85, 281–294, 2002.
135. Lee, W. and Lucey, J.A., Rheological properties, whey separation and microstructure in set-style yoghurt: Effects of heating temperature and gelation temperature, *J. Texture Stud.*, 34, 515–536, 2003.
136. Fira, D., Kojic, M., Banina, A., Spasojevic, I., Strahinic, I., and Topisirovic, L., Characterization of cell envelope-associated proteinases of thermophilic lactobacilli, *J. Appl. Microbiol.*, 90, 123–130, 2001.
137. Abu-Tarboush, H.M., Comparison of associative growth and proteolytic activity of yogurt starters in whole milk from camels and cows, *J. Dairy Sci.*, 79, 366–371, 1996.
138. Roefs, S.P.F.M., Structure of acid casein gels, PhD thesis, Agricultural University, Wageningen, The Netherlands, 1986.
139. Dickinson, E., Particle gels, *Chem. Ind.*, 19, 595–599, 1990.
140. Rohm, H. and Kovac, A., Effects starter cultures on linear viscoelastic and physical properties of yoghurt gels, *J. Texture Stud.*, 25, 311–329, 1994.
141. Steventon, A.J., Parkinson, J., Fryer, P.J., and Bottomley, R.C., The rheology of yoghurt, in *Rheology of Food, Pharmaceutical and Biological Materials with General Rheology*, R.E. Carter, Ed., Elsevier Applied Science, London, pp. 196–210, 1990.
142. Heertje, I., Visser, J., and Smits, P., Structure formation in acid milk gels, *Food Microstruct.*, 4, 267–277, 1985.
143. Walstra, P. and Jenness, R., *Dairy Chemistry and Physics*, John Wiley and Sons Inc., Canada, p. 467, 1984.
144. Kristo, E., Biliaderis, C.G., and Tzanetakis, N., Modelling of the acidification process and rheological properties of milk fermented with a starter culture using response surface methodology, *Food Chem.*, 83, 437–446, 2003.
145. Hardi, J. and Slacanac, V., Examination of coagulation kinetics and

- rheological properties of fermented milk products: Influence of starter culture, milk fat and addition of inulin. *Mljekarstvo*, 50, 217–226, 2000.
146. 'The Food Labelling Regulations 1996', Statutory Instrument 1499, <http://www.hmso.gov.uk>.
  147. E. Dickinson, 'An Introduction to Food Colloids', Oxford University Press, Oxford, 1992.
  148. 'New Shorter Oxford English Dictionary', Clarendon Press, Oxford, 1993.
  149. Global and US Market Information from the International Dairy Foods Association ([www.idfa.org](http://www.idfa.org)), and Dairy Ind. Int., 2002, 67, 27.
  150. UK Market Information from 'Ice Creams and Frozen Desserts: Key Note Market Report Plus' 7th Edition, ed. E. Clarke, Hampton, 2000, and M. Stogo, 'Ice Cream and Frozen Desserts: a Commercial Guide to Production and Marketing', J. Wiley, New York, 1998.
  151. Γ.Β. Ρόπακας, Διασφάλιση Ποιότητας και Ασφάλειας στην παραγωγή παγωτού, Αθήνα, 2002.
  152. Κ.Τζιά, Β.Ωραιπούλου, Συντήρηση και Συσκευασία τροφίμων, εκδόσεις ΕΜΠ, σελ. 224 – 229, Αθήνα, 2003.
  153. Γ.Παπαευσταθίου, Μελέτη της επίδρασης των γλυκαντικών στις ρεολογικές, φυσικές και οργανοληπτικές ιδιότητες του παγωτού, (διπλωματική εργασία), Αθήνα, 2007.
  154. C.J. Clarke, *Phys. Educ.*, 38, 248, 2008
  155. 'The Guinness World Records 2002', Guinness World Records, London, 2002.
  156. M. Mathlouthi and J. Gknotelle, in 'Sucrose: Properties and Applications' ed. M. Mathlouthi and P. Reiser, Blackie Academic & Professional, London, 1995.
  157. Abbas, M., Huyghbeart, A., Ismail, A., Youssef, A. and El-Deeb, A. *Alexandria Journal of Agricultural Research*, 41(1), 99-115, 1996.
  158. Abd el-hady, S.m., Abdou, S.m., Dawood, A.h. and Younis, M.f. *Egyptian Journal of Dairy Science*, 13, 19, 1985.
  159. Abd el-salam, M.h. and El-alamy, H.a. In *Research Bulletin – Ain Shams University*, No. 1803, pp.1–11, 1982.
  160. Abdou, S.m., Abd El-hady, S.m., Dawood, A.h. and Younis, M.f. *Egyptian Journal of Dairy Science*, 12, 275, 1984.
  161. Abd-rabo, F.h., Ahmed, N.s., Abou-dawood, A.e. and Hassan, F.a.m. *Egyptian Journal of Dairy Science*, 20, 317, 1992.
  162. Abd-rabo, F.h., Ahmed, N.s., Abou-dawood, A.e. and Hassan, F.a.m. *Egyptian Journal of Dairy Science*, 21, 1993.
  163. Abou-donia, S.a., *New Zealand Journal of Dairy Science and Technology*, 7, 19 1984.
  164. Abou-donia, s., El-soda, M. and Mashally, R. *Journal of Dairy Research*, 47, 151, 1980.
  165. Abou-donia, S.a., Attia, I.a., Khatlab, A.a. and El-shenawi, z. *Egyptian Journal of Dairy Science*, 19, 283, 1991.
  166. Abou-donia, S.a., Attia, I.a., Khatlab, A.A. and El-khadragy, S.m. *Egyptian Journal of Food Science*, 1, 20, 1991.
  167. Abou-donia, S.a., Attia, I.a., Khatlab, A.A. and El-khadragy, S.m. *Egyptian Journal of Food Science*, 20, 13, 1991.
  168. Abrahamsen, R.k. *Dairy Science Abstracts*, 53, 495, 1991.
  169. Abrahamsen, R.k. and Holmen, T.b. *Journal of Dairy Research*, 48, 457, 1981.
  170. Abrahamsen, R.k. and Rysstad, G. *Cultured Dairy Products Journal*, 20, 26, 1991.
  171. Abu-tarboush, H.M. *Milchwissenschaft*, 49, 379, 1994.

172. Abu-tarboush, H.M. *Journal of Dairy Science*, 79, 366, 1996.
173. Abu-tarboush, H.M., Al-dagal, M.m. and Al-royli, M.A. *Journal of Dairy Science*, 81, 354, 1998.
174. Agnihotri, M.k. and Pal, U.K. *Indian Journal of Small Ruminants*, 2(2), 24, 1996.
175. Agnihotri, M.k. and Pal, U.K. *Indian Journal of Small Ruminants*, 3(2), 86, 1997.
176. Ahmed, T.k. *Sudan Journal of Animal Production*, 5, 93, 1992.
177. Ahmed, N.s. and Ismail, A.A. *Journal of Dairy Research*, 45, 119, 1978.
178. Ahmed, N.s. and Ismail, A.A. *Milchwissenschaft*, 33, 228, 1978.
179. Akbulut, N. and Kinik, O. *Ege Universitesi Ziraat Fakultesi Dergisi*, 28, 129, 1991.
180. Akin, N. *Dairy Science Abstracts*, 59, 341, 1997.
181. Akin, N. and Rice, P. *Cultured Dairy Products Journal*, 29(3), 23, 1994.
182. Akin, N., Rice, P. and Holdich, R. *Cultured Dairy Products Journal*, 30(2), 2, 1995.
183. Akoh, C.c. and Swanson, B.g. (Eds.) *In Carbohydrates Polyesters as Fat Substitutes*, Marcel Dekker, New York, 1994.
184. Al-dahhan, A.h., Ali, M.m. and Sibbo, N.h. *Iraqi Journal of Agricultural Sciences "Zanco"*, 2(2), 51, 1984.
185. Alexiou, H., Kehagias, C., Konidari, P., Lambrakos, M. and Garifallidis, N. *Dairy Science Abstracts*, 52, 165, 1990.
186. Inoue K., Shiota K., Ito T., *Preparation and properties of ice cream type frozen yogurt*, *International Journal of Dairy Technology* 51: 44-50, 1998.
187. Stenby E., *High quality yogurt cultures for frozen yogurt*, *Scandinavian Dairy Information* (4): 37, 1993.
188. Χρήστος Σούκουλης, Παγωτό – Γιαούρτι (διπλωματική εργασία), ΕΜΠ, Αθήνα, 2004.
189. 'CRC Handbook of Chemistry and Physics 76th Edition', ed. D.R. Lide, CRC Press, Boca Raton, CA, 1995.
190. A.B. Russell, P.E. Cheney and S.D. Wantling, *J. Food Eng.*, 39,179 1999.
191. S. Turan, M. Kirkland and R. Bee, in 'Food Emulsions and Foams: Interfaces, Interactions and Stability', ed. E. Dickinson and J.M. Rodriguez Patino, The Royal Society of Chemistry, Cambridge, 1999, Special Publication No. 227, p. 151.
192. R.T. Marshall, H.D. Goff and R.W. Hartel, 'Ice Cream', 6th Edition, Cambridge, 2000. Chapman & Hall, New York, 2003, Chapter 12.
193. Abe, K. and Sonobe, M. (1977) Use of stevioside in the food industry. *New Food Industry* 19, 67–72.
194. Akashi, H. (1977) Present status and prospect for stevioside for utilization. *Shokuhin Kogyo* 20(24), 20–26.
195. Anonymous (1980) Concessão de registro e medicamento. *Diario Oficial*, Brazil, 19 September.
196. Anonymous (1988a) High intensity sweeteners—market size 7.2 billion yen. Stevia occupies 41%, but future gains will be made by aspartame. *Food Chemicals*, Tokyo, No. 6, 19–26.
197. Anonymous (1988b) Resolution No. 14. *Diário Oficial*, Brazil, 26 January.
198. Anonymous (1988c) Resolution No. 67. *Diário Oficial*, Brazil, 8 April.
199. Anonymous (1988d) Stevioside. In *The Korean Standards of Food Additives*, The Korea Foods Industry Association, Seoul, pp. 198–199.
200. Anonymous (1993) Stevia extract. In *Voluntary Specifications of Non -chemically Synthesized Food Additives* (2nd edn), Japan Food Additive



- Association, Tokyo, pp. 119–124.
201. Anonymous (1996) The Merck Index. An Encyclopedia of Chemicals, Drugs, and Biologicals (12th edn), Merck Research Laboratories, Whitehouse Station, NJ, pp. 1503–1504.
  202. Anonymous (1999a) European Commission, Scientific Committee on Food, Opinion on stevioside as a sweetener (adopted on 17 June 1999), Brussels, Belgium pp. 1–7. (<http://europa.eu.int/comm/dg24/health/sc/scf/indexen/html>).
  203. Anonymous (1999b) European Commission, Scientific Committee on Food, Opinion on Stevia rebaudiana Bertoni plants and leaves (adopted on 17 June 1999), Brussels, Belgium, pp. 1–4. (<http://europa.eu.int/comm/dg14/health/sc/scf/indexen/html>).
  204. Bakal, A.I. and O'Brien Nabors, L. (1986). Stevioside. In *Alternative Sweeteners*, O'Brien Nabors and R.C.Gelardi (Eds), Marcel Dekker, Inc., New York, pp. 295–307.
  205. Bell, F. (1954) Stevioside: a unique sweetening agent. *Chemistry and Industry*, 17 July, pp. 897–898. Bertoni, M.S. (1905) Le Kaá hê-é: sa nature et ses propriétés. *Anales Científicos Paraguayos, Serie I* 5, 1–14.
  206. Bertoni, M.S. (1918) La Stevia Rebaudiana Bertoni. La estevina y la rebaudina, nuevas substancias edulcorantes. *Anales Científicos Paraguayos, Serie II* 6, 29–134.
  207. Blumenthal, M. (1995) FDA lifts import ban on Stevia. Herb can be imported on as a dietary supplement; future use as a sweetener is still unclear. *HerbalGram* 35, 17–18.
  208. Bonvie, L. and Bonvie, B. (1996) Sinfully sweet? *New Age Journal*, January–February, pp. 60–64, 120, 122, 124, 126–128.
  209. Brandle, J.E. (1999) Genetic control of rebaudioside A and C concentration in leaves of the sweet herb, Stevia rebaudiana. *Canadian Journal of Plant Sciences* 79, 85–92.
  210. Brandle, J.E. and Rosa, N. (1992) Heritability for yield, leaf: stem ratio and stevioside content estimated from a landrace cultivar of Stevia rebaudiana. *Canadian Journal of Plant Sciences* 72, 1263–1266.
  211. Brandle, J.E., Starratt, A.N. and Gizjen, M. (1998) Stevia rebaudiana: its agricultural, biological, and chemical properties. *Canadian Journal of Plant Sciences* 78, 527–536.
  212. Chalapathi, M.V., Thimmegowda, S., Sridhara, S., Parama, V.R.R. and Prasad, T.G. (1977) Natural noncalorie sweetener Stevia (Stevia rebaudiana Bertoni)—a future crop of India. *Crop Research* 14, 347–350.
  213. Chamberlain, J.J. and Abolnik, I.Z. (1997) Pulmonary edema following a licorice binge. *Western Journal of Medicine* 167, 184.
  214. Chang, S.S. and Cook, J.M. (1983) Stability studies of stevioside and rebaudioside A in beverages. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 31, 409–412.
  215. Clark, S. (2000) Sweet dreams. *London Sunday Times, Style section*, 1 April, p. 51.
  216. Cook, I.F. and Knox, J.R. (1970) A synthesis of steviol. *Tetrahedron Letters*, pp. 4091–4093.
  217. Crammer, B. and Ikan, R. (1986) Sweet glycosides from the Stevia plant. *Chemistry in Britain*, 22, 915–916, 918.
  218. Crammer, B. and Ikan, R. (1987) Progress in the chemistry and properties of the rebaudiosides. In *Developments in Sweeteners-3*, T.H.Grenby (Ed.), Elsevier Applied Science, London, pp. 45–64.
  219. Das, S., Das, A.K., Murphy, R.A., Punwani, I.C., Nasution, M.P. and Kinghorn, A.D. (1992) Evaluation of the cariogenic potential of the

- intense natural sweeteners stevioside and rebaudioside A. *Caries Research* 26, 363–366.
220. de Klerk, G.J., Nieuwenhuis, M.G. and Beutler, J.J. (1997) Hypokalaemia and hypertension associated with liquorice flavoured chewing gum. *British Medical Journal* 314, 731–732.
  221. Dieterich, K. (1908) The constituents of *Eupatorium rebaudianum*, 'Kaa-he-e', and their pharmaceutical value. *Pharmazeutische Zentralhalle* 50, 435–458. [Chemical Abstracts (1909) 3, 2485–1].
  222. DuBois, G.E. and Stephenson, R.A. (1985) Diterpenoid sweeteners. Synthesis and sensory evaluation of stevioside analogues with improved organoleptic properties. *Journal of Medicinal Chemistry* 28, 93–98.
  223. DuBois, G.E., Bunes, L.A., Dietrich, P.S. and Stephenson, R.A. (1984) Diterpenoid sweeteners. Synthesis and sensory evaluation of biologically stable analogues of stevioside. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 32, 1321–1325.
  224. Duffy, V.B. and Anderson, G.H. (1998) Position of the American Dietetic Association: use of nutritive and non-nutritive sweeteners. *Journal of the American Dietetic Association* 98, 580–587.
  225. Dzyuba, O. and Vseross, O. (1998) *Stevia rebaudiana* (Bertoni) Hemsley—a new source of natural sweetener for Russia. *Rastitel'nye Resursy (Plant Resources)* 34, 86–95.
  226. Esaki, S., Tanaka, R. and Kamiya, S. (1984) Synthesis and taste of certain steviol glycosides. *Agricultural and Biological Chemistry* 48, 1831–1834.
  227. Felipe, G.M. (1977) *Stevia rebaudiana* Bert.: uma revisão. *Ciência e Cultura (São Paulo)* 29, 1240–1248.
  228. Fenwick, G.R., Lutomski, J. and Nieman, C. (1990) Liquorice, *Glycyrrhiza glabra* L.—composition, uses, and analysis. *Food Chemistry* 38, 119–143.
  229. Fletcher, H.G., Jr (1955) The sweet herb of Paraguay. *Chemurgic Digest*, 14, 7, 18–19.
  230. Fujita, H. and Edahiro, T. (1979) Safety and utilization of *Stevia* sweetener. *Shokuhin Kogyo* 22 (20), 66–72.
  231. Galperin de Levy, R.H. (1984) *Stevia rebaudiana* Bertoni: un singular edulcorante natural. *Acta Farmacéutica Bonarense* 3, 47–50.
  232. Gosling, C. (1901) Caá-êhê or azuca-caá. *Kew Bulletin*, pp. 183–194.
  233. Grenby, T.H. (1997) Dental aspects of the use of sweeteners. *Pure and Applied Chemistry* 69, 709–714.
  234. Handro, W., Hell, K.G. and Kerbauly, G.B. (1977) Tissue culture of *Stevia rebaudiana*, a sweetening plant. *Planta Medica* 32, 115–117.
  235. Hanson, J.R. and White, A.F. (1968). Terpenoid biosynthesis. II. Biosynthesis of steviol. *Phytochemistry* 7, 595–597.
  236. Hanson, J.R. and De Oliveira, B.H. (1993) Stevioside and related sweet diterpenoid glycosides. *Natural Products Reports* 10, 301–309.
  237. Hough, C.A.M., Parker, K.J. and Vlitos, A.J. (Eds) (1979) Preface. In *Developments in Sweeteners-I*, Applied Science Publishers, London, pp. v–viii.
  238. Hsing, Y.O., Su, W.F. and Chang, W.C. (1983) Accumulation of stevioside and rebaudioside A in callus culture of *Stevia rebaudiana* Bertoni. *Botanical Bulletin of the Academia Sinica* 24, 115–119. [Chemical Abstracts (1983) 99, 172877b].
  239. Hutapea, A.M., Toskulkao, C., Wilairat, P. and Buddhasukh, D. (1999) High-performance liquid chromatographic separation and quantitation of stevioside and its metabolites. *Journal of Liquid Chromatography and*

- Related Technologies 22, 1161–1170.
239. Jacobs, M.B. (1955) The sweetening power of stevioside. *The American Perfumer*, December, pp. 44–45.
  240. Kawatani, T., Kaneki, Y., Tanabe, T. and Takahashi, T. (1980) On the cultivation of kaa he-e (*Stevia rebaudiana* Bertoni). VI. Response of kaa he-e to potassium fertilizer rates and to the three major elements of fertilizer. *Japanese Journal of Tropical Agriculture* 24, 105–112.
  241. Kim, K.K. and Shibata, H. (1997) Characterization of ent-kaurenoic acid 13-hydroxylase in steviol biosynthesis of *Stevia rebaudiana*. *Han'guk Nonghwa Hahoechi* 40, 501–507. [Chemical Abstracts (1998) 128, 214799].
  242. Kim, K.K., Yamashita, H., Yoshihiro, S. and Shibata, H. (1996) A high activity of 3-hydroxy-3-methylglutaryl coenzyme A reductase in chloroplasts of *Stevia rebaudiana* Bertoni. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry* 60, 685–685.
  243. Kinghorn, A.D. and Compadre, C.M. (1991) Less common high-potency sweeteners. In *Alternative Sweeteners* (2nd edn, Revised and Expanded), L.O'Brien Nabors and R.C.Gelardi (Eds), Marcel Dekker Inc., New York, pp. 197–218.
  244. Kinghorn, A.D. and Kennelly, E.J. (1995) Discovery of highly sweet compounds from natural sources. *Journal of Chemical Education* 72, 676–680.
  245. Kinghorn, A.D. and Soejarto, D.D. (1985) Current status of stevioside as a sweetening agent for human use. In *Progress in Medicinal and Economic Plant Research*, H.Wagner, H.Hikino and N.R.Farnsworth, (Eds), Academic Press, London, 1:1–51.
  246. Kinghorn, A.D. and Soejarto, D.D. (1989) Intensely sweet compounds of natural origin. *Medicinal Research Reviews* 9, 91–115.
  247. Kinghorn, A.D. and Soejarto, D.D. (1991) Stevioside. In *Alternative Sweeteners* (2nd edn, Revised and Expanded), L.O'Brien Nabors and R.C.Gelardi (Eds), Marcel Dekker, Inc., New York, pp. 157–171.
  248. Kinghorn, A.D., Soejarto, D.D., Nanayakkara, N.P.D., Compadre, C.M., Makapugay, H.C., Hovanec-Brown, J.M. et al. (1984) A phytochemical screening procedure for sweet ent-kaurene glycosides in the genus *Stevia*. *Journal of Natural Products* 47, 439–444.
  249. Kinghorn, A.D., Soejarto, D.D., Katz, N.L. and Kamath, S.K. (1985) Studies to identify, isolate, develop, and test naturally occurring noncariogenic sweeteners that may be used as dietary sucrose substitutes. *Government Reports and Announcements Index (United States)* 85 (11), 47. [Chemical Abstracts (1985) 103, 86674c].
  250. Kinghorn, A.D., Fullas, F. and Hussain, R.A. (1995) Structure-activity relationship of highly sweet natural products. In *Studies in Natural Products Chemistry. Volume 15, Structure and Chemistry (Part C)*, Attar-Rahman (Ed.), Elsevier, Amsterdam, pp. 3–41.
  251. Kinghorn, A.D., Kaneda, N., Baek, N.-I., Kennelly, E.J. and Soejarto, D.D. (1998) Noncariogenic intense natural sweeteners. *Medicinal Research Reviews* 18, 347–360.
  252. Kinghorn, A.D., Wu, C.D. and Soejarto, D.D. (2001) Stevioside. In *Alternative Sweeteners* (3rd edn, Revised and Expanded), L.O'Brien Nabors (Ed.), Marcel Dekker, Inc., New York, pp. 167–183.
  253. Kobayashi, M., Horikawa, S., Degrandi, I.H., Ueno, J. and Mitsushashi, H. (1977) Dulcosides A and B, new diterpene glucosides from *Stevia rebaudiana*. *Phytochemistry* 16, 1405–1407.
  254. Kohda, H., Kasai, R., Yamasaki, K., Murakami, K. and Tanaka, O. (1976) New sweet diterpene glucosides from *Stevia rebaudiana*.

- Phytochemistry 15, 981–983.
255. Kroyer, G.T. (1999) The low calorie sweetener stevioside: stability and interaction with food ingredients. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie* 32, 509–512.
  256. Kurahashi, H., Yamaguchi, Y., Tsuzuki, S. and Maehashi, H. (1982) Pharmacological studies of stevioside. *Matsumoto Shigaku* 8, 56–62. [Chemical Abstracts (1982) 97, 214437z].
  257. Lee, K.R., Park, J.R., Choi, B.S., Han, J.S., Ph, S.L. and Yamada, Y. (1982) Studies on the callus culture of *Stevia* as a new sweetening source and the formation of stevioside. *Hanguk Sik'pum Kwahakhoe Chi* 14, 179–183. [Chemical Abstracts (1982) 97, 71003s].
  258. Lewis, W.H. (1992) Early uses of *Stevia rebaudiana* (Asteraceae) leaves as a sweetener in Paraguay. *Economic Botany* 46, 336–337.
  259. Liu, J., Ong, C.P. and Li, S.F.Y. (1997) Subcritical fluid extraction of *Stevia* sweeteners from *Stevia rebaudiana*. *Journal of Chromatographic Science* 35, 446–450.
  260. Makapugay, H.C., Nanayakkara, N.P.D. and Kinghorn, A.D. (1984) Improved high-pressure liquid chromatographic separation of the *Stevia rebaudiana* sweet diterpene glycosides using linear gradient elution. *Journal of Chromatography* 283, 390–395.
  261. Matsui, M., Sofuni, T. and Nohmi, T. (1996) Regionally targeted mutagenesis by metabolically activated steviol: DNA sequence analysis of steviol-induced mutants of guanine phosphoribosyltransferase (gpt) gene of *Salmonella typhimurium* TM677. *Mutagenesis* 11, 565–572.
  262. Mauri, P., Catalano, G., Gardana, C. and Pietta, P. (1996) Analysis of *Stevia* glycosides by capillary electrophoresis. *Electrophoresis* 17, 367–371.
  263. Metivier, J. and Viana, A.M. (1979) The effect of long and short day length upon the growth of whole plants and the level of soluble proteins, sugars, and stevioside in leaves of *Stevia rebaudiana* Bert. *Journal of Experimental Biology* 30, 1211–1222.
  264. Mizukami, H., Shiba, K., Inoue, S. and Ohashi, H. (1983) Effect of temperature on growth and stevioside formation of *Stevia rebaudiana* Bertoni. *Shojakugaku Zasshi* 37, 175–179.
  265. Mizutani, K., Miyata, T., Kasai, R., Tanaka, O., Ogawa, S. and Doi, S. (1989) Study on the improvement of sweetness of steviol bisglycosides: selective enzymatic transglycosylation of the 13-O-glycosyl moiety. *Agricultural and Biological Chemistry* 53, 395–398.
  266. Mizutani, K., Kambara, T., Masuda, H., Tamura, Y., Ikeda, T., Tanaka, O. et al. (1998) Glycyrrhetic acid monoglucuronide (MGGR): biological activities. In *Towards Natural Medicine in the 21st Century*, *Excepta Medica, International Congress Series 1157*, H.Ageta, N.Aimi, Y.Ebizuka, T.Fujita and G.Honda, (Eds), Elsevier, Amsterdam, pp. 225–235.
  267. Mori, K., Nakahara, Y. and Matsui, M. (1970) Total synthesis of ( $\pm$ ) steviol. *Tetrahedron Letters* 2411–2414.
  268. Moroni, L. (1999) *Stevia: è naturale, sana, dietetica, e fino a 300 volte più dolce dello zucchero*. *Natura Scienza*, Bussolengo, Verona, Italy, 12(1), 25–27.
  269. Mosettig, E., Beglinger, U., Dolder, F., Lichti, H., Quitt, P. and Waters, J.A. (1963) The absolute configuration of steviol and isosteviol. *Journal of the American Chemical Society* 85, 2305–2309.
  270. Nakayama, K., Kasahara, D. and Yamamoto, F. (1986) Absorption, distribution, metabolism, and excretion of stevioside in rats. *Journal of the Food Hygiene Society of Japan* 27, 1–8.

271. Nepovim, A. and Vanek, T. (1998) In vitro propagation of *Stevia rebaudiana* plants using multiple shoot culture. *Planta Medica* 64, 775–776.
272. Nepovim, A., Drahosova, H., Valicek, P. and Vanek, T. (1998) The effect of cultivation conditions on the content of stevioside in *Stevia rebaudiana* plants cultivated in the Czech Republic. *Pharmacy and Pharmacology Letters* 8, 19–21.
273. Nishiyama, P., Alvarez, M. and Vieira, L.G.E. (1992) Quantitative analysis of stevioside in the leaves of *Stevia rebaudiana* by near infrared reflectance spectroscopy. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 59, 277–281.
274. Oliveira Ferro, V. (1997) Faculty of Pharmaceutical Sciences, University of São Paulo, São Paulo, Brazil, private communication.
275. Pezzuto, J.M. (1986) Chemistry, metabolism and biological activity of steviol (ent-13—hydroxykaur- 13-en-19-oic acid). In *New Trends in Natural Products Chemistry 1986. Studies in Organic Chemistry*, vol.26, Atta-ur-Rahman and P.W.Le Quesne, (Eds), Elsevier Science Publishers BV, Amsterdam, pp. 371–386.
276. Pezzuto, J.M., Compadre, C.M., Swanson, S.M., Nanayakkara, N.P.D. and Kinghorn, A.D. (1985) metabolically activated steviol, the aglycone of stevioside, is mutagenic. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 82, 2478–2482.
277. Phillips, K.C. (1987) *Stevia*: steps in developing a new sweetener. In - *Developments in Sweeteners -3*, T.H. Grenby (Ed.), Elsevier Applied Science, London, pp. 1–43.
278. Planas, G.M. and Kuc, J. (1968) Contraceptive properties of *Stevia rebaudiana*. *Science* 162, 1007.
279. Richman, A.S., Gijzen, M., Starratt, A.N., Yang, Z. and Brandle, J.E. (1999) Diterpene synthesis in *Stevia rebaudiana*: recruitment and up-regulation of key enzymes from the gibberellin biosynthetic pathway. *Canadian Plant Journal* 19, 411–421.
280. Ruddat, M., Heftmann, E. and Lang, A. (1965) Biosynthesis of steviol. *Archives of Biochemistry and Biophysics* 110, 496–499.
281. Sakaguchi, M. and Kan, T. (1982) Japanese research on *Stevia rebaudiana* (Bert.) Bertoni and stevioside. *Ciência e Cultura (São Paulo)*, 34, 235–248.
282. Schardt, D. (2000) *Stevia*—a bittersweet tale. *Nutrition Action Health letter*, April, p. 3.
283. Seewald, N. (2000) A steady diet of growth for sweeteners and fat substitutes. *Chemical Week*, 7 June, p. 4.
284. Seon, J.H. (1995) Stevioside as natural sweetener. Report of the Pacific R & D Center, Seoul, Korea, pp. 1–8.
285. Shibata, H., Sonoke, S., Ochiai, H., Nishihashi, H. and Yamada, M. (1991) Glycosylation of steviol and steviol glycosides in extracts from *Stevia rebaudiana* Bertoni. *Plant Physiology* 95, 152–156.
286. Shock, C.C. (1982) Rebaudi's stevia: natural noncaloric sweeteners. *California Agriculture*, September–October, pp. 4–5.
287. Soejarto, D.D., Kinghorn, A.D. and Farnsworth, N.R. (1982) Potential sweetening agents of plant origin. III. Organoleptic evaluation of *Stevia* leaf herbarium samples for sweetness. *Journal of Natural Products* 45, 590–599.
288. Sumida, T. (1973) Reports on *Stevia rebaudiana* Bertoni M. introduced from Brazil as a new sweetness resource in Japan. *Miscellaneous Publications of the Hokkaido National Agricultural Experiment Station*, No. 2, pp. 69–83.

289. Suzuki, H., Ikeda, T., Matsumoto, T. and Noguchi, M. (1976) Isolation and identification of rutin from cultured cells of *Stevia rebaudiana* Bertoni. *Agricultural and Biological Chemistry* 40, 819–820.
290. Swanson, S.M., Mahady, G.B. and Beecher, C.W.W. (1992) Stevioside biosynthesis by callus, root, shoot, and rooted-shoot cultures in vitro. *Plant, Cell, Tissue and Organ Culture* 28, 151–157.
291. Tamura, Y., Nakamura, S., Fukui, H. and Tabata, M. (1984) Comparison of *Stevia* plants grown from seeds, cuttings, and stem-tip cultures for growth and sweet glycosides. *Plant Cell Reports* 3, 180–182.
292. Tanaka, O. (1982) Steviol-glycosides: new natural sweetener. *Trends in Analytical Chemistry* 1, 246–248.
293. Tanaka, O. (1997) Improvement of taste of natural sweeteners. *Pure and Applied Chemistry* 69, 675–683.
294. Tinti, J.-M. and Nofre, C. (1991) Design of sweeteners: a rational approach. In *Sweeteners: Discovery, Molecular Design, and Chemoreception*; Walters, D.E., Othoef, F.T. and DuBois, G.E. (Eds), Symposium Series No. 450, American Chemical Society, Washington, DC, pp. 88–99.
295. Toffler, F. and Orio, O.A. (1981) Acceni sulla pianta tropicale kaá-hê-é o erba dolce. *La Revista della Società Italiana di Scienza dell'Alimentazione* 10, 225–230.
296. Totté, N., Charon, L., Rohmer, M., Compennolle, F., Baboeuf, I. and Geuns, J.M.C. (2000) Biosynthesis of the diterpenoid steviol, and entkaurene derivative from *Stevia rebaudiana* Bertoni, via the methylerythritol phosphate pathway. *Tetrahedron Letters* 41, 6407–6410.
297. Toyoda, K., Matsui, H., Shoda, T., Uneyama, C., Takada, K. and Takahashi, M. (1997) Assessment of the carcinogenicity of stevioside in F344 rats. *Food and Chemical Toxicology* 35, 597–603.
298. Valio, I.F.M. and Rocha, R.F. (1977) Effect of photoperiod and growth regulator on growth and flowering of *Stevia rebaudiana* Bertoni. *Japanese Journal of Crop Science* 46, 243–248.
299. Vis, E. and Fletcher, H.G., Jr (1956) Stevioside. IV. Evidence that stevioside is a sophoroside. *Journal of the American Chemical Society* 78, 4709–4710.
300. Walters, D.E., Prakash, I. and Desai, N. (2000) Active conformations of neotame and other high-potency sweeteners. *Journal of Medicinal Chemistry* 43, 1242–1245.
301. Wasuntarawat, C., Temcharoen, P., Toskulkao, C., Munkornkarn, P., Suttajit, M. and Glinsukon, T. (1998) Developmental toxicity of steviol, a metabolite of stevioside, in the hamster. *Drug and Chemical Toxicology* 21, 207–222.
302. Wingard, R.E., Jr, Brown, J.P., Enderlin, F.E., Dale, J.A., Hale, R.L. and Sietz, C.T. (1980) Intestinal degradation and absorption of the glycosidic sweeteners stevioside and rebaudioside A. *Experientia* 36, 519–520.
303. Wood, H.B., Jr, Allerton, R., Diehl, H.W. and Fletcher, H.G., Jr (1955) Stevioside. I. The structure of the glucose moieties. *Journal of Organic Chemistry* 20, 875–883.
304. Wu, C.D., Johnson, S.A., Srikantha, R. and Kinghorn, A.D. (1998) Intense natural sweeteners and their effects on cariogenic bacteria. *Journal of Dental Research* 77, 283.
305. Xili, L., Chengjian, B., Eryi, X., Reiming, A., Yuengming, W., Haodong, S. and Zhiyian, H. (1992) Chronic oral toxicity and carcinogenicity study of stevioside in rats. *Food and Chemical Toxicology* 30, 957–965.
306. Yamasaki, K., Kohda, H., Kobayashi, T., Kasai, R. and Tanaka, O.

- (1976) Structures of Stevia diterpeneglucosides: Applications of <sup>13</sup>C NMR. *Tetrahedron Letters* 1005–1008.
307. Yao, Y., Ban, M. and Brandle, J. (1999) A genetic linkage map for *Stevia rebaudiana*. *Genome* 42, 657–661.
308. Yoshihira, K., Matsui, M. and Ishidate, M. (1987) Chemical characteristics and biological safety of a glycosidic sweetener, stevioside. *Tokishikoroji Forami* 10, 281–289. © 2002.
309. <http://www.foodbites.eu/j15/images/stories/foodbites/pdf/steviol.pdf>

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Στο παράρτημα αυτό παρατίθενται σε μορφή πινάκων και διαγραμμάτων οι αναλυτικές στατιστικές και οι πειραματικές μετρήσεις.

### 1. Αναλύσεις Ανοva (Duncan's Test)

#### ΟΞΥΤΗΤΑ

Univariate Tests of Significance for Var4 (All Statistics) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	11,72593	1	11,72593	1054,064	0,000000
"Var1"	0,03907	1	0,03907	3,512	0,083562
"Var2"	0,03313	1	0,03313	2,978	0,108072
"Var3"	0,25974	4	0,06493	5,837	0,006478
Error	0,14462	13	0,01112		

Duncan test; variable Var4 (All Statistics) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,01112, df = 13,000						
Cell No.	Var3	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		,56525	,90075	,79625	,83300	,73325
1	1		0,001151	0,010911	0,005143	0,042344
2	2	0,001151		0,205577	0,380391	0,057306
3	3	0,010911	0,205577		0,630548	0,413731
4	4	0,005143	0,380391	0,630548		0,225805
5	5	0,042344	0,057306	0,413731	0,225805	

#### pH

Univariate Tests of Significance for Var5 (All Statistics) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	599,9725	1	599,9725	25934,88	0,000000
"Var1"	0,0930	1	0,0930	4,02	0,066211
"Var2"	0,0142	1	0,0142	0,61	0,448156
"Var3"	0,0246	4	0,0061	0,27	0,894706
Error	0,3007	13	0,0231		



## ΑΠΟΔΑΡΣΗ

Univariate Tests of Significance for Var6 (All Statistics) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	31773,52	1	31773,52	1693,688	0,000000
"Var1"	164,35	1	164,35	8,761	0,011061
"Var2"	288,54	1	288,54	15,381	0,001752
"Var3"	4175,73	4	1043,93	55,647	0,000000
Error	243,88	13	18,76		

Duncan test; variable Var6 (All Statistics) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 18,760, df = 13,000			
Cell No.	Var1	{1}	{2}
1	1	36,992	42,725
2	2	0,011226	

Duncan test; variable Var6 (All Statistics) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 18,760, df = 13,000			
Cell No.	Var2	{1}	{2}
1	1	36,060	43,657
2	2	0,001900	

Duncan test; variable Var6 (All Statistics) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 18,760, df = 13,000						
Cell No.	Var3	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
1	1	14,808	34,830	53,147	42,188	54,318
2	2	0,000201		0,000067	0,000093	0,000039
3	3	0,000067	0,000147		0,003522	0,708579
4	4	0,000093	0,032089	0,003522		0,002221
5	5	0,000039	0,000103	0,708579	0,002221	

## ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ

Univariate Tests of Significance for Var7 (All Statistics) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	3287,740	1	3287,740	113,9553	0,000000
"Var1"	7,213	1	7,213	0,2500	0,625421
"Var2"	348,454	1	348,454	12,0776	0,004104
"Var3"	28,457	4	7,114	0,2466	0,906630
Error	375,065	13	28,851		

Duncan test; variable Var7 (All Statistics) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 28,851, df = 13,000			
Cell No.	Var2	{1}	{2}
1	1	8,6473	16,995
2	2	0,004268	0,004268

## ΠΡΟΣΚΟΛΛΗΣΙΜΟΤΗΤΑ

Univariate Tests of Significance for Var8 (All Statistics) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	0,808824	1	0,808824	80,27204	0,000001
"Var1"	0,004682	1	0,004682	0,46465	0,507423
"Var2"	0,012600	1	0,012600	1,25051	0,283694
"Var3"	0,136913	4	0,034228	3,39700	0,041290
Error	0,130989	13	0,010076		

Duncan test; variable Var8 (All Statistics) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,01008, df = 13,000						
Cell No.	Var3	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
1	1	-,2443	-,1070	-,3105	-,2420	-,1018
2	2	0,088242	0,088242	0,367839	0,975326	0,085368
3	3	0,367839	0,019204	0,079699	0,376085	0,018484
4	4	0,975326	0,079699	0,376085		0,082173
5	5	0,085368	0,942263	0,018484	0,082173	

## ΣΥΝΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ

Univariate Tests of Significance for Var9 (All Statistics) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	10,55604	1	10,55604	1651,589	0,000000
"Var1"	0,00030	1	0,00030	0,048	0,830690
"Var2"	0,00841	1	0,00841	1,315	0,272153
"Var3"	0,63599	4	0,15900	24,877	0,000005
Error	0,08309	13	0,00639		

Duncan test; variable Var9 (All Statistics) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00639, df = 13,000						
Cell No.	Var3	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
1	1	,87675	,43575	,77550	,62175	,92275
2	2	0,000070	0,000070	0,096724	0,000854	0,430643
3	3	0,096724	0,000144	0,000144	0,006011	0,000039
4	4	0,000854	0,000144	0,017686	0,017686	0,027093
5	5	0,430643	0,000039	0,027093	0,000287	0,000287

## ΙΞΩΔΕΣ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΑΝΑΜΙΞΗ ΜΕ ΤΟ ΓΙΑΟΥΡΤΙ

Univariate Tests of Significance for Var10 (All Statistics) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1,138122	1	1,138122	305,3895	0,000000
"Var1"	0,004292	1	0,004292	1,1518	0,302694
"Var2"	0,004176	1	0,004176	1,1205	0,309074
"Var3"	0,037680	4	0,009420	2,5277	0,091327
Error	0,048448	13	0,003727		

## ΙΞΩΔΕΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΝΑΜΙΞΗ ΜΕ ΤΟ ΓΙΑΟΥΡΤΙ

Univariate Tests of Significance for Var11 (All Statistics) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	7,350781	1	7,350781	572,8681	0,000000
"Var1"	0,070448	1	0,070448	5,4903	0,035680
"Var2"	0,170201	1	0,170201	13,2643	0,002982
"Var3"	0,373132	4	0,093283	7,2698	0,002654
Error	0,166810	13	0,012832		

Duncan test; variable Var11 (All Statistics) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,01283, df = 13,000			
Cell No.	Var1	{1}	{2}
1	1	,54690	,66560
2	2	0,035818	

Duncan test; variable Var11 (All Statistics) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,01283, df = 13,000			
Cell No.	Var2	{1}	{2}
1	1	,69850	,51400
2	2	0,003140	

Duncan test; variable Var11 (All Statistics) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,01283, df = 13,000						
Cell No.	Var3	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
1	1	,40575	,53375	,57375	,75175	,76625
2	2	0,134197		0,626000	0,021872	0,018008
3	3	0,066770	0,626000		0,044770	0,038987
4	4	0,001391	0,021872	0,044770		0,859264
5	5	0,001147	0,018008	0,038987	0,859264	

## ΧΡΟΝΟΣ ΠΤΩΣΗΣ ΠΡΩΤΗΣ ΣΤΑΓΟΝΑΣ

Univariate Tests of Significance for Var12 (All Statistics) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	31205,00	1	31205,00	781,1766	0,000000
"Var1"	180,00	1	180,00	4,5061	0,053552
"Var2"	871,20	1	871,20	21,8094	0,000438
"Var3"	566,50	4	141,63	3,5454	0,036344
Error	519,30	13	39,95		

Duncan test; variable Var12 (All Statistics) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 39,946, df = 13,000			
Cell No.	Var2	{1}	{2}
1	1	46,100	0,000596
2	2	0,000596	

Duncan test; variable Var12 (All Statistics) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 39,946, df = 13,000						
Cell No.	Var3	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		38,500	33,000	37,750	39,000	49,250
1	1		0,263143	0,869433	0,912753	0,038841
2	2	0,263143		0,307319	0,236044	0,005314
3	3	0,869433	0,307319		0,795123	0,032475
4	4	0,912753	0,236044	0,795123		0,039262
5	5	0,038841	0,005314	0,032475	0,039262	

## ΡΥΘΜΟΣ ΤΗΞΗΣ

Univariate Tests of Significance for Var13 (All Statistics) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	24,88680	1	24,88680	701,4804	0,000000
"Var1"	0,09140	1	0,09140	2,5761	0,132493
"Var2"	0,04782	1	0,04782	1,3480	0,266502
"Var3"	1,57678	4	0,39419	11,1111	0,000385
Error	0,46121	13	0,03548		

Duncan test; variable Var13 (All Statistics) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,03548, df = 13,000						
Cell No.	Var3	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		1,1210	,72475	1,5450	1,2608	,92600
1	1		0,013692	0,009297	0,313307	0,167072
2	2	0,013692		0,000101	0,002348	0,154852
3	3	0,009297	0,000101		0,052576	0,000796
4	4	0,313307	0,002348	0,052576		0,031980
5	5	0,167072	0,154852	0,000796	0,031980	

## ΧΡΩΜΑ ΛΕΥΚΟ - ΚΑΝΟΝΙΚΟ

Univariate Tests of Significance for Var14 (All Statistics) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1535,628	1	1535,628	16811,09	0,000000
"Var1"	0,450	1	0,450	4,93	0,044858
"Var2"	0,050	1	0,050	0,55	0,472545
"Var3"	3,466	4	0,866	9,48	0,000815
Error	1,187	13	0,091		

Duncan test; variable Var14 (All Statistics) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,09135, df = 13,000			
Cell No.	Var1	{1}	{2}
1	1	8,6125	8,9125
2	2	0,044995	

Duncan test; variable Var14 (All Statistics) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,09135, df = 13,000						
Cell No.	Var3	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		9,5625	8,5938	8,6563	8,6563	8,3438
1	1		0,000966	0,001112	0,001357	0,000175
2	2	0,000966		0,786025	0,774697	0,263213
3	3	0,001112	0,786025		1,000000	0,198956
4	4	0,001357	0,774697	1,000000		0,187606
5	5	0,000175	0,263213	0,198956	0,187606	

## ΧΡΩΜΑ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΟ ΤΩΝ ΛΙΠΑΡΩΝ

Univariate Tests of Significance for Var15 (All Statistics) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1557,613	1	1557,613	15157,12	0,000000
"Var1"	0,253	1	0,253	2,46	0,140556
"Var2"	0,013	1	0,013	0,12	0,732849
"Var3"	7,317	4	1,829	17,80	0,000035
Error	1,336	13	0,103		

Duncan test; variable Var15 (All Statistics) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,10276, df = 13,000						
Cell No.	Var3	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		10,000	8,5000	8,6563	8,6875	8,2813
1	1		0,000088	0,000152	0,000238	0,000044
2	2	0,000088		0,502918	0,446364	0,352281
3	3	0,000152	0,502918		0,892603	0,139314
4	4	0,000238	0,446364	0,892603		0,120685
5	5	0,000044	0,352281	0,139314	0,120685	

## ΕΜΦΑΝΙΣΗ – ΣΧΗΜΑ

Univariate Tests of Significance for Var16 (All Statistics) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1298,063	1	1298,063	3839,960	0,000000
"Var1"	0,751	1	0,751	2,221	0,160006
"Var2"	0,413	1	0,413	1,223	0,288898
"Var3"	2,519	4	0,630	1,863	0,177165
Error	4,395	13	0,338		

## ΕΜΦΑΝΙΣΗ – ΔΙΟΓΚΩΣΗ

Univariate Tests of Significance for Var17 (All Statistics) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1230,488	1	1230,488	2590,829	0,000000
"Var1"	0,095	1	0,095	0,199	0,662839
"Var2"	0,282	1	0,282	0,594	0,454721
"Var3"	3,414	4	0,854	1,797	0,189617
Error	6,174	13	0,475		

## ΕΜΦΑΝΙΣΗ – ΑΦΡΩΔΗΣ / ΛΕΠΤΗ

Univariate Tests of Significance for Var18 (All Statistics) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1226,570	1	1226,570	2271,577	0,000000
"Var1"	0,282	1	0,282	0,522	0,482656
"Var2"	0,038	1	0,038	0,071	0,794213
"Var3"	2,106	4	0,527	0,975	0,454176
Error	7,020	13	0,540		

## ΕΜΦΑΝΙΣΗ - ΣΥΜΠΑΓΗΣ

Univariate Tests of Significance for Var19 (All Statistics) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1176,195	1	1176,195	1703,828	0,000000
"Var1"	0,851	1	0,851	1,232	0,287047
"Var2"	0,413	1	0,413	0,599	0,452925
"Var3"	2,708	4	0,677	0,981	0,451547
Error	8,974	13	0,690		

ΟΣΜΗ – ΚΑΝΟΝΙΚΗ / ΕΥΧΑΡΙΣΤΗ

Univariate Tests of Significance for Var20 (All Statistics) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1323,158	1	1323,158	8257,702	0,000000
"Var1"	0,587	1	0,587	3,660	0,077997
"Var2"	0,088	1	0,088	0,548	0,472360
"Var3"	0,315	4	0,079	0,492	0,741689
Error	2,083	13	0,160		

ΟΣΜΗ – ΓΙΑΟΥΡΤΙΟΥ

Univariate Tests of Significance for Var21 (All Statistics) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	677,1570	1	677,1570	200,8501	0,000000
"Var1"	2,3633	1	2,3633	0,7010	0,417585
"Var2"	0,2258	1	0,2258	0,0670	0,799855
"Var3"	4,7219	4	1,1805	0,3501	0,839331
Error	43,8289	13	3,3715		

ΟΣΜΗ – ΠΑΓΩΤΟΥ

Univariate Tests of Significance for Var22 (All Statistics) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1030,215	1	1030,215	2165,693	0,000000
"Var1"	3,791	1	3,791	7,970	0,014377
"Var2"	0,054	1	0,054	0,114	0,740891
"Var3"	2,063	4	0,516	1,084	0,404193
Error	6,184	13	0,476		

Duncan test; variable Var22 (All Statistics) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,47570, df = 13,000			
Cell No.	Var1	{1}	{2}
1	1	6,7417	7,6125
2	2	0,014534	

### ΥΦΗ ΣΤΟ ΚΟΥΤΑΛΙ – ΛΕΠΤΗ

Univariate Tests of Significance for Var23 (All Statistics) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1051,250	1	1051,250	2782,819	0,000000
"Var1"	0,253	1	0,253	0,670	0,427781
"Var2"	0,078	1	0,078	0,207	0,656781
"Var3"	1,539	4	0,385	1,019	0,433650
Error	4,911	13	0,378		

### ΥΦΗ ΣΤΟ ΚΟΥΤΑΛΙ – ΣΥΝΕΚΤΙΚΗ

Univariate Tests of Significance for Var24 (All Statistics) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	947,0320	1	947,0320	465,3363	0,000000
"Var1"	5,9133	1	5,9133	2,9056	0,112041
"Var2"	0,0633	1	0,0633	0,0311	0,862748
"Var3"	4,1125	4	1,0281	0,5052	0,732845
Error	26,4570	13	2,0352		

### ΥΦΗ ΣΤΟ ΚΟΥΤΑΛΙ – ΣΚΛΗΡΗ

Univariate Tests of Significance for Var25 (All Statistics) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	196,3764	1	196,3764	70,96243	0,000001
"Var1"	0,8694	1	0,8694	0,31418	0,584656
"Var2"	0,0344	1	0,0344	0,01245	0,912872
"Var3"	59,2833	4	14,8208	5,35564	0,008996
Error	35,9753	13	2,7673		

Duncan test; variable Var25 (All Statistics) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 2,7673, df = 13,000						
Cell No.	Var3	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		6,5000	2,6250	2,3125	2,6050	1,6250
1	1		0,005966	0,005434	0,007333	0,002137
2	2	0,005966		0,805189	0,986808	0,445849
3	3	0,005434	0,805189		0,807646	0,569065
4	4	0,007333	0,986808	0,807646		0,443166
5	5	0,002137	0,445849	0,569065	0,443166	



## ΥΦΗ ΣΤΟ ΚΟΥΤΑΛΙ – ΤΡΑΧΕΙΑ

Univariate Tests of Significance for Var26 (All Statistics) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	183,0125	1	183,0125	187,0595	0,000000
"Var1"	0,4500	1	0,4500	0,4600	0,509539
"Var2"	2,1125	1	2,1125	2,1592	0,165499
"Var3"	78,4562	4	19,6141	20,0478	0,000018
Error	12,7188	13	0,9784		

Duncan test; variable Var26 (All Statistics) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,97837, df = 13,000						
Cell No.	Var3	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		6,9375	1,8125	2,0000	1,7500	2,6250
1	1		0,000073	0,000100	0,000045	0,000213
2	2	0,000073		0,792972	0,930269	0,289682
3	3	0,000100	0,792972		0,740098	0,387974
4	4	0,000045	0,930269	0,740098		0,267896
5	5	0,000213	0,289682	0,387974	0,267896	

## ΥΦΗ ΣΤΟ ΚΟΥΤΑΛΙ – ΑΦΡΩΔΗΣ

Univariate Tests of Significance for Var27 (All Statistics) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	785,9445	1	785,9445	418,0315	0,000000
"Var1"	0,6570	1	0,6570	0,3495	0,564554
"Var2"	0,1320	1	0,1320	0,0702	0,795164
"Var3"	2,9969	4	0,7492	0,3985	0,806274
Error	24,4414	13	1,8801		

## ΥΦΗ ΣΤΟ ΚΟΥΤΑΛΙ – ΕΥΘΡΙΠΤΗ

Univariate Tests of Significance for Var28 (All Statistics) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	502,1222	1	502,1222	152,6855	0,000000
"Var1"	2,6006	1	2,6006	0,7908	0,390016
"Var2"	10,0990	1	10,0990	3,0709	0,103241
"Var3"	34,6539	4	8,6635	2,6344	0,082482
Error	42,7519	13	3,2886		

## ΥΦΗ ΣΤΟ ΚΟΥΤΑΛΙ – ΠΑΓΟΚΡΥΣΤΑΛΛΟΙ

Univariate Tests of Significance for Var29 (All Statistics) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	156,5481	1	156,5481	71,31562	0,000001
"Var1"	9,0519	1	9,0519	4,12358	0,063262
"Var2"	7,4481	1	7,4481	3,39299	0,088396
"Var3"	9,5783	4	2,3946	1,09086	0,401353
Error	28,5369	13	2,1951		

## ΥΦΗ ΣΤΟ ΣΤΟΜΑ – ΛΕΠΤΗ

Univariate Tests of Significance for Var30 (All Statistics) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	981,7508	1	981,7508	3175,186	0,000000
"Var1"	0,0383	1	0,0383	0,124	0,730577
"Var2"	1,1883	1	1,1883	3,843	0,071738
"Var3"	0,2063	4	0,0516	0,167	0,951508
Error	4,0195	13	0,3092		

## ΥΦΗ ΣΤΟ ΣΤΟΜΑ – ΣΥΝΕΚΤΙΚΗ

Univariate Tests of Significance for Var31 (All Statistics) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	940,1633	1	940,1633	1676,237	0,000000
"Var1"	1,3133	1	1,3133	2,341	0,149934
"Var2"	0,2820	1	0,2820	0,503	0,490778
"Var3"	0,7156	4	0,1789	0,319	0,860246
Error	7,2914	13	0,5609		

## ΥΦΗ ΣΤΟ ΣΤΟΜΑ – ΣΚΛΗΡΗ

Univariate Tests of Significance for Var32 (All Statistics) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	113,6214	1	113,6214	203,3596	0,000000
"Var1"	0,5544	1	0,5544	0,9923	0,337351
"Var2"	0,0884	1	0,0884	0,1583	0,697184
"Var3"	14,8540	4	3,7135	6,6464	0,003857
Error	7,2634	13	0,5587		

Duncan test; variable Var32 (All Statistics) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,55872, df = 13,000						
Cell No.	Var3	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		4,0000	1,9175	2,5200	1,6050	1,8750
1	1		0,002309	0,015181	0,001087	0,002364
2	2	0,002309		0,275020	0,584347	0,937244
3	3	0,015181	0,275020		0,132768	0,267003
4	4	0,001087	0,584347	0,132768		0,618181
5	5	0,002364	0,937244	0,267003	0,618181	

#### ΥΦΗ ΣΤΟ ΣΤΟΜΑ – ΤΡΑΧΕΙΑ

Univariate Tests of Significance for Var33 (All Statistics) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	249,3945	1	249,3945	72,35255	0,000001
"Var1"	1,4445	1	1,4445	0,41908	0,528665
"Var2"	2,1945	1	2,1945	0,63666	0,439255
"Var3"	45,9219	4	11,4805	3,33063	0,043746
Error	44,8102	13	3,4469		

Duncan test; variable Var33 (All Statistics) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 3,4469, df = 13,000						
Cell No.	Var3	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		5,6875	1,3750	3,8125	2,3750	4,4063
1	1		0,009998	0,197449	0,035464	0,347031
2	2	0,009998		0,100356	0,460002	0,051452
3	3	0,197449	0,100356		0,293524	0,658676
4	4	0,035464	0,460002	0,293524		0,164748
5	5	0,347031	0,051452	0,658676	0,164748	

#### ΥΦΗ ΣΤΟ ΣΤΟΜΑ – ΑΦΡΩΔΗΣ

Univariate Tests of Significance for Var34 (All Statistics) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	754,9133	1	754,9133	483,4978	0,000000
"Var1"	0,9570	1	0,9570	0,6129	0,447708
"Var2"	0,5695	1	0,5695	0,3648	0,556264
"Var3"	3,7469	4	0,9367	0,5999	0,669290
Error	20,2977	13	1,5614		

## ΥΦΗ ΣΤΟ ΣΤΟΜΑ – ΕΥΘΡΙΠΤΗ

Univariate Tests of Significance for Var35 (All Statistics) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	511,7684	1	511,7684	153,7527	0,000000
"Var1"	0,2163	1	0,2163	0,0650	0,802765
"Var2"	5,6924	1	5,6924	1,7102	0,213613
"Var3"	22,5172	4	5,6293	1,6912	0,211742
Error	43,2707	13	3,3285		

## ΥΦΗ ΣΤΟ ΣΤΟΜΑ – ΠΑΓΟΚΡΥΣΤΑΛΛΟΙ

Univariate Tests of Significance for Var36 (All Statistics) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	194,5320	1	194,5320	49,32441	0,000009
"Var1"	1,7258	1	1,7258	0,43758	0,519846
"Var2"	1,0695	1	1,0695	0,27118	0,611294
"Var3"	18,8234	4	4,7059	1,19319	0,359626
Error	51,2711	13	3,9439		

## ΓΕΥΣΗ – ΓΛΥΚΙΑ

Univariate Tests of Significance for Var37 (All Statistics) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1113,778	1	1113,778	1769,455	0,000000
"Var1"	0,012	1	0,012	0,020	0,890093
"Var2"	2,812	1	2,812	4,468	0,054430
"Var3"	1,902	4	0,475	0,755	0,572282
Error	8,183	13	0,629		

## ΓΕΥΣΗ – ΟΞΙΝΗ

Univariate Tests of Significance for Var38 (All Statistics) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	291,6570	1	291,6570	118,1539	0,000000
"Var1"	0,0945	1	0,0945	0,0383	0,847876
"Var2"	2,1945	1	2,1945	0,8890	0,362933
"Var3"	5,2609	4	1,3152	0,5328	0,714056
Error	32,0898	13	2,4684		

## ΑΡΩΜΑ – ΕΥΧΑΡΙΣΤΟ

Univariate Tests of Significance for Var39 (All Statistics) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1288,012	1	1288,012	6748,277	0,000000
"Var1"	0,253	1	0,253	1,326	0,270223
"Var2"	0,078	1	0,078	0,409	0,533428
"Var3"	0,175	4	0,044	0,229	0,917086
Error	2,481	13	0,191		

## ΑΡΩΜΑ – ΓΙΑΟΥΡΤΙΟΥ

Univariate Tests of Significance for Var40 (All Statistics) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	565,7820	1	565,7820	180,4914	0,000000
"Var1"	0,1320	1	0,1320	0,0421	0,840571
"Var2"	0,0195	1	0,0195	0,0062	0,938287
"Var3"	17,6437	4	4,4109	1,4071	0,285981
Error	40,7508	13	3,1347		

## ΜΕΤΑΓΕΥΣΗ

Univariate Tests of Significance for Var41 (All Statistics) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1113,778	1	1113,778	1220,097	0,000000
"Var1"	1,512	1	1,512	1,657	0,220472
"Var2"	0,613	1	0,613	0,671	0,427476
"Var3"	1,167	4	0,292	0,320	0,859797
Error	11,867	13	0,913		

## ΤΗΞΗ

Univariate Tests of Significance for Var42 (All Statistics) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1002,882	1	1002,882	1103,336	0,000000
"Var1"	5,913	1	5,913	6,506	0,024165
"Var2"	0,657	1	0,657	0,723	0,410599
"Var3"	2,809	4	0,702	0,773	0,562060
Error	11,816	13	0,909		

Duncan test; variable Var42 (All Statistics)			
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests			
Error: Between MS = ,90895, df = 13,000			
Cell No.	Var1	{1}	{2}
		6,5375	7,6250
1	1		0,024318
2	2	0,024318	

### ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ

Univariate Tests of Significance for Var43 (All Statistics)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1280,000	1	1280,000	12383,26	0,000000
"Var1"	0,200	1	0,200	1,93	0,187575
"Var2"	0,050	1	0,050	0,48	0,498987
"Var3"	1,156	4	0,289	2,80	0,070827
Error	1,344	13	0,103		

Στον πίνακα 1.1 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι συντελεστές συσχέτισης των 5 πρώτων κύριων συνιστωσών με τις εξαρτημένες μεταβλητές.

Variable	Factor coordinates of the variables, based on correlations (All Statistics)				
	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5
Var4	-0,353537	-0,646614	-0,169619	0,037592	-0,382961
Var5	0,213199	0,173791	0,094877	0,578520	0,584918
Var6	-0,540139	-0,470990	0,211393	0,150222	-0,083440
Var7	0,214649	0,016381	-0,102820	0,823516	-0,069365
Var8	-0,295450	-0,056677	0,159612	0,125473	0,667194
Var9	0,330608	0,333998	0,512041	0,170456	0,006517
Var10	-0,449669	-0,357939	0,444691	-0,018244	0,213453
Var11	-0,511312	-0,223261	0,427423	-0,121560	0,382190
Var12	-0,220393	0,254435	0,440283	-0,297005	0,576032
Var13	0,088298	0,075837	-0,016859	0,144304	-0,568500
Var14	0,487072	0,597945	-0,308418	-0,207458	-0,100095
Var15	0,484944	0,744152	-0,208036	-0,025733	-0,104924
Var16	-0,844961	0,054376	-0,121777	-0,275049	-0,211194
Var17	-0,843104	0,079772	0,101339	0,082373	-0,129552
Var18	-0,836517	0,234366	0,027635	0,308805	0,071331
Var19	-0,900359	0,271563	-0,051677	-0,003275	-0,111348
Var20	-0,471109	0,420994	-0,247601	-0,163086	0,245971
Var21	-0,127167	0,487772	0,514678	0,135083	-0,291450
Var22	-0,237855	0,801086	0,052178	0,072790	0,271430
Var23	-0,636279	0,041467	-0,185169	0,089104	0,464332
Var24	-0,487404	0,731747	-0,279103	0,063834	-0,049950
Var25	0,463439	0,661335	-0,412047	0,115137	0,084477
Var26	0,599105	0,707535	0,048709	-0,186337	0,077829
Var27	-0,316146	0,620076	0,345986	0,318022	-0,206932
Var28	0,464317	0,330009	0,395950	-0,225630	0,486876
Var29	-0,416443	-0,201781	0,030884	-0,502553	-0,186916
Var30	-0,316799	0,436704	-0,067980	-0,513843	0,032214
Var31	-0,478698	0,681684	0,117060	-0,108112	-0,306017
Var32	0,708843	0,405666	-0,165970	-0,183742	-0,244052
Var33	0,412102	0,447300	0,466114	0,310165	-0,077677
Var34	-0,348183	-0,070698	0,770984	0,083281	-0,118202
Var35	0,261894	0,138546	0,621193	-0,194898	0,230286
Var36	-0,412520	0,132105	0,471608	-0,145613	-0,287816
Var37	-0,269944	-0,014860	-0,260316	0,848980	0,078930
Var38	-0,195343	0,265465	0,559686	0,276723	-0,445830
Var39	-0,401286	0,485568	-0,573763	0,277757	0,126501
Var40	-0,044151	0,654758	0,529156	0,035087	-0,194775
Var41	-0,676662	0,565089	-0,071446	-0,075887	-0,037209
Var42	-0,483730	0,661324	-0,404811	-0,183830	0,111234
Var43	0,745098	0,064132	0,425604	0,005254	0,057092

Πίνακας 1.1 Συντελεστές συσχέτισης των 5 πρώτων κύριων συνιστωσών με τις μεταβλητές .

Η αντιστοιχία με τις ιδιότητες φαίνεται στον κάτωθι πίνακα.

Var 4	Οξύτητα
Var 5	pH
Var 6	Απόδοση
Var 7	Σκληρότητα
Var 8	Προσκολλησιμότητα
Var 9	Συνεκτικότητα
Var 10	Ιξώδες πριν
Var 11	Ιξώδες μετά
Var 12	Χρόνος πτώσης 1 <sup>ης</sup> σταγόνας
Var 13	Ρυθμός τήξης
Var 14	Χρώμα – Λευκό (κανονικό)
Var 15	Χρώμα – Αντίστοιχο των λιπαρών
Var 16	Εμφάνιση – Σχήμα
Var 17	Εμφάνιση –Διόγκωση
Var 18	Εμφάνιση –Αφρώδης / Λεπτή
Var 19	Εμφάνιση –Συμπαγής
Var 20	Οσμή – Κανονική / Ευχάριστη
Var 21	Οσμή – Γιαουρτιού
Var 22	Οσμή – Παγωτου
Var 23	Υφή στο κουτάλι – Λεπτή
Var 24	Υφή στο κουτάλι –Συνεκτική
Var 25	Υφή στο κουτάλι –Σκληρή
Var 26	Υφή στο κουτάλι –Τραχεία
Var 27	Υφή στο κουτάλι –Αφρώδης
Var 28	Υφή στο κουτάλι –Εύθριπτη
Var 29	Υφή στο κουτάλι –Παγοκρύσταλοι
Var 30	Υφή στο στόμα – Λεπτή
Var 31	Υφή στο στόμα–Συνεκτική
Var 32	Υφή στο στόμα–Σκληρή
Var 33	Υφή στο στόμα–Τραχεία
Var 34	Υφή στο στόμα–Αφρώδης
Var 35	Υφή στο στόμα–Εύθριπτη
Var 36	Υφή στο στόμα–Παγοκρύσταλοι
Var 37	Γεύση – Γλυκιά
Var 38	Γεύση – Όξινη
Var 39	Άρωμα – Ευχάριστο
Var 40	Άρωμα – Γιαουρτιού
Var 41	Μετάγευση
Var 42	Τήξη
Var 43	Συνολική Εκτίμηση

Πίνακας 1.1 Αντιστοίχιση των Variables στις Αντικειμενικές και Υποκειμενικές Ιδιότητες



Με βάση τον πίνακα 1.1, παρατηρείται ότι στο σχηματισμό της πρώτης συνιστώσας (PC1) συνεισέφεραν σημαντικά και αρνητικά οι: Var 16, Var 17 και Var 19 που αντιστοιχούν στις ιδιότητες: Εμφάνιση-Σχήμα, Εμφάνιση-Διόγκωση και Εμφάνιση-Συμπαγής. Θετικά και σημαντικά συνεισέφερε η Var 43 που αντιστοιχεί στην Ολική αποδοχή.

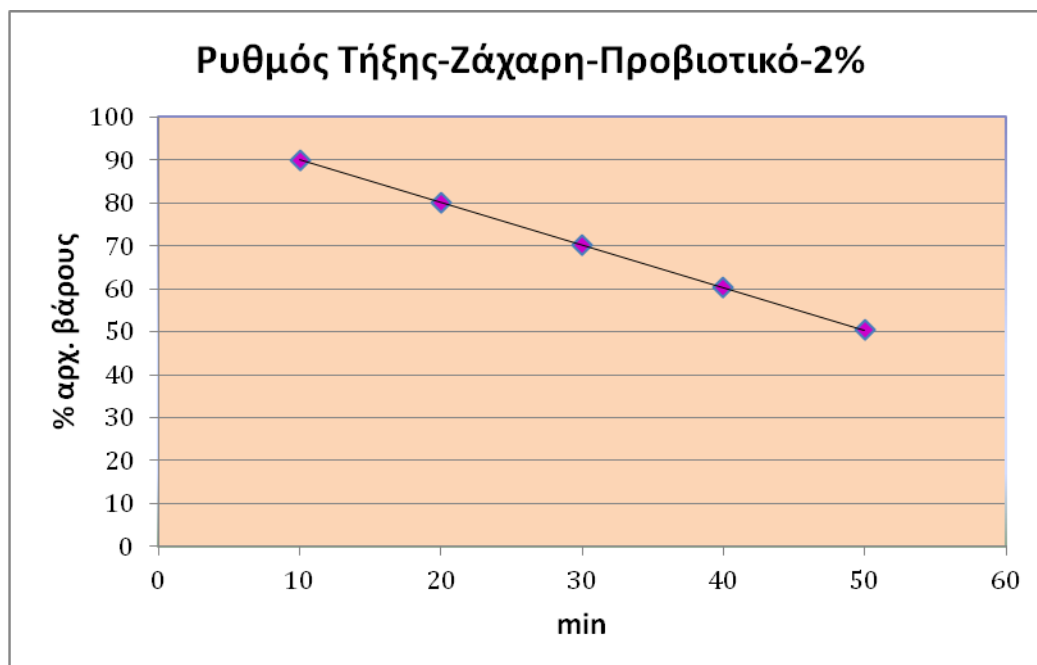
Στο σχηματισμό της δεύτερης συνιστώσας (PC2) συνεισέφερε, σημαντικά και αρνητικά, η Var 4 που αντιστοιχεί στην Οξύτητα, ενώ σημαντικά και θετικά συνεισέφεραν οι: Var 15, Var 22 και Var 24 που αντιστοιχούν στις εξής ιδιότητες: Χρώμα αντίστοιχο των λιπαρών, Οσμή παγωτού και Συνεκτική υφή στο κουτάλι.

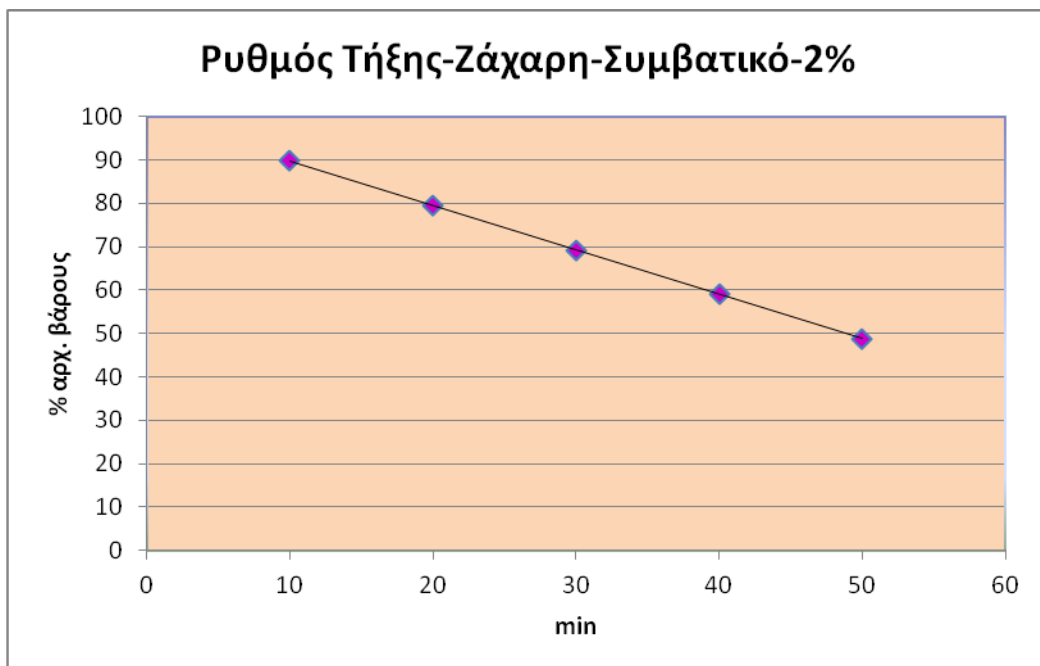
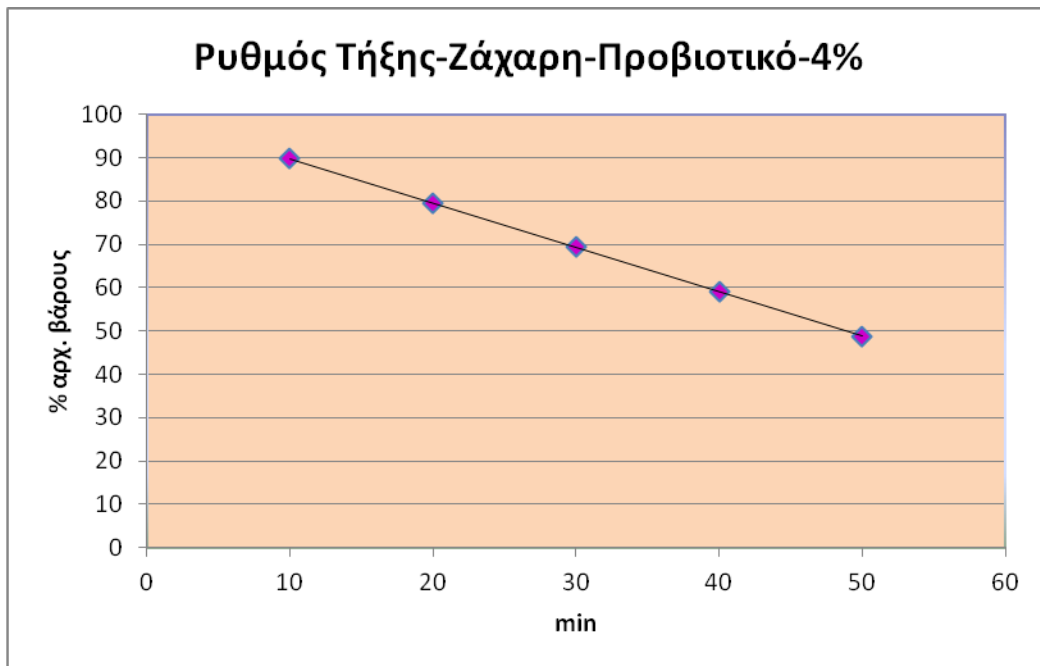
Στο σχηματισμό της τρίτης συνιστώσας (PC3) συνεισέφερε σημαντικά και αρνητικά η Var 39 που αντιστοιχεί στο Ευχάριστο άρωμα ενώ σημαντικά και θετικά η Var 34 δηλαδή η Αφρώδης υφή στο στόμα.

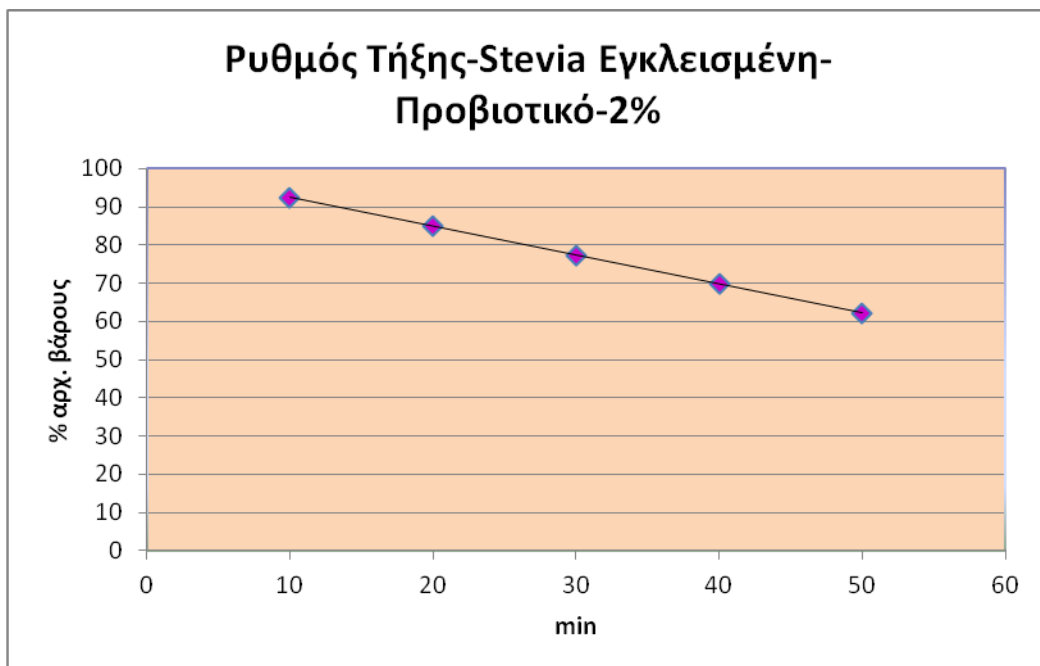
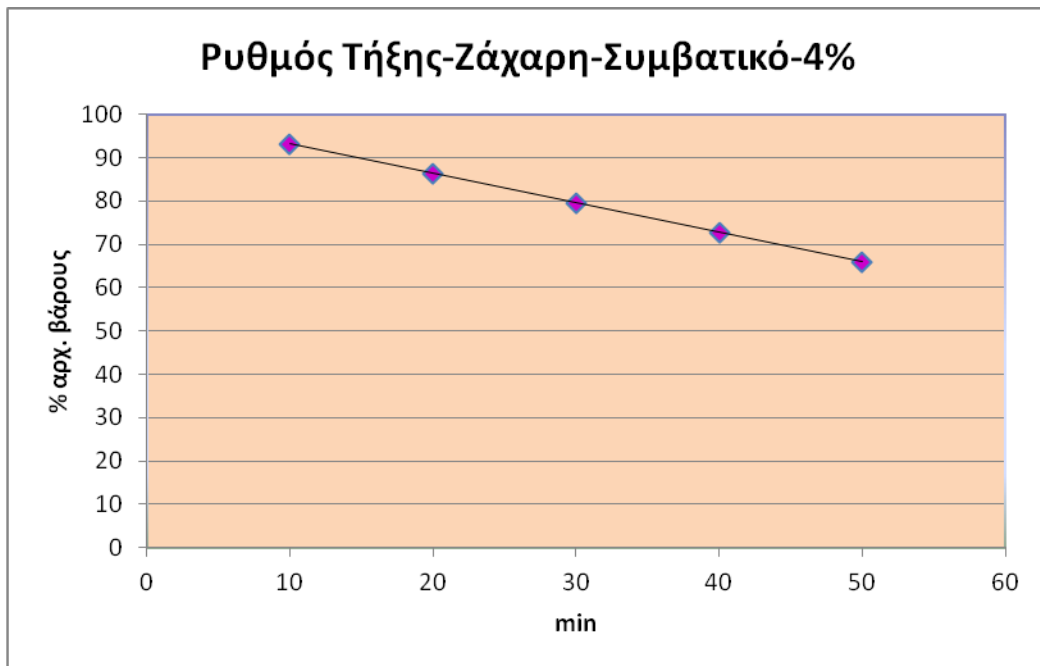
Στο σχηματισμό της τέταρτης συνιστώσας συνεισέφερε σημαντικά και αρνητικά οι: Var 29 και Var 30 δηλαδή οι Παγοκρύσταλλοι από την υφή στο κουτάλι και η Λεπτή υφή στο στόμα ενώ σημαντικά και θετικά η Var 7 δηλαδή η αντικειμενική Σκληρότητα.

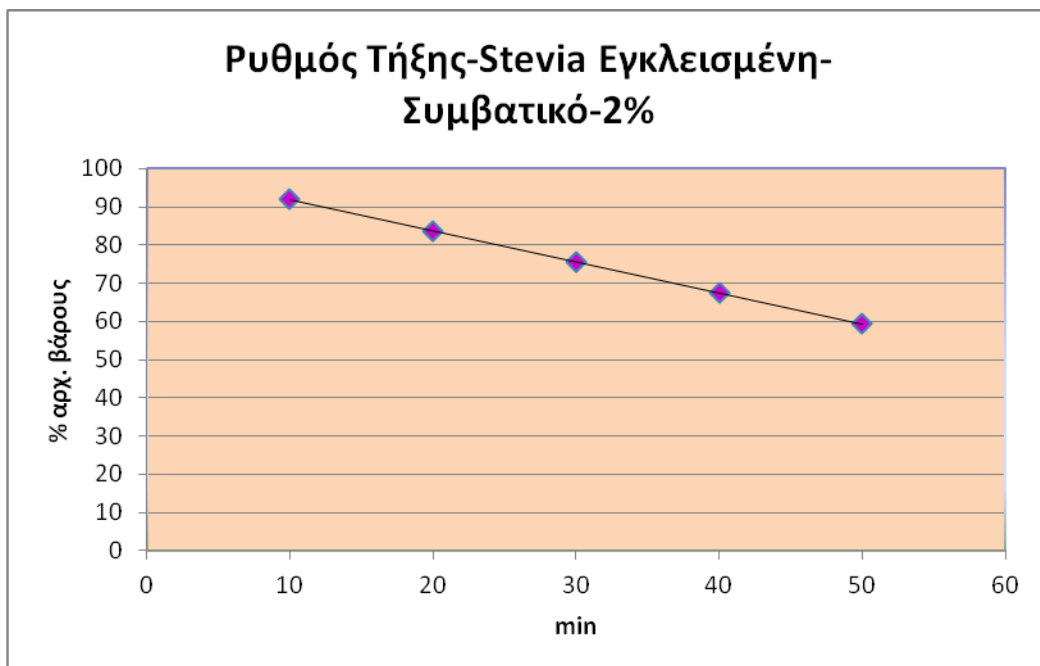
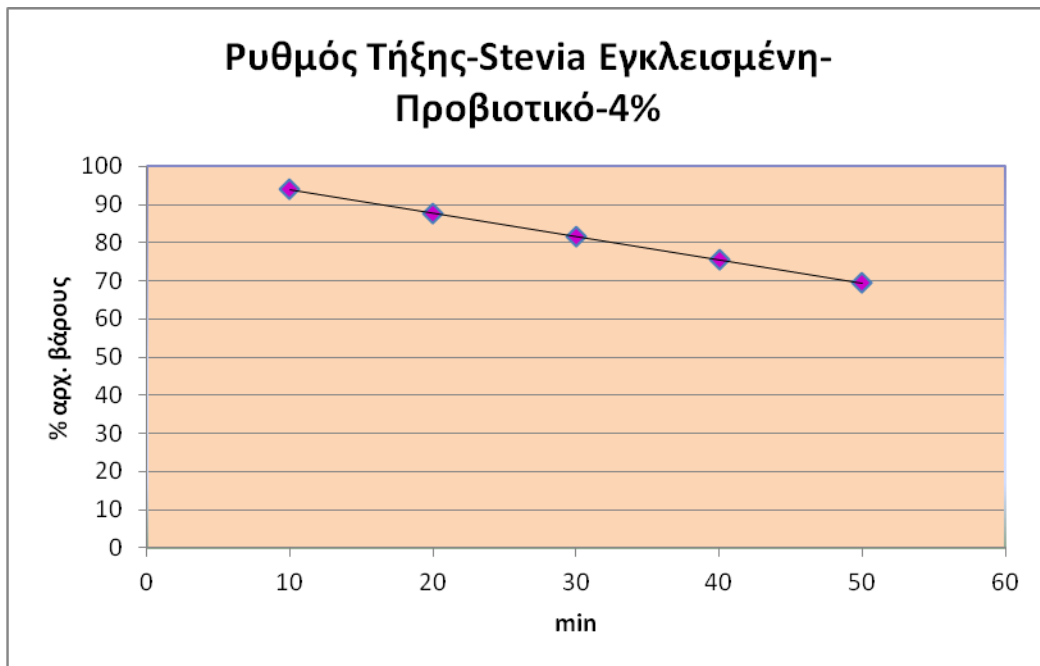
Τέλος, στο σχηματισμό της πέμπτης συνιστώσας συνεισέφερε σημαντικά και αρνητικά η Var 13 δηλαδή ο ρυθμός τήξης ενώ θετικά και σημαντικά συνεισέφερε η Var 8 δηλαδή η Προσκολλησιμότητα.

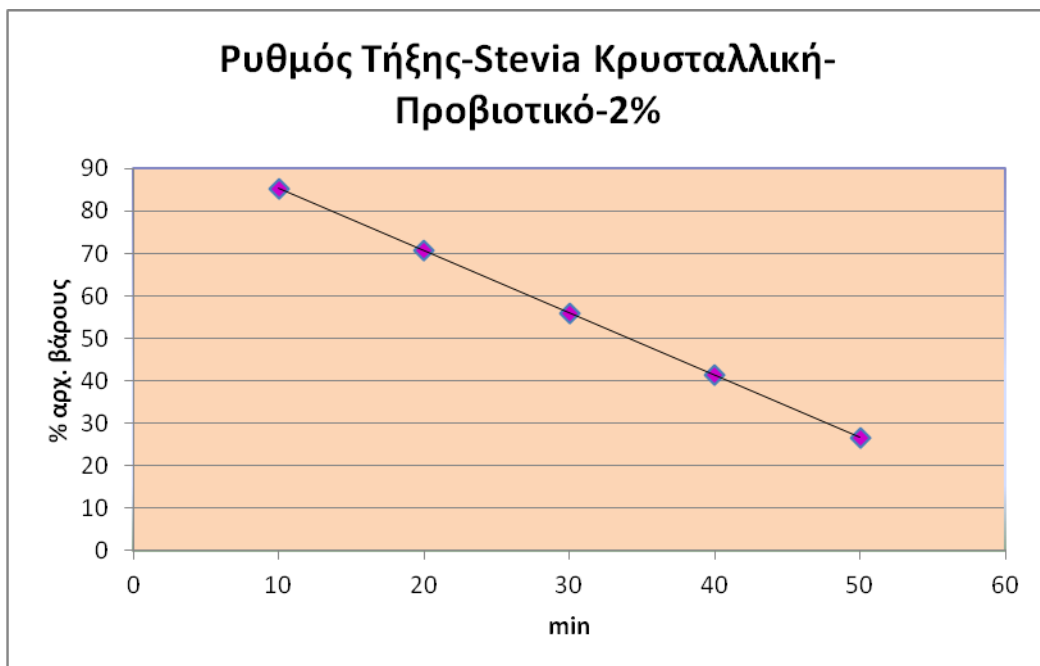
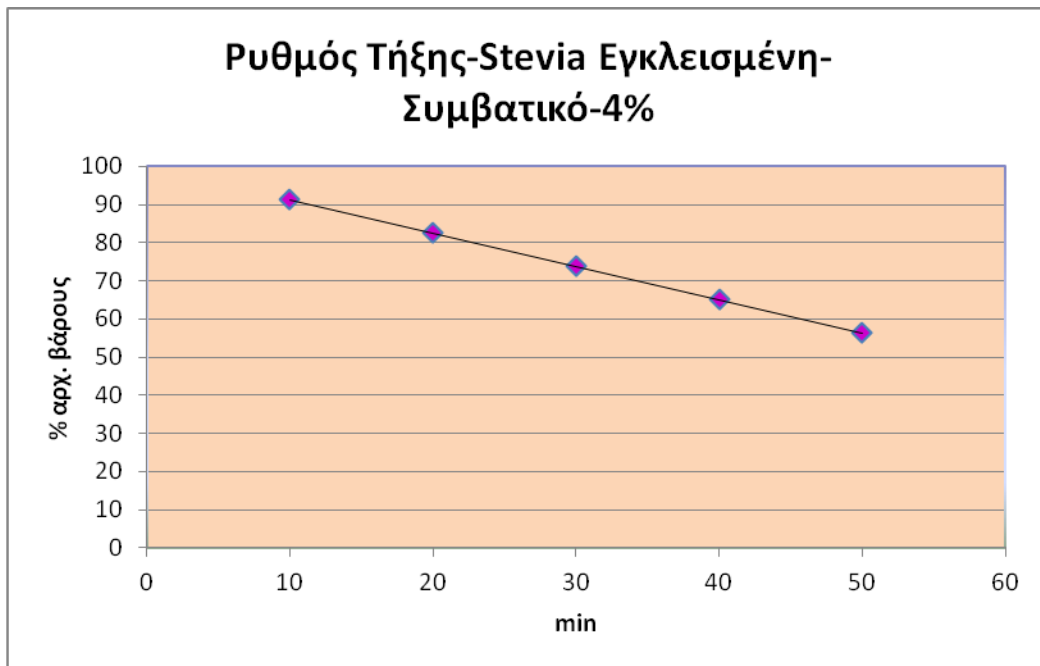
## 2. Διαγράμματα Ρυθμού Τήξης

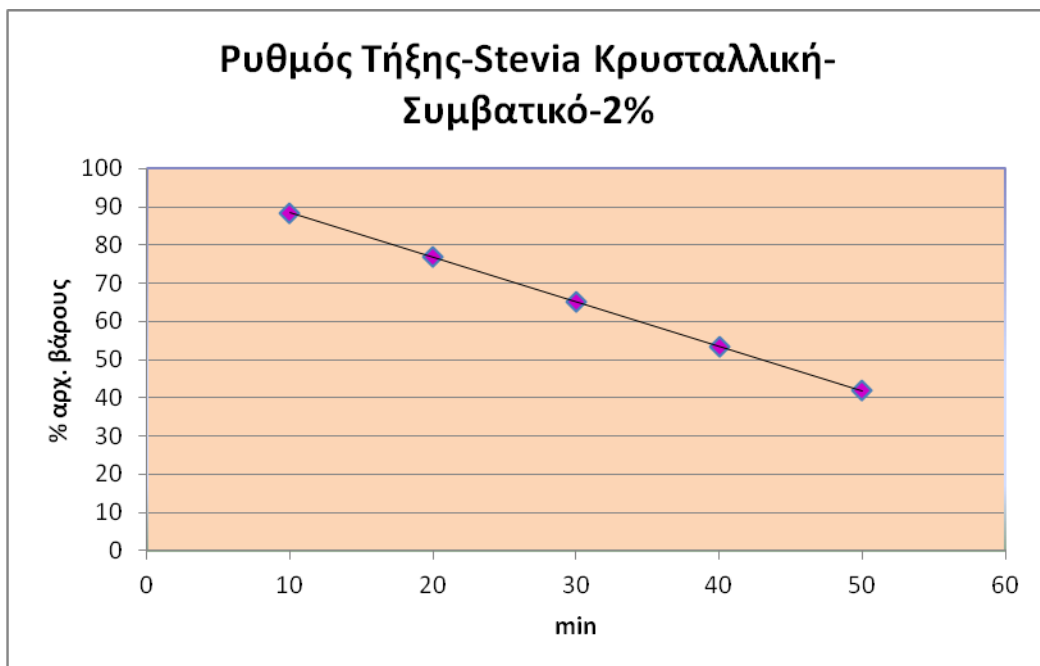
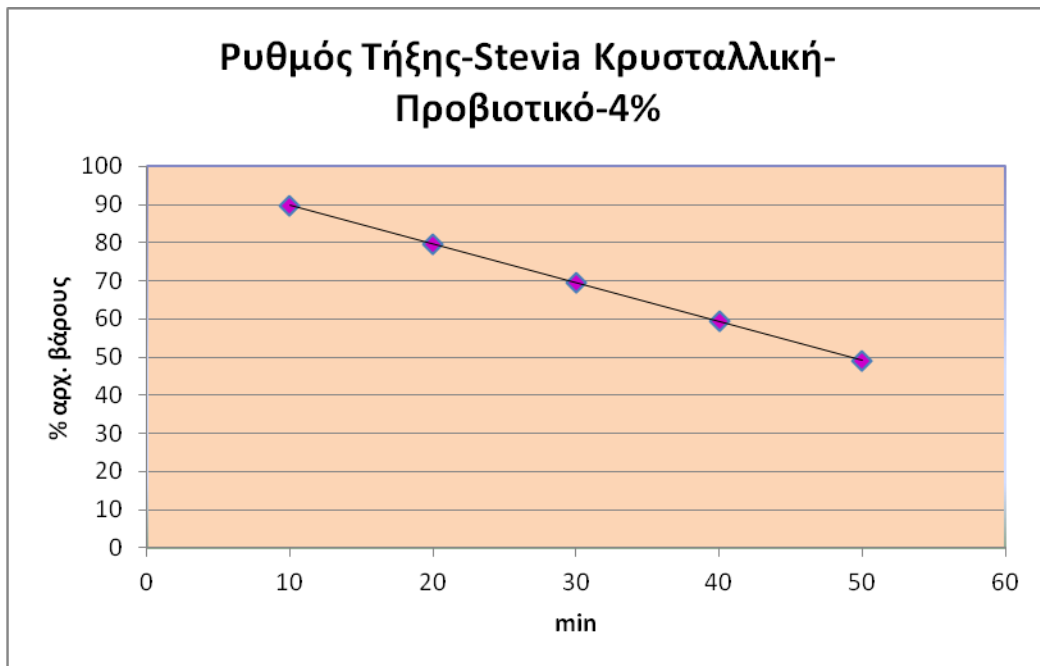


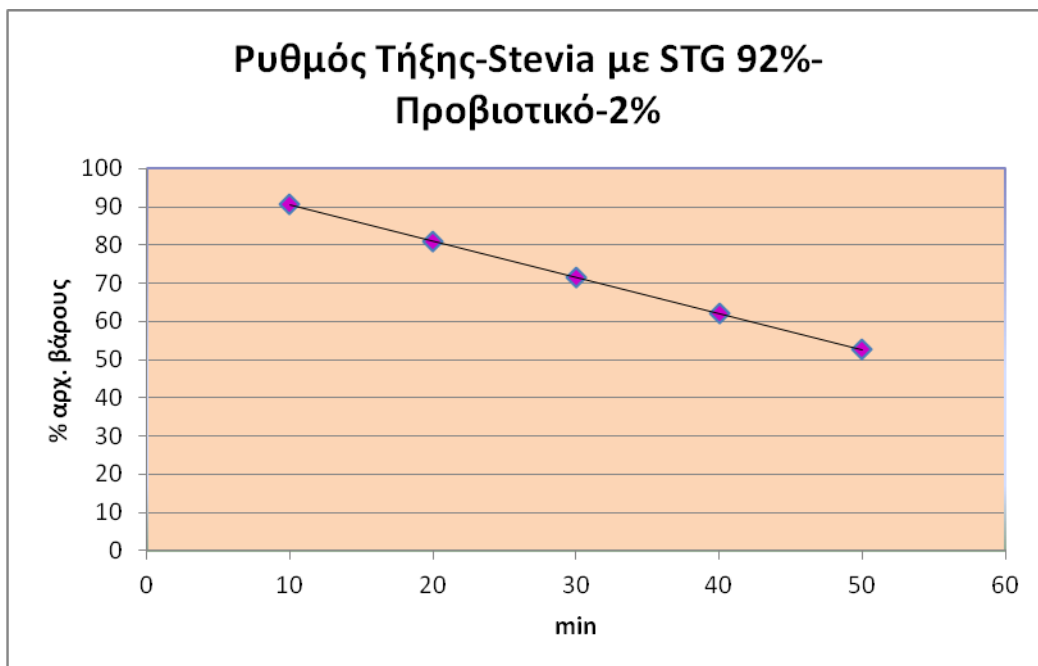
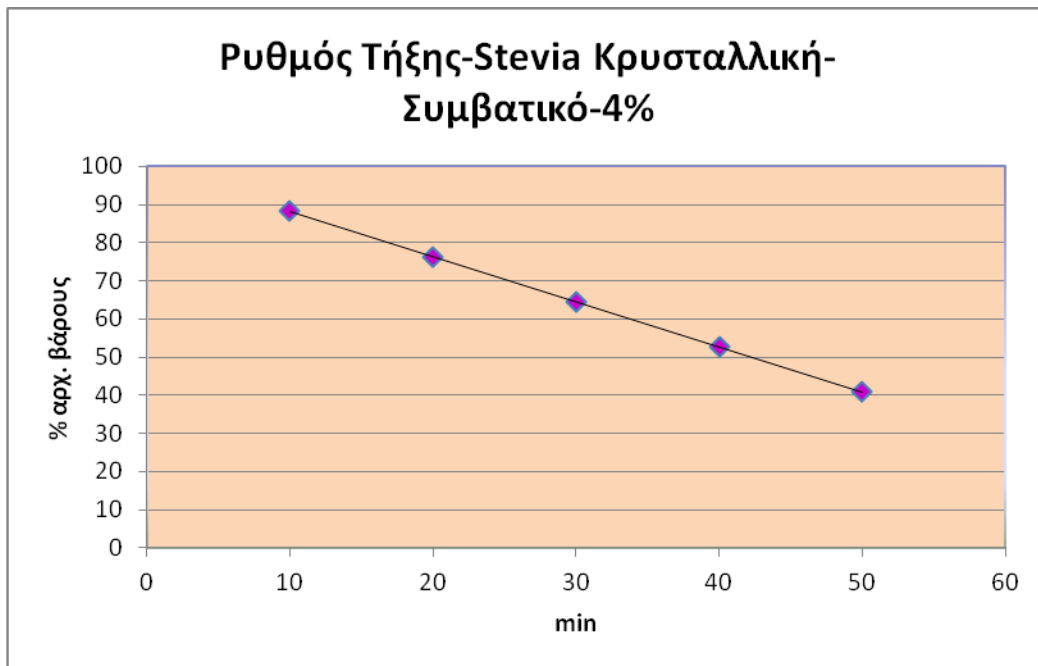


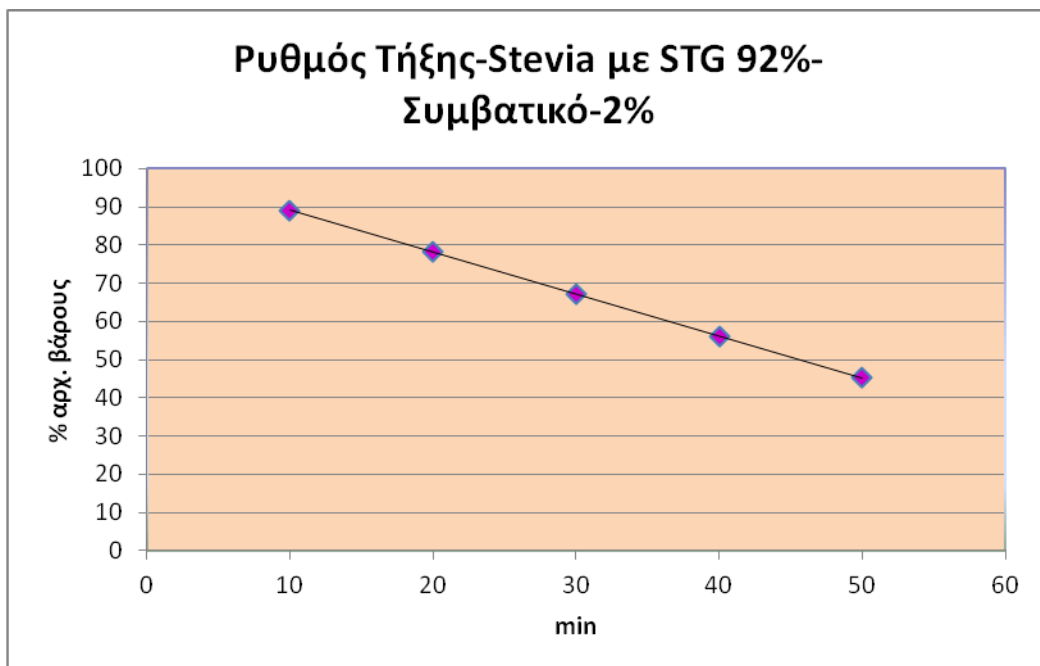
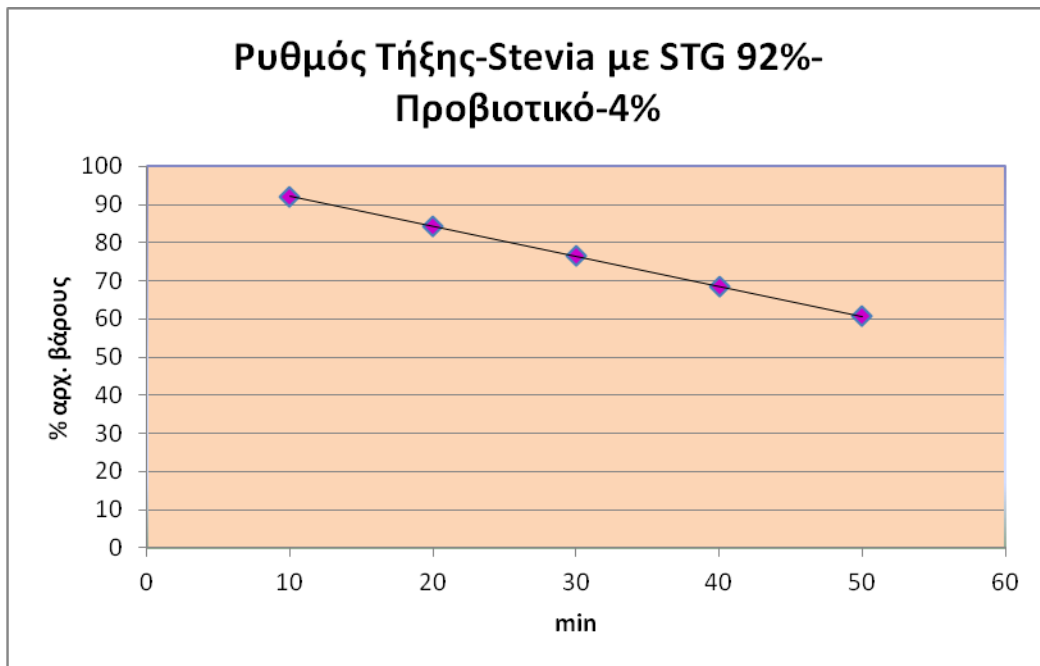




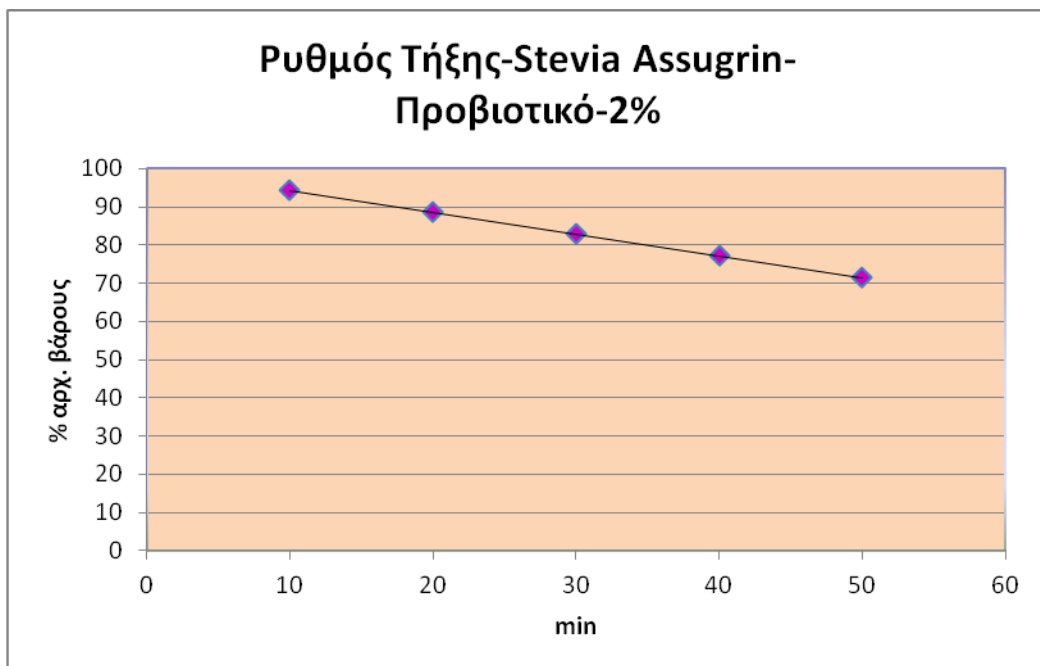
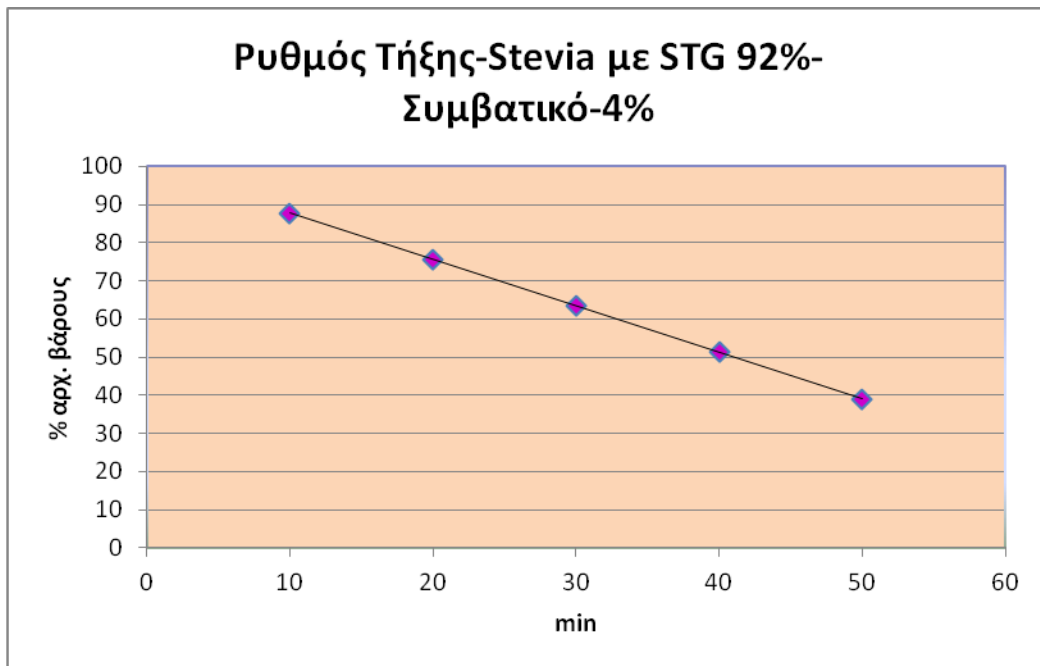


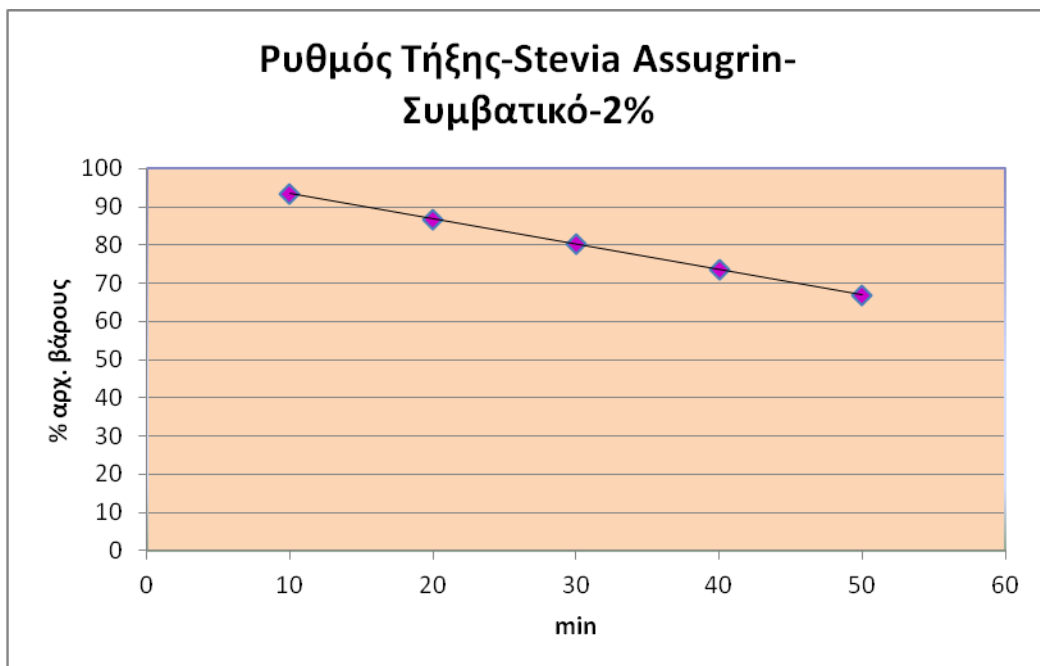
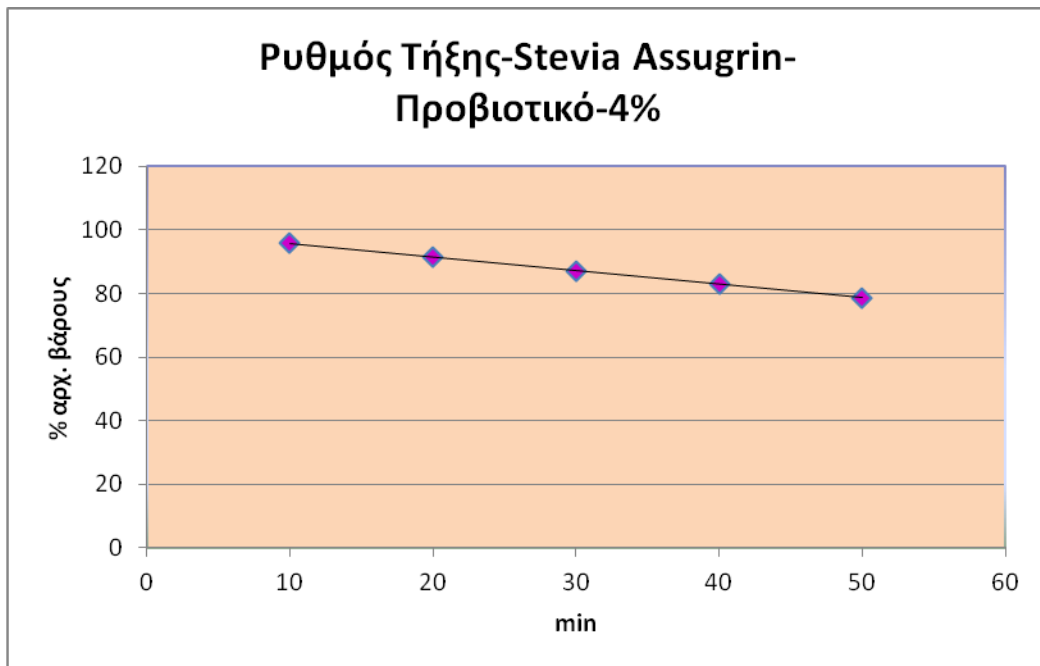


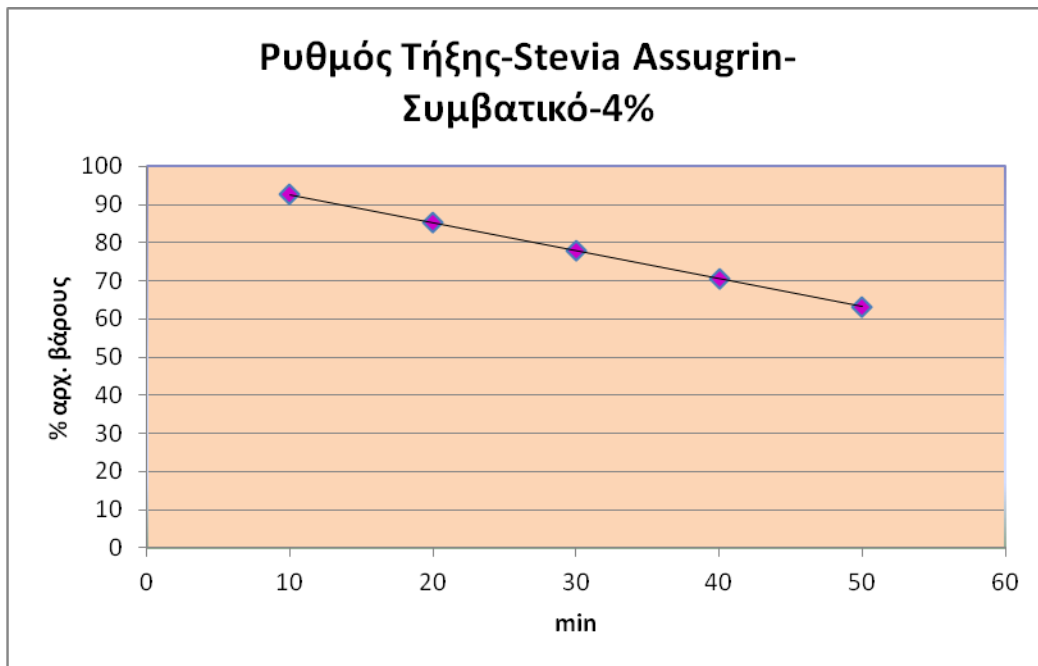






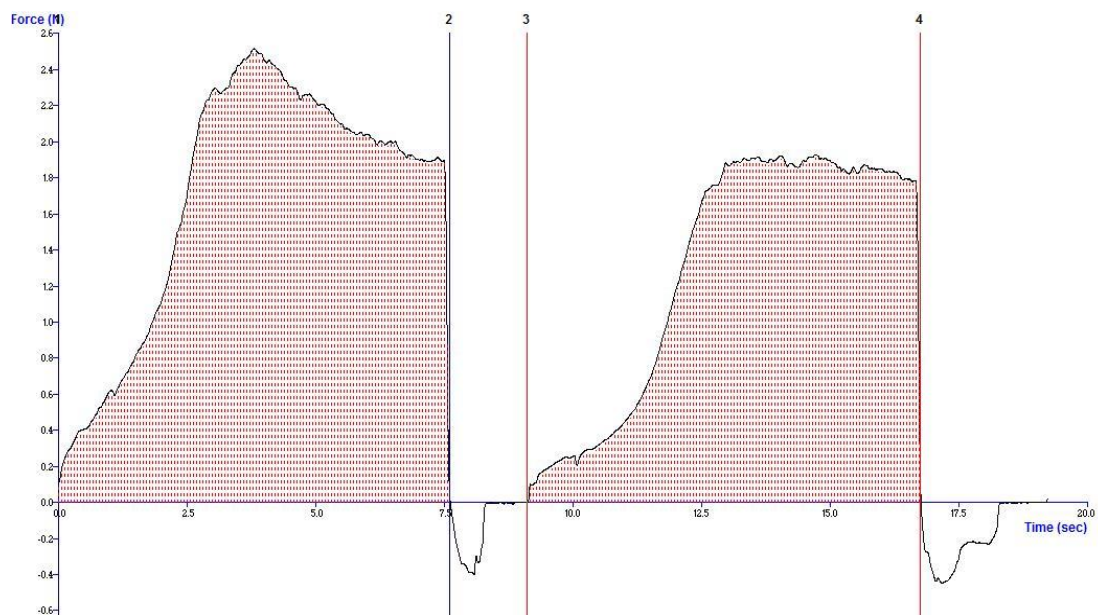




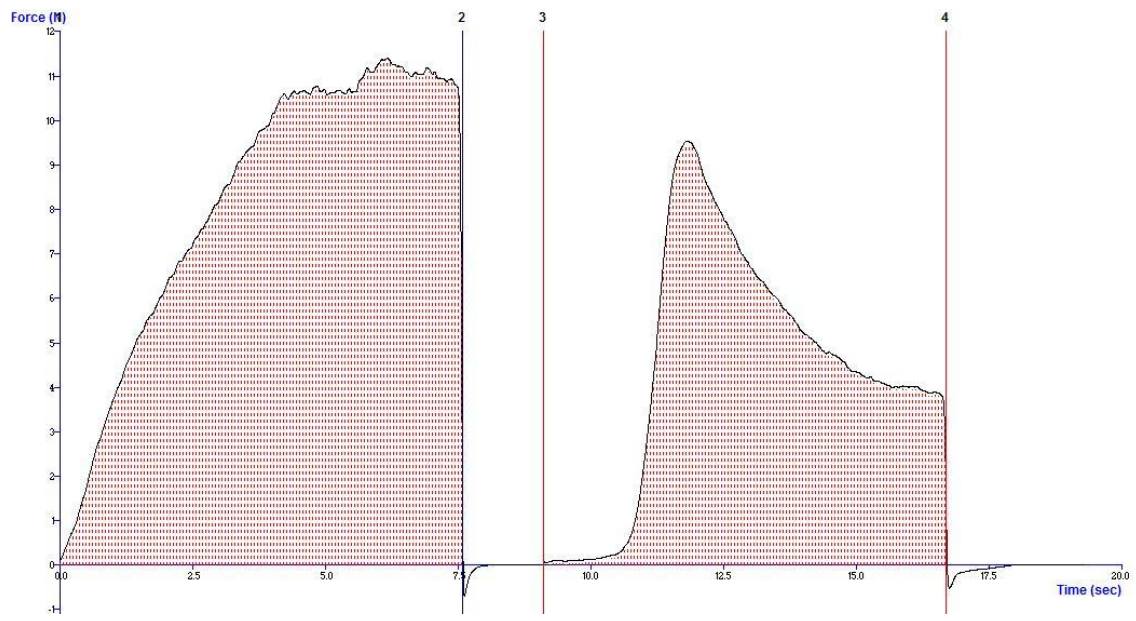


### 3. Διαγράμματα Ανάλυσης Υφής

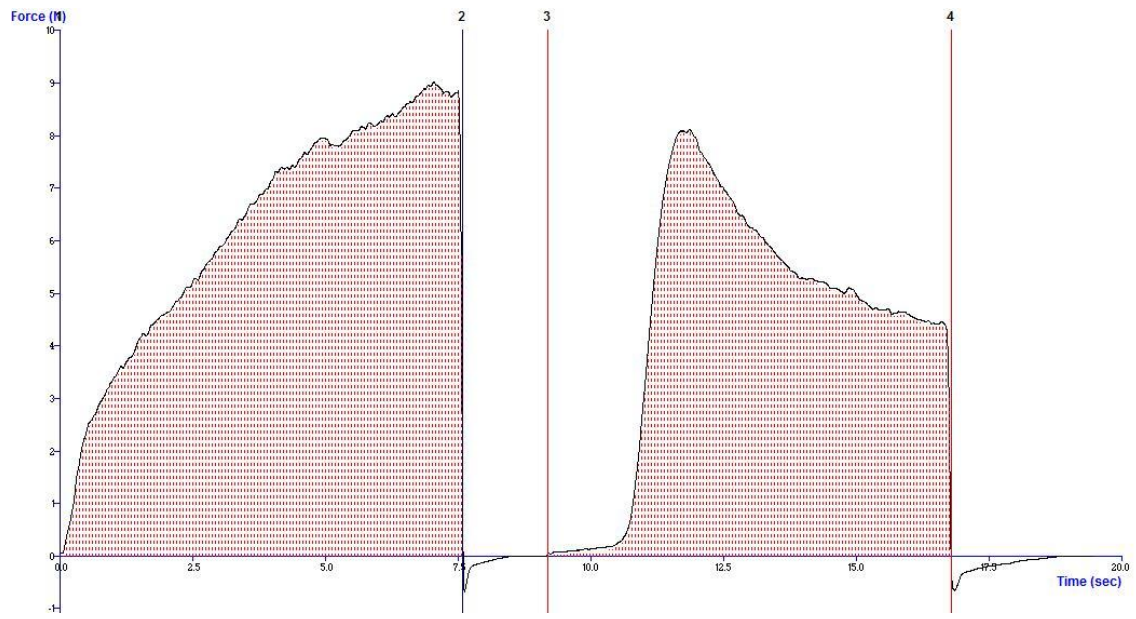
Ζάχαρη – Προβιοτικό – 2%



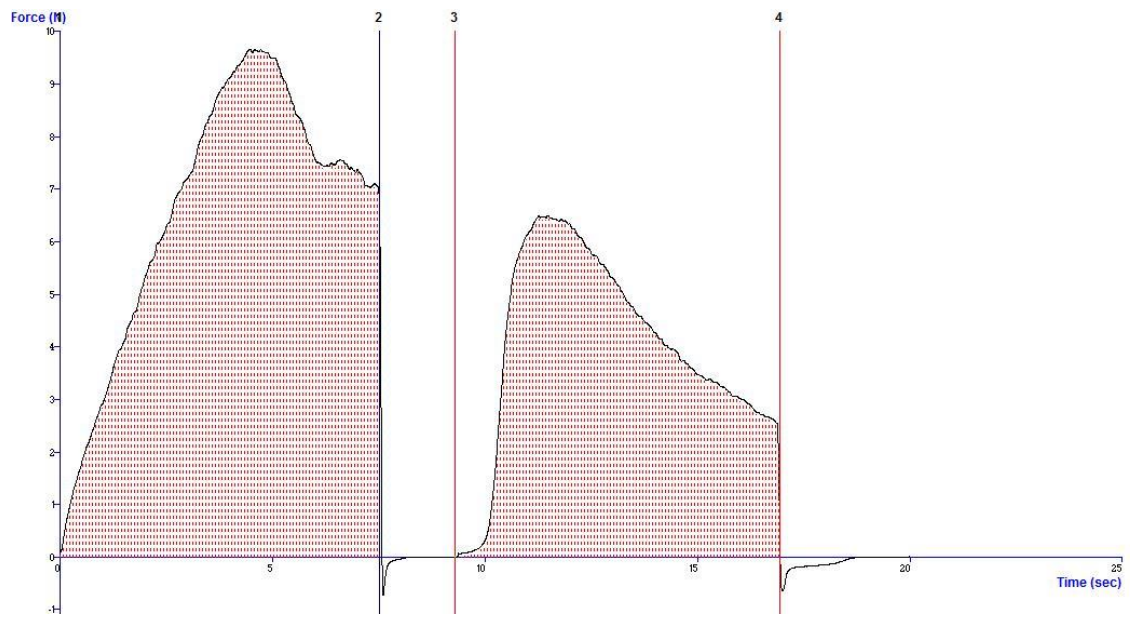
### Ζάχαρη – Προβιοτικό – 4%



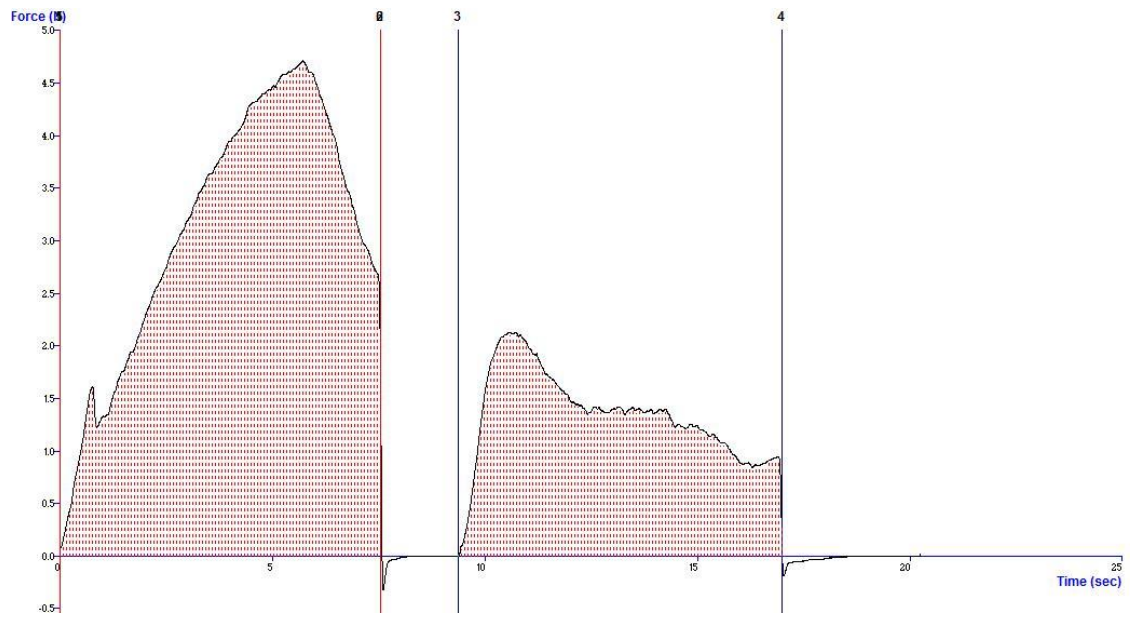
### Ζάχαρη – Συμβατικό – 2%



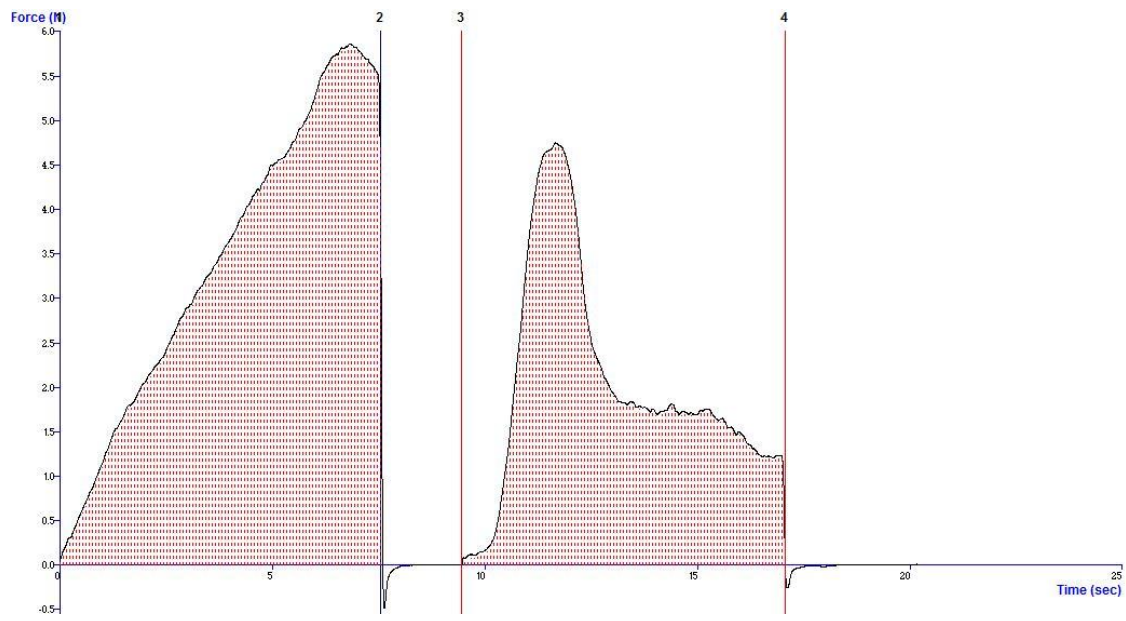
## Ζάχαρη – Συμβατικό – 4%



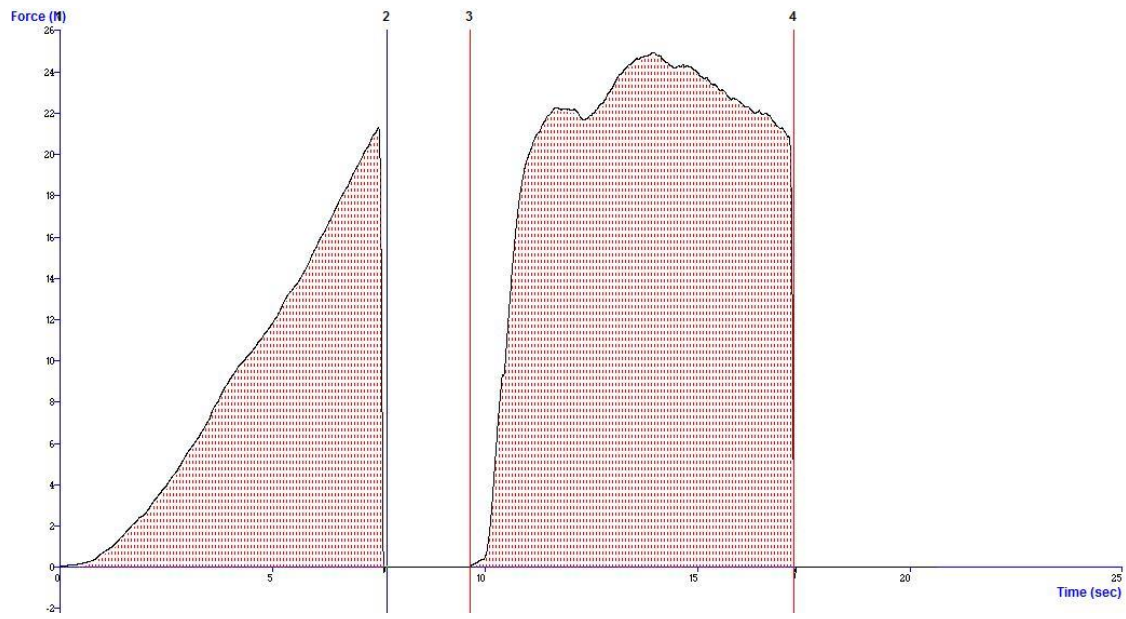
## Στέβια Εγκλεισμένη – Προβιοτικό – 2%



### Στέβια Εγκλεισμένη – Προβιοτικό – 4%

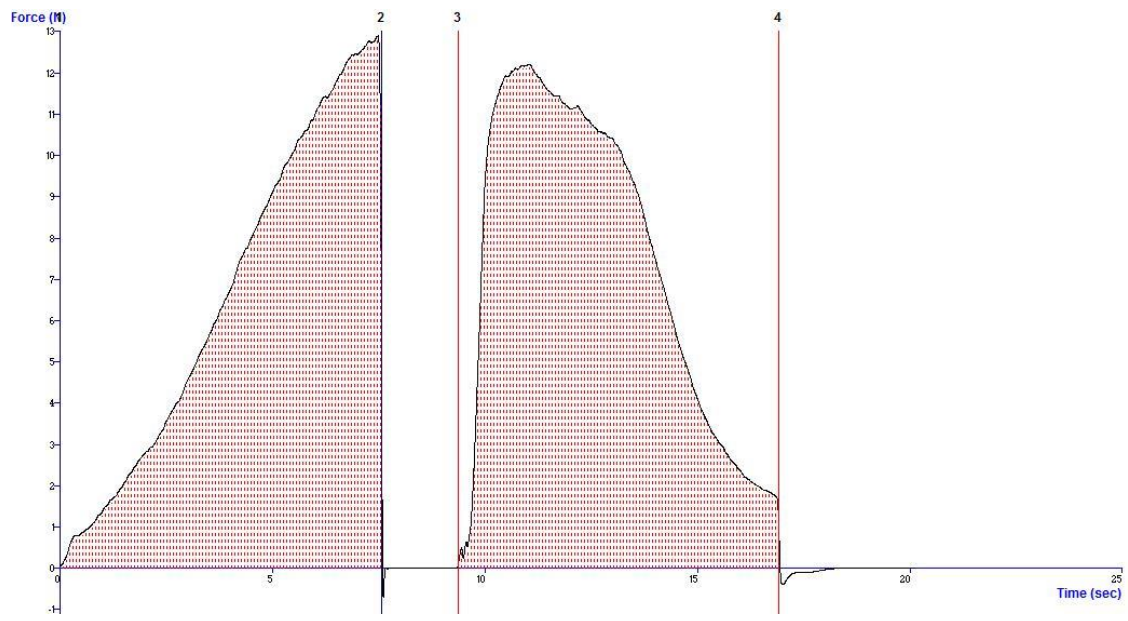


### Στέβια Εγκλεισμένη – Συμβατικό – 2%

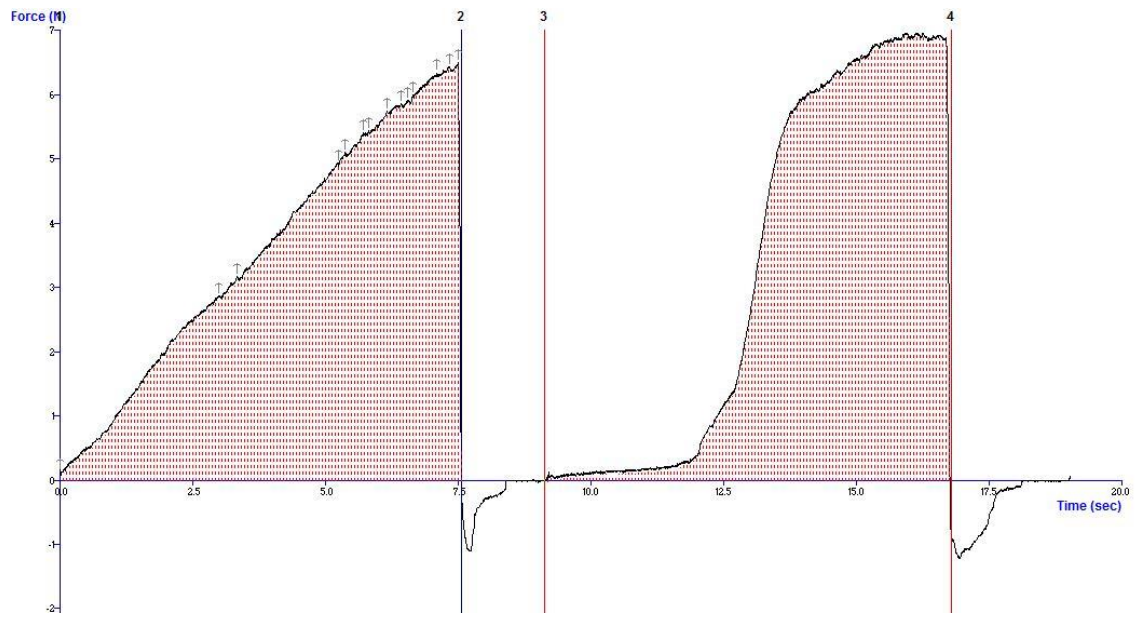




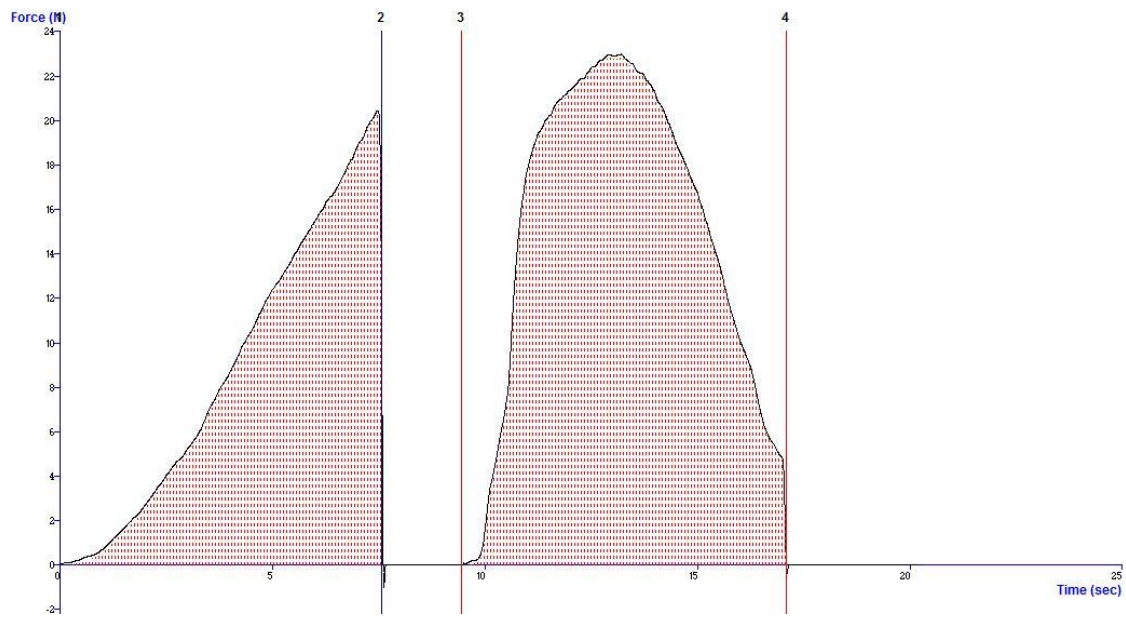
### Στέβια Εγκλεισμένη – Συμβατικό – 4%



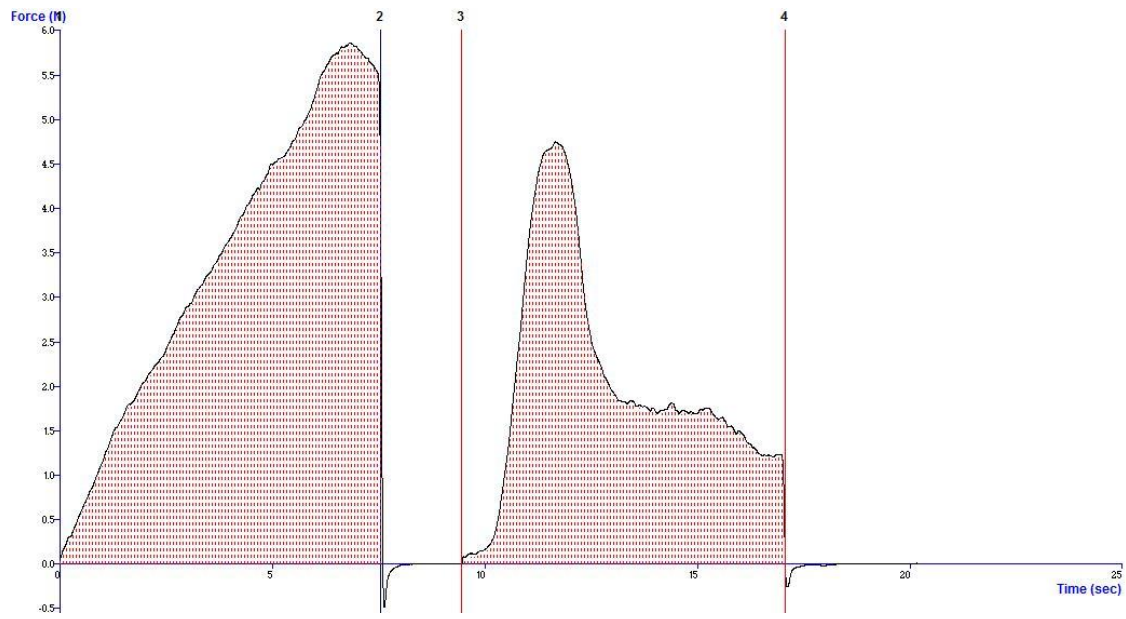
### Στέβια Κρυσταλλική – Προβιοτικό – 2%



## Στέβια Κρυσταλλική – Προβιοτικό – 4%

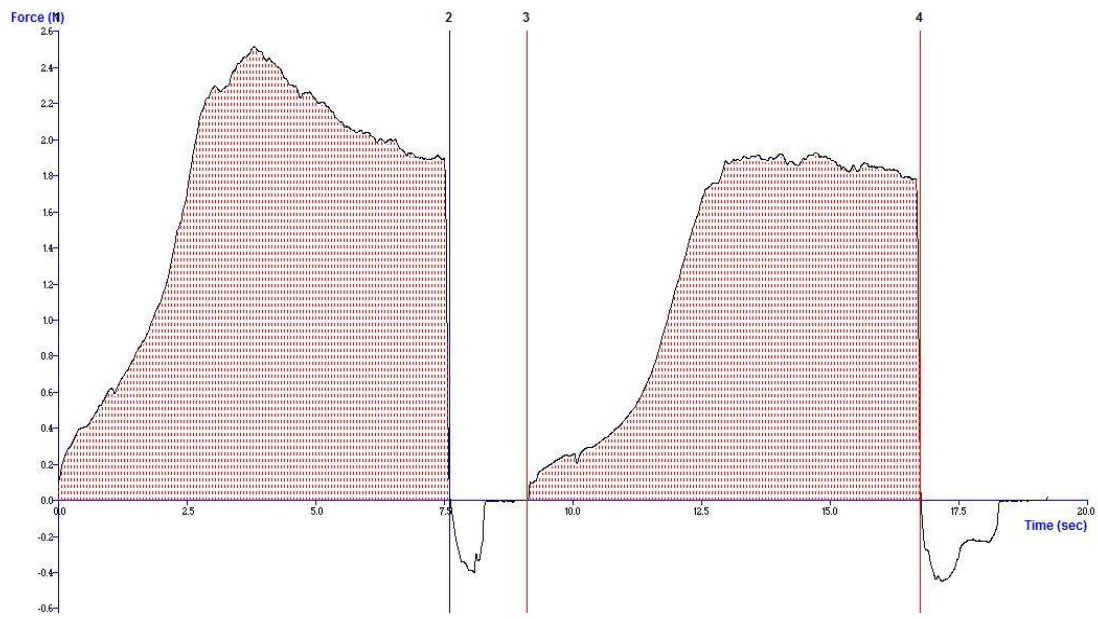


## Στέβια Κρυσταλλική – Συμβατικό – 2%

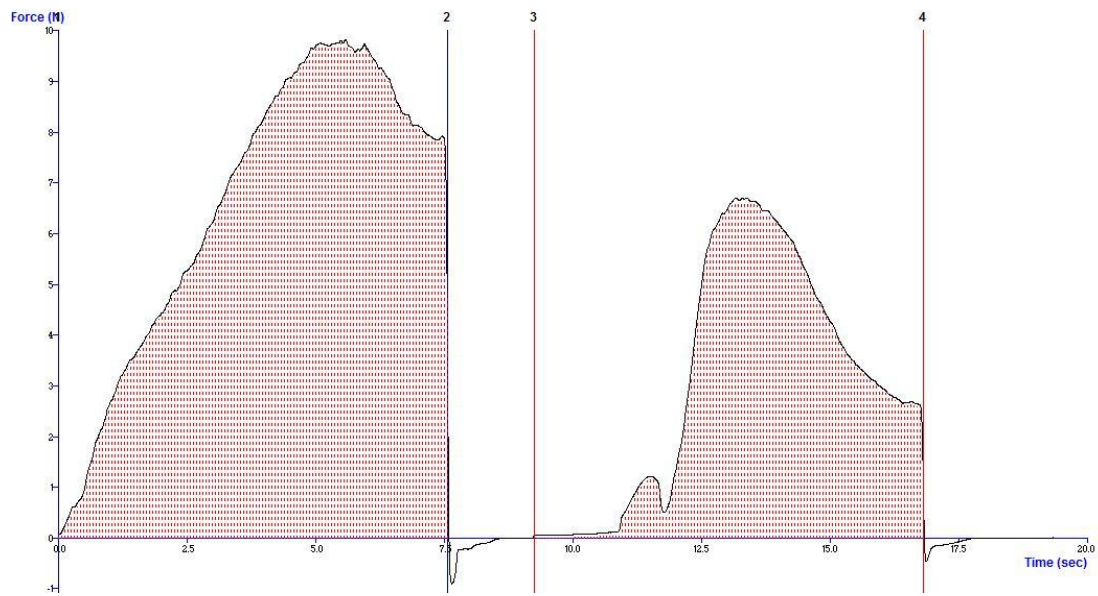




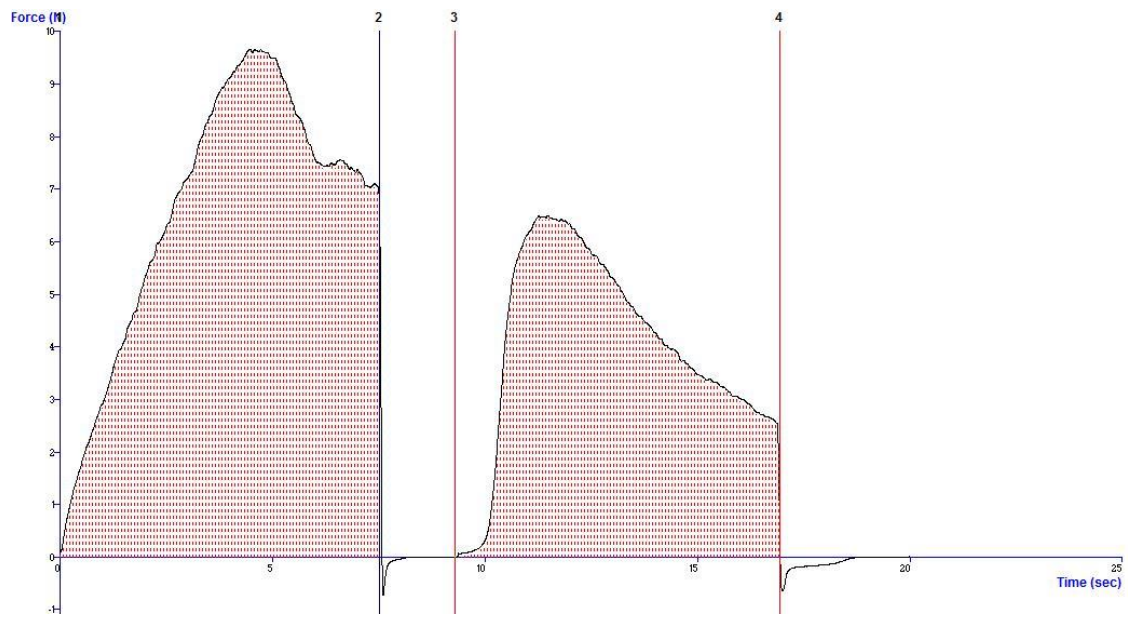
### Στέβια Κρυσταλλική – Συμβατικό – 4%



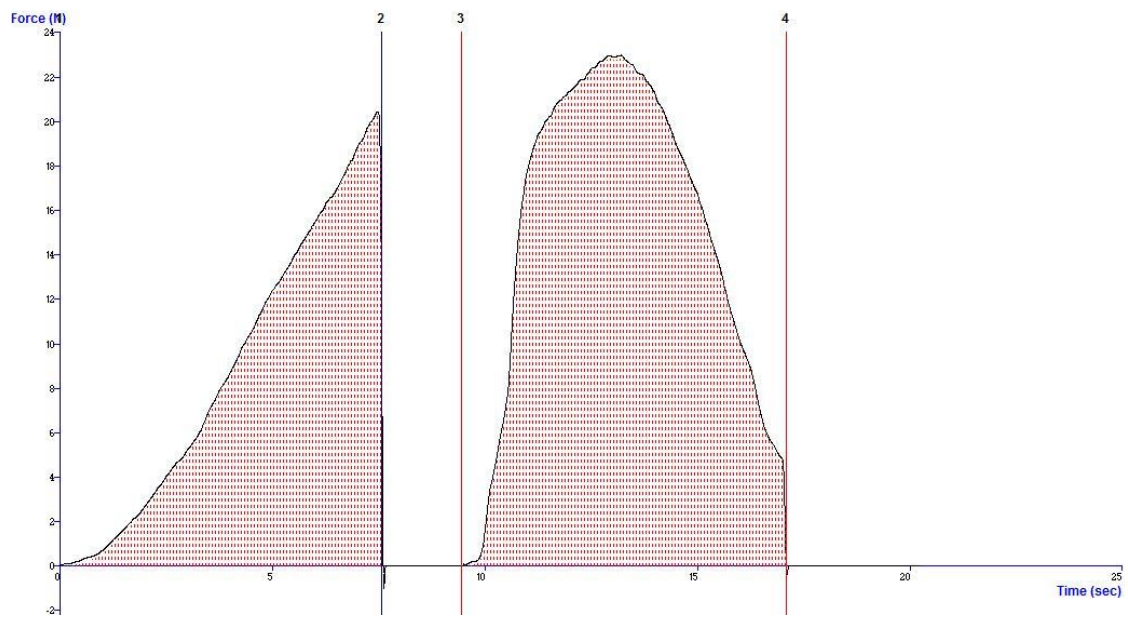
### Στέβια με STG 92% – Προβιοτικό – 2%



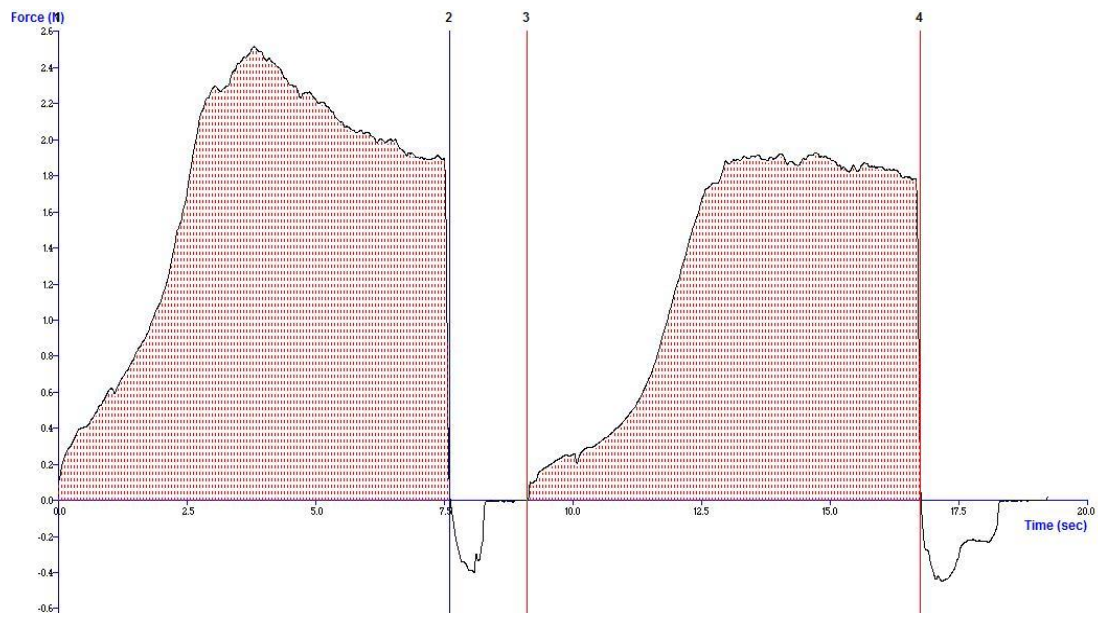
### Στέβια με STG 92% – Προβιοτικό – 4%



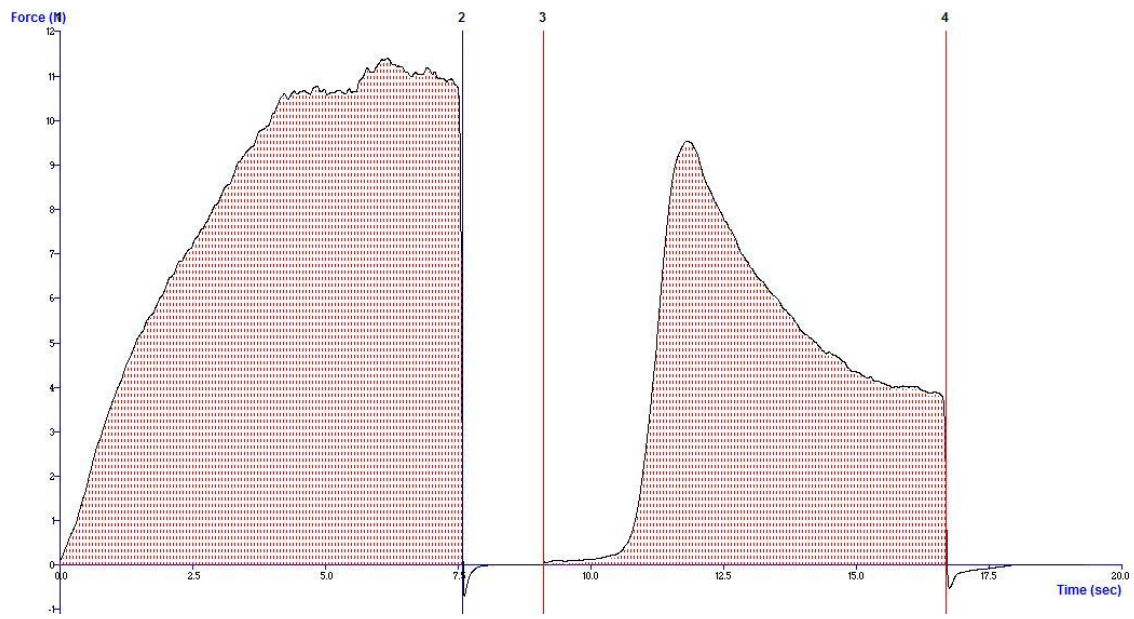
### Στέβια με STG 92% – Συμβατικό – 2%



### Στέβια με STG 92% – Συμβατικό – 4%

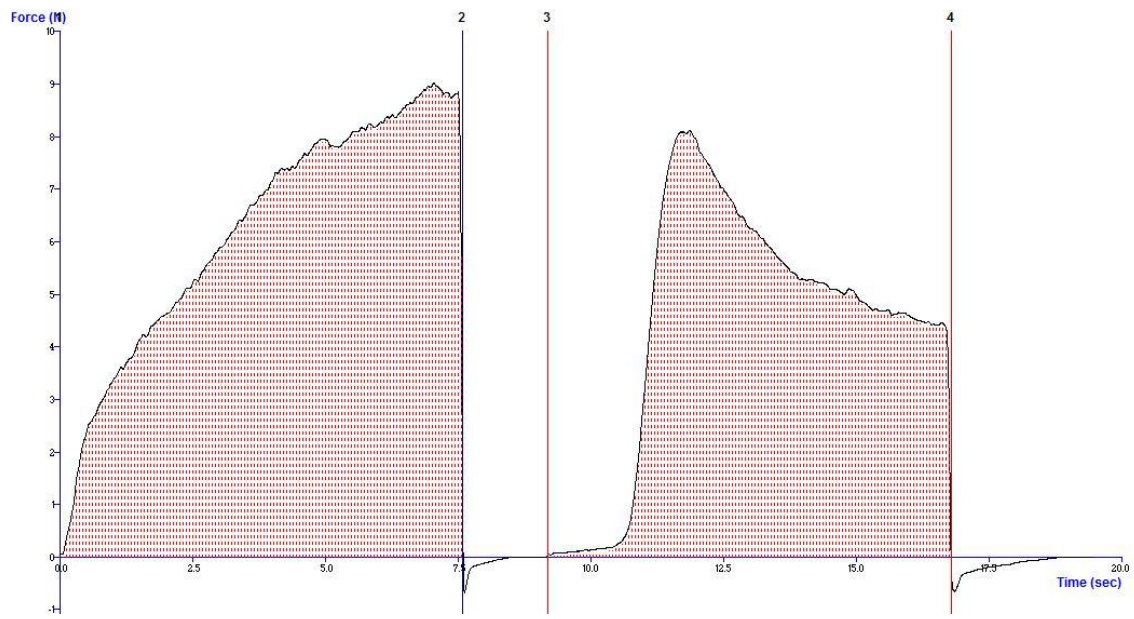


### Στέβια Assugrin – Προβιοτικό – 2%

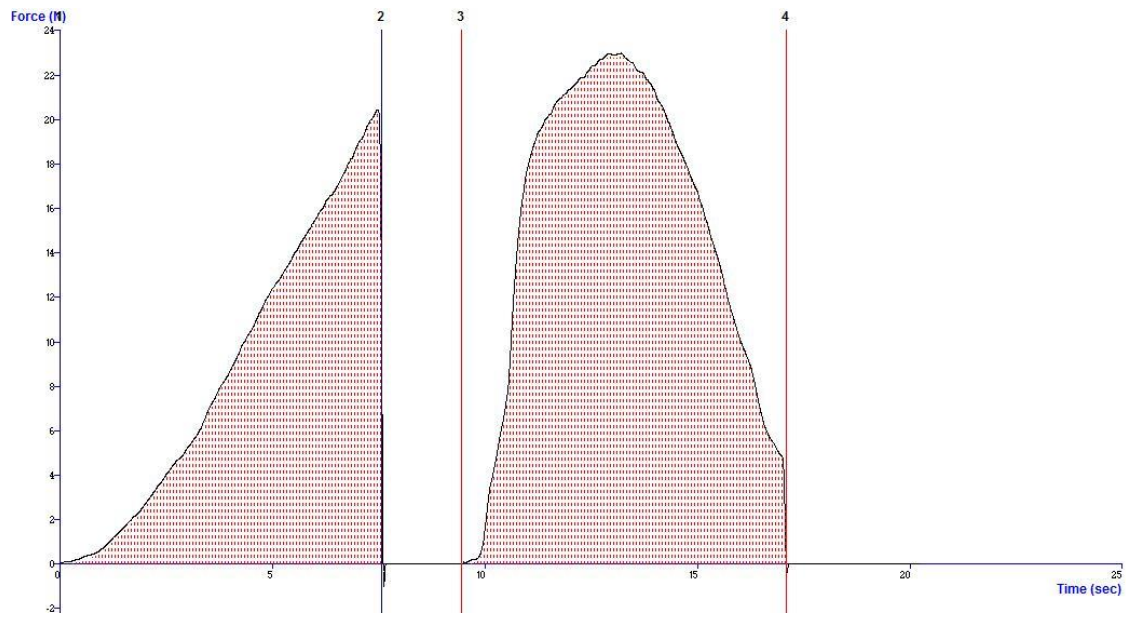




### Στέβια Assugrin – Προβιοτικό – 4%



### Στέβια Assugrin – Συμβατικό – 2%



# Στέβια Assugrin – Συμβατικό – 4%

